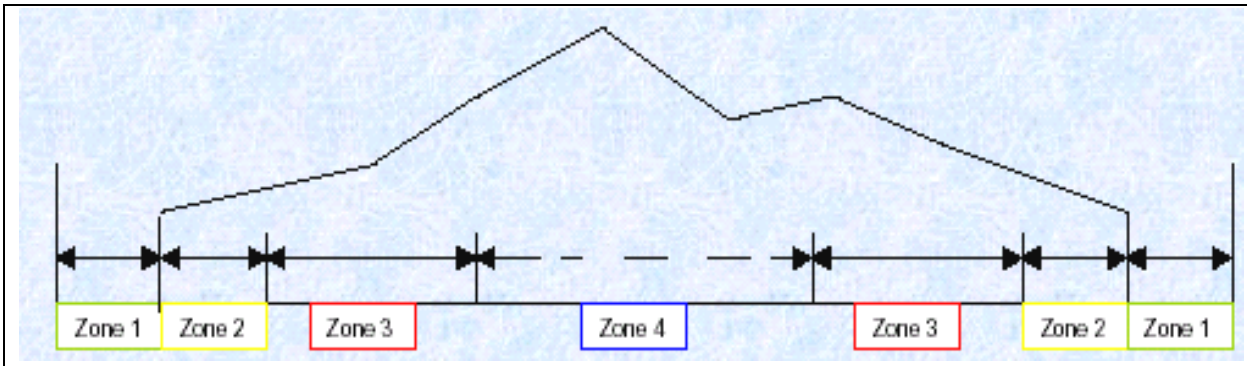
Indice

Introduzione

Le gallerie sono elementi particolari, all'interno di un tracciato stradale, perché capaci di influenzare il comportamento di guida dei conducenti come nessun altro. Se è vero che le statistiche mostrano che gli incidenti nei tronchi di strada in galleria sono meno numerosi di quelli che avvengono nei tronchi stradali a cielo aperto, è pur vero, però, che essi tendono all'amplificazione dei danni, sia per le persone che per le strutture e gli impianti.

Dal punto di vista della frequenza, gli incidenti in galleria si concentrano nelle aree di transizione agli imbocchi, molto più che nella parte centrale della galleria; dal punto di vista della severità delle conseguenze e, quindi, di quello che comunemente può intendersi come pericolosità accade, invece, il contrario.



Zona 1 : 50m prima della sezione d'imbocco (50m dopo la sezione d'uscita)

Zona 2 : 50m successivi all'imbocco (50m prima della sezione d'uscita)

Zona 3 : 100m successivi alla Zona 2 (100m precedenti la Zona 2)

Zona 4 : parte centrale (o rimanente) della galleria

Figura 1 – Suddivisione longitudinale della galleria per livelli di pericolosità [23].

Il più temuto tra gli incidenti, per la severità delle conseguenze, è l'incendio: i fumi ed i gas tossici, sviluppati ad alte temperature, mantengono pericolosi livelli di concentrazione anche a distanza, creando difficoltà non solo sulle persone già presenti all'interno della galleria ma anche sui sopravvenienti soccorsi. Durante un incendio e dopo il suo spegnimento, anche l'ambiente circostante la galleria è sottoposto a pericolo per l'alterazione delle caratteristiche delle acque superficiali, raccolte dai sistemi di drenaggio, nonché delle acque superficiali o sotterranee nelle strette vicinanze della strada; questo ancor più nei casi d'incendio di sostanze esplosive, tossiche, infiammabili ed inquinanti in genere.

L'incendio è, però, raramente la conseguenza di un classico incidente avvenuto per collisione tra due veicoli o per sbandamento di un veicolo con successivo urto contro la parete; è molto più frequente, infatti, la conseguenza di un guasto meccanico e/o elettrico del veicolo.

L'Italia, per le sue caratteristiche orografiche, è il paese d'Europa con il maggior sviluppo chilometrico di gallerie:

Nazione	Tunnel ferroviari (km)	Tunnel stradali (km)	Metropolitane (km)	Totale (km)
Italia	1200	1160	60	2420
Francia	650	180	270	1100
Spagna	750	100	200	1050
Germania	380	70	550	1000
Norvegia	260	370	20	650
Svizzera	360	140	0	500
Gran Bretagna	220	30	200	450
Austria	105	210	15	330

Figura 2 – Tunnel in Europa.

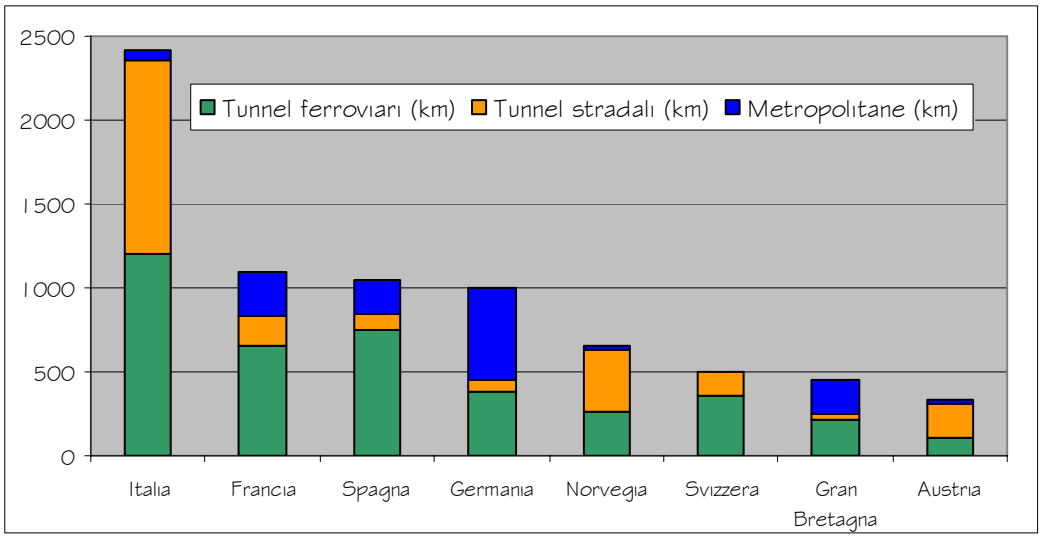


Figura 3 – Illustrazione dello sviluppo chilometrico dei tunnel in Europa.

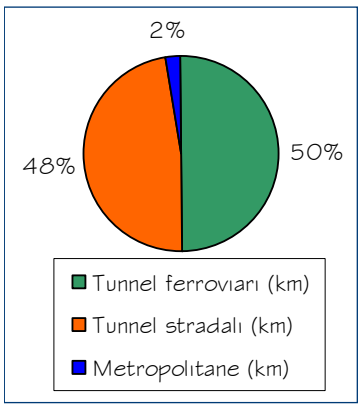


Figura 4 – Distribuzione percentuale dei tunnel in Italia.

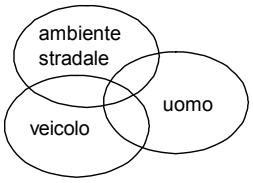
Nelle statistiche, inoltre, degli incidenti più gravi degli ultimi anni, avvenuti in gallerie stradali nel mondo, ben 5 su 15 riguardano l'Italia:

Anno	Nome della galleria	Nazione	Lunghezza (m)	Numero morti	Numero feriti	Veicoli bruciati	Tipo di incidente
1949	Holland	USA	2250	-	66	23	Caduta del carico
1978	Velsen	Olanda	770	5	5	6	Collisione
1979	Nihonzaka	Giappone	1045	7	2	173	Collisione
1980	Sakai	Giappone	459	5	5	10	Collisione
1982	Caldecott	USA	1028	7	2	8	Collisione
1983	Pecrile	Italia	600	8	22	10	Collisione
1986	L'armé	Francia	1105	3	5	5	Collisione
1987	Gumefens	Svizzera	340	2	-	3	Collisione
1993	Serra Ripoli	Italia	442	4	4	16	Collisione
1994	Hugouenot	Sud Africa	6111	31	28	1	Incidente al motore di un pullman
1995	Pfaender	Germania	6719	53	4	4	Collisione
1996	I.Femmine	Italia	148	5	10	20	Collisione
1999	M. Bianco	Italia	11600	39	-	26	Incendio in seguito ad una perdita
1999	Tauren	Austria	6400	12	-	40	Collisione
2003	Vicenza	Italia	-	6	50	-	Ribaltamento

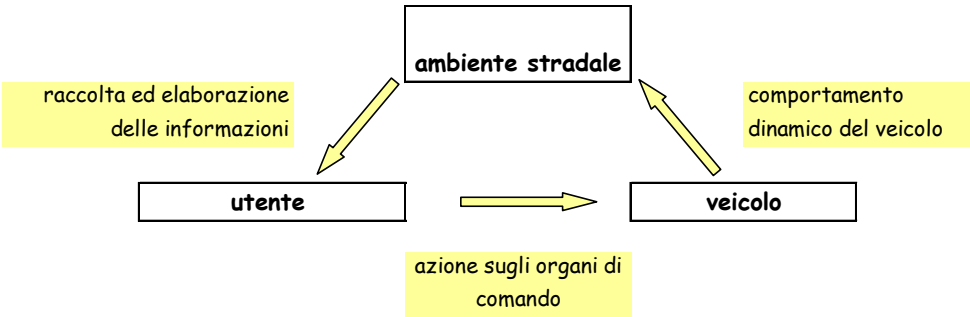
Figura 5 - Incidenti gravi avvenuti nelle gallerie stradali dal 1940 –

Per incidenti gravi, la fonte intende quelli che hanno comportato la morte di più di una persona o il ferimento di più di dieci persone – Fonte: www.comune.modena.it/associazioni/gcvpcm/annovi28.htm

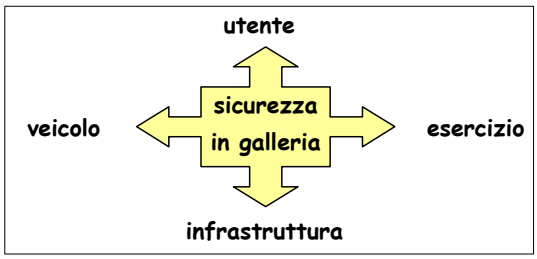
Le analisi degli incidenti, sviluppate con sempre maggior interesse negli ultimi anni, hanno dimostrato che l'evento incidentale è conseguenza, in generale, del mal funzionamento di uno o più degli elementi del sistema di trasporto stradale e delle loro reciproche interazioni:



La guida di un veicolo è, infatti, schematizzabile attraverso l'interazione delle 3 componenti del sistema elementare:



Nelle gallerie stradali, poi, vista la particolarità dell'ambiente rispetto al resto del tracciato, il sistema d'interazione che influenza la sicurezza si può considerare maggiormente articolato e rappresentabile da 4 elementi [15]:



La sicurezza nelle gallerie stradali è, quindi, un argomento più complesso e capace, per questo, di dar vita a campi di ricerca altrettanto vari ed articolati; nello specifico ambito dell'ingegneria stradale l'interesse di tali campi di ricerca è rivolto:

- al comportamento degli utenti da condizioni stradali a cielo aperto (per veicolo isolato e non) ed alle modifiche cui tale comportamento è soggetto in galleria;
- alle caratteristiche dell'infrastruttura (tipologie costruttive, imbocchi, ...);
- alle caratteristiche dell'esercizio: la tipologia ed il funzionamento degli impianti (antincendio, ventilazione, illuminazione).

Tutti questi ambiti di ricerca confluiscono, poi, nelle analisi del rischio e nello studio dell'efficacia delle misure atte a ridurre tali rischi.

Al fine di raggiungere un ottimale livello di sicurezza nelle gallerie stradali sono stati definiti [15] due ordini di obiettivi:

1. un obiettivo primario: la prevenzione;
2. un obiettivo secondario: la mitigazione delle conseguenze.

Oltre, cioè, al chiaro interesse per la prevenzione degli eventi critici che possono mettere in pericolo gli utenti, l'infrastruttura e l'ambiente circostante, riveste un ruolo importante la creazione di requisiti ottimali al fine di rendere possibile

- l'autosalvataggio delle persone coinvolte;
- l'intervento immediato ed efficiente degli impianti e dei mezzi di emergenza;
- la limitazione, in generale, dei danni.

1. Le gallerie stradali nel panorama normativo nazionale

Le normative nazionali sulle gallerie stradali, sviluppatesi solo in tempi recenti ed a seguito dei gravissimi incidenti avvenuti nei trafori alpini, costituiscono uno strumento di riferimento utile ed in continuo aggiornamento, come si può sinteticamente rilevare dall'elenco che segue, esplicativo anche delle finalità principali.

1) Legge n.226 del 13/07/1999

Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 13/05/1999 n.132, recante interventi urgenti in materia di protezione civile.[33]

All'art. 8bis "Misure di sicurezza per le gallerie stradali ed autostradali" si prevede la necessità di individuare, con decreto del Ministero dei LL.PP., un sistema di indirizzi e di strumenti idonei per il miglioramento delle condizioni di sicurezza nelle gallerie. In particolare, con lo scopo di prevenire gravi calamità, viene manifestato l'intento di circoscrivere siti potenzialmente a rischio ed eventualmente predisporre, agli imbocchi di tali gallerie, presidi fissi dei Vigili del Fuoco.

2) Circolare ANAS n.7735 del 08/09/1999

Direttive per la sicurezza della circolazione nelle gallerie stradali. [34]

Dopo l'incidente del Monte Bianco (1999), l'ANAS emana una circolare, cogente solo per le gallerie di sua proprietà, che anticipa la legge ministeriale ed impone l'adozione di segnaletica ed impianti di sicurezza. Nelle prescrizioni generali, inerenti la segnaletica e gli impianti, si impongono restrizioni:

- sul materiale presente in galleria e non alloggiato all'interno del rivestimento o sotto il marciapiede;
- sull'ubicazione ed il segnalamento di cantieri per interventi di manutenzione.

Inoltre, si rende obbligatoria la segnalazione alla Protezione Civile (per l'inserimento negli appositi piani provinciali di cui alla Legge 225/92) dell'ubicazione di gallerie lunghe più di 1000 m. Infine, per le gallerie presidiate o dotate centro di controllo dovrà essere redatto un manuale di sicurezza di cui al D.L. 626/94.

3) Circolare Ministeriale n.7938 del 06/12/1999

Sicurezza della circolazione nelle gallerie stradali con particolare riferimento ai veicoli che trasportano materiali pericolosi. [35]

La circolare affronta la specifica problematica del trasporto di materiale pericoloso all'interno delle gallerie stradali anche in relazione alle loro caratteristiche geometriche e funzionali, ai flussi di traffico ed alla dotazione di impianti di sicurezza. A tal fine, il Ministero richiede l'avvio di un'indagine conoscitiva delle gallerie e del loro stato di rischio, attraverso la compilazione di apposite schede da parte degli enti proprietari e concessionari di strade.

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI

Consiglio Superiore dei LL.PP.

DATI CONOSCITIVI DELLE GALLERIE E DEI TRAFORI STRADALI

SEZIONE 1 – IDENTIFICAZIONE GALLERIA E DATI GENERALI

Ente Proprietario o Concessionario: _____

Autostrada ☐
Strada Statale ☐
Strada Regionale ☐
Strada Provinciale ☐
Strada Comunale Urbana ☐ Extraurbana ☐

Denominazione della galleria: _____

Ubicata in: Comune _____
Provincia _____ Regione _____

La galleria fa parte di una serie di gallerie Si ☐ No ☐
(Insiste su un tronco omogeneo caratterizzato da più gallerie in sequenza)

Galleria: Naturale ☐ con pregallerie ☐ entrambe imbocchi Si ☐ No ☐
Artificiale ☐ con pregallerie ☐ entrambe imbocchi Si ☐ No ☐
a fornice unico ☐ a fornice doppio ☐
fenestrata Si ☐ No ☐ lato valle ☐ lato monte ☐

Anno apertura al traffico: _____

By-pass (esterno su imbocchi galleria) Si ☐ No ☐
Vie fuga (cunicoli)
percorribili dai veicoli Si ☐ No ☐
pedonali Si ☐ No ☐

Breve descrizione _____

SEZIONE 3_ - IMPIANTI E SEGNALETICA

GALLERIE FORNICE UNICO/DX ☐
GALLERIE FORNICE SINISTRO ☐

IMPIANTI D'ILLUMINAZIONE
assiale continua Si ☐ No ☐
laterale continua Si ☐ No ☐
file n°_____
distanza tra le armature m_____
circuiti elettrici d'illuminazione n°_____
regime d'illuminazione Diurno ☐
Notturno ☐ %Diurno _____
regolazione continua Automatica Si ☐ No ☐
regolazione a gradini Automatica Si ☐ No ☐

Figura 6 – Esempi di allegati: 1/13 e 6/13 [35]

Nella Circolare sono, comunque, individuate le dotazioni minime di sicurezza delle gallerie con lunghezza superiore a 1000m in ambito extraurbano ed a 500m in ambito urbano.

4) Decreto Ministeriale 05/06/2001

Sicurezza nelle gallerie stradali.[31]

Tale Decreto, rafforzativo della precedente circolare, obbliga gli enti proprietari e concessionari di strade ad effettuare il censimento previsto dalla suddetta in prefissati termini (entro sei mesi dalla data di pubblicazione).

5) Decreto Ministeriale 05/11/2001

Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade. [32]

In attuazione dell'art. 13 del Dlgs 30/04/1992 n.285 (Nuovo Codice della Strada), il Ministro specifica le "Norme geometriche e funzionali per la costruzione delle strade", in relazione alla loro classificazione secondo il Codice stesso.

La qualificazione funzionale è basata sulle tipologie delle utenze e delle attività ammesse sulle strade; i criteri di progettazione, invece, riguardano gli elementi geometrici dell'asse e della sezione stradale delle strade urbane e ed extraurbane per garantire sicurezza e regolarità di marcia.

In particolare, per le gallerie sono illustrate le sezioni trasversali in funzione della categoria di strada in cui ricadono tenendo presente che per il tipo A le carreggiate e le banchine in sinistra, nonché le banchine in destra, devono essere mantenute di dimensioni invariate rispetto all'esterno. Inoltre:

- in tutti i casi l'altezza libera della galleria, misurata a partire da un punto qualsiasi della piattaforma, non deve essere inferiore a 4.80m con un franco libero in corrispondenza della carreggiata non inferiore a 5.00m;
- per le gallerie ricadenti in strade di tipo A, B e D è opportuno contenere le emissioni di sostanze inquinanti, non superando la pendenza longitudinale del 4% ed ancor meno nel caso di lunghe gallerie;
- per le gallerie di lunghezza superiore ai 1000m sono previste piazzole di sosta e collegamenti pedonali di dimensioni minime indicate.

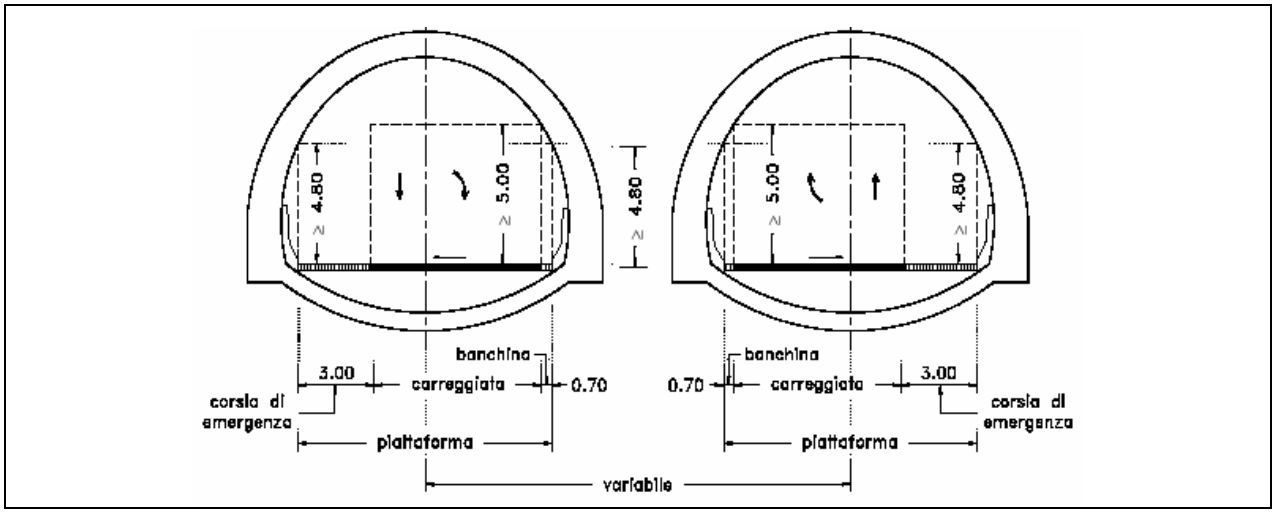


Figura 7 – Gallerie a doppio foro le strade di tipo A [32]

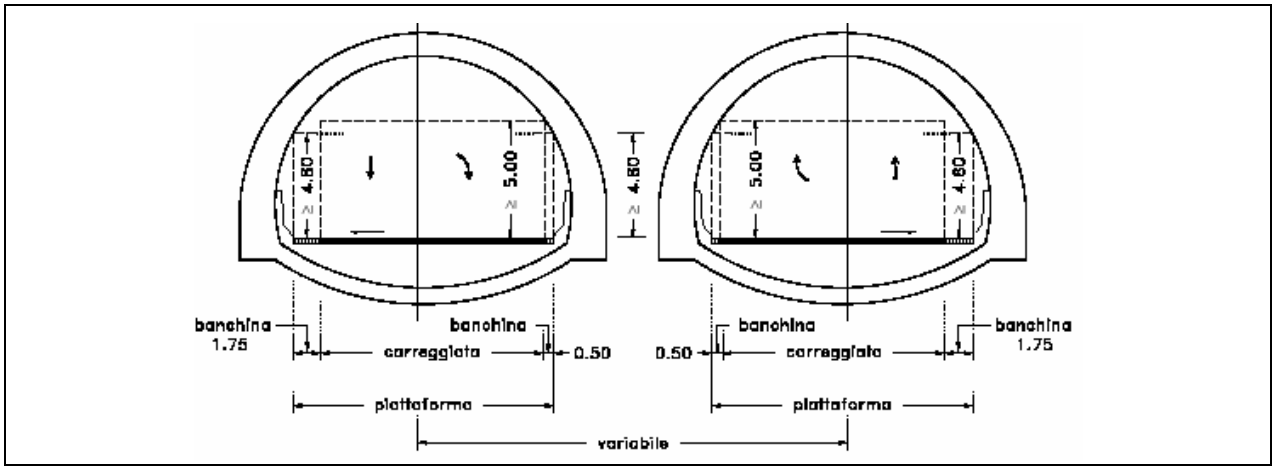


Figura 8 – Gallerie a doppio foro per le strade di tipo B [32]

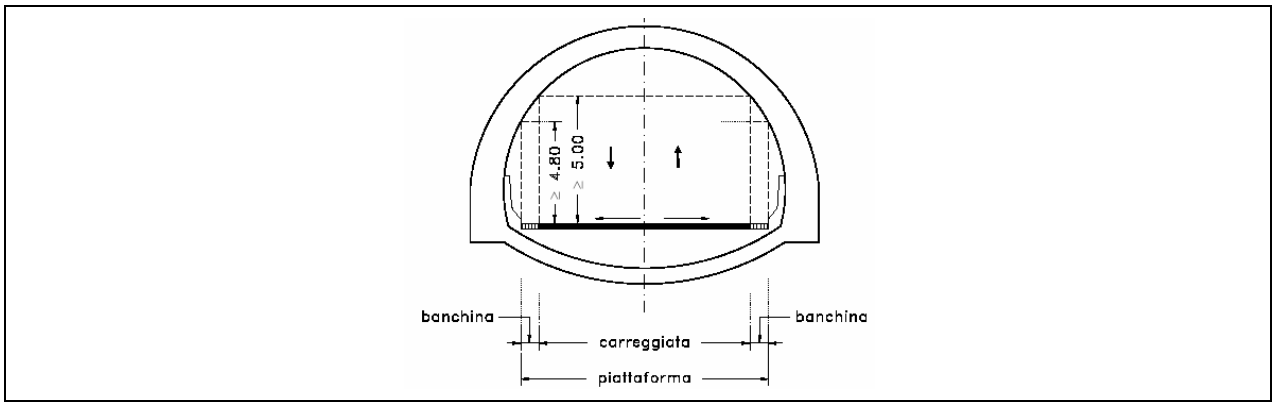


Figura 9 – Gallerie ad unico foro per le strade di tipo C ed F in ambito extraurbano [32]

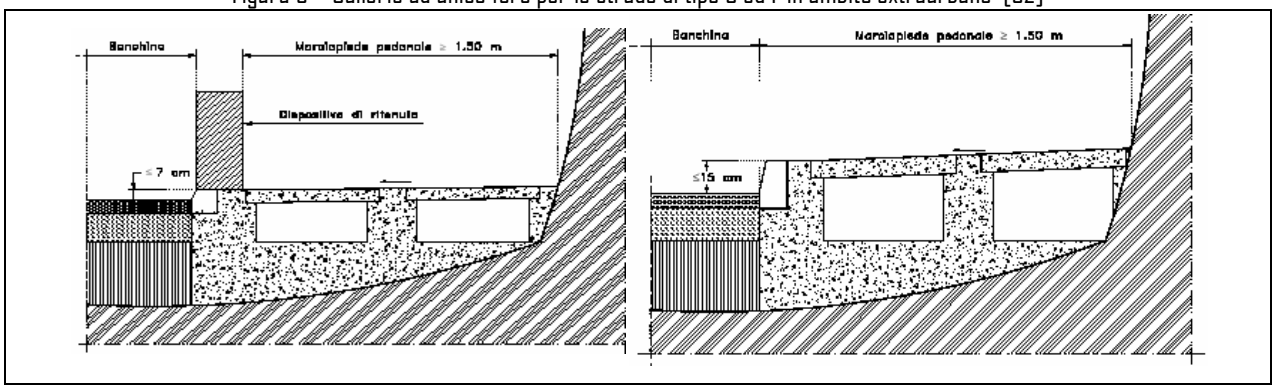


Figura 10 – Margini laterali delle gallerie per strade di tipo D e di tipo E ed F in ambito urbano [32]

6) <u>Norma UNI 11095: 2003 del 01/12/2003</u>

Luce ed illuminazione- Illuminazione delle gallerie [30]

La norma UNI è il riferimento, in mancanza di documenti normativi (anche a livello internazionale), sull'illuminazione delle gallerie stradali. Essa specifica i requisiti cui deve rispondere l'impianto, al fine di assicurare al conducente del veicolo, sia di giorno che di notte, l'ingresso, il percorso e l'uscita dal tratto coperto alla velocità illuminotecnica di progetto con grado di sicurezza e comfort non inferiore a quelli dei corrispondenti tratti di strada all'aperto.

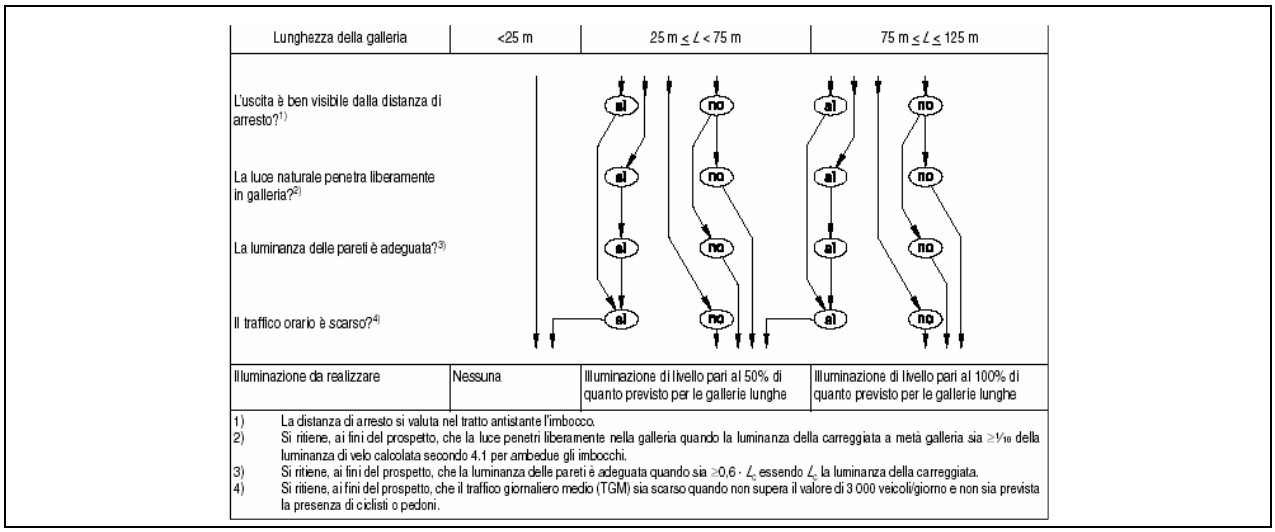


Figura 11 – Illuminazione delle gallerie *corte* [30]

7) Circolare ANAS n.33 del 2005

Sagome interne e principali dotazioni infrastrutturali delle gallerie stradali [27]

Con l'entrata in vigore del D.M. 5/11/2001 e della Direttiva Europea 2004/54/CE l'ANAS ha ritenuto necessario definire nuove soluzioni progettuali per le sagome interne delle gallerie e per le dotazioni infrastrutturali necessarie per rispondere ai requisiti di sicurezza in esercizio.

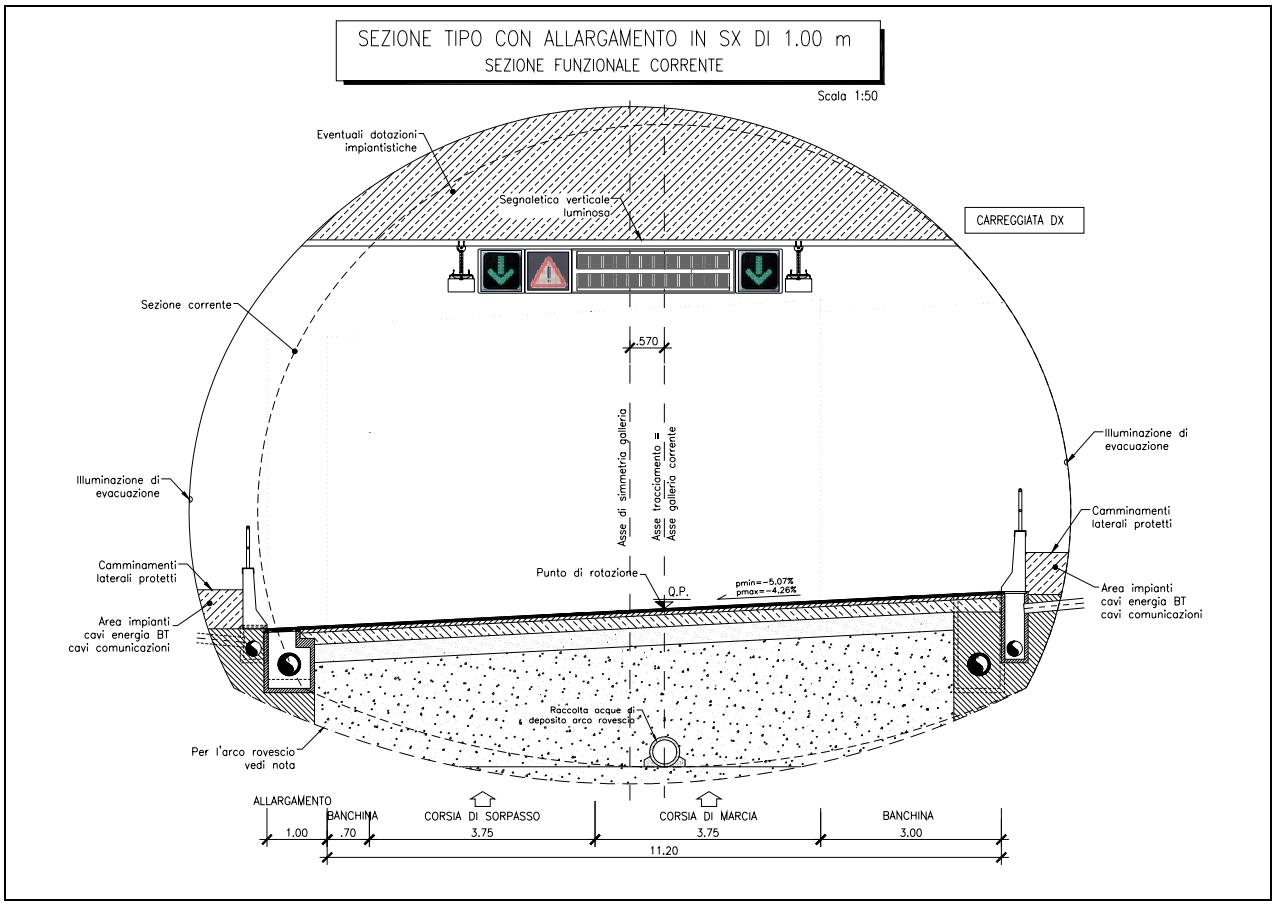


Figura 12 – Galleria di categoria A – sezione corrente e con allargamento in curva [27]

8) Decreto Ministeriale n.3476 del 14/09/2005

Norme di illuminazione delle gallerie stradali [28]

Tale decreto ministeriale sostituisce, limitatamente agli aspetti illuminotecnici, il D.M. del 5/6/2001. Esso, infatti, fornisce le indicazioni circa la progettazione, la verifica e l'adeguamento dell'illuminazione delle gallerie stradali ed autostradali, esistenti e di nuova realizzazione, in linea con la norma UNI 11095/2003.

1.1 La Direttiva EU 2004/54/CE ed il recente Decreto Legislativo 264/2006

Un importante riferimento per il miglioramento della sicurezza delle gallerie è rappresentato dalla Direttiva Europea 2004/54/CE *"Requisiti minimi di sicurezza per le gallerie della Rete Stradale Transeuropea"*, definita nella decisione 1692/96/CE (del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 23/07/1996) [29].

Il campo d'applicazione della Direttiva è costituito dalle gallerie stradali di lunghezza superiore ai 500 m, siano esse in esercizio, in fase di costruzione o allo stato di progetto. Per le gallerie in esercizio è consentito agli Stati Membri adottare misure di riduzione dei rischi alternative a quelle proposte dalla Direttiva stessa, qualora le caratteristiche delle gallerie non consentano (anche economicamente) la completa adesione alle prescrizioni formulate.

Le gallerie di lunghezza superiore ai 500 m sono ritenute, infatti, infrastrutture importanti per la facilitazione della comunicazione fra le grandi regioni d'Europa e svolgono un ruolo determinante per il funzionamento e lo sviluppo delle economie regionali.

La rilevanza di tali particolari infrastrutture è dimostrata anche dall'impatto sul piano sociale ed economico che i recenti sinistri verificatisi nei trafori hanno comportato.

Molte gallerie stradali europee sono state progettate in epoche diverse e piuttosto lontane nel tempo tanto da necessitare adeguamenti di vario genere, dalla geometria alla presenza ed alle caratteristiche degli impianti.

La Direttiva, quindi, raccoglie ed articola dettagliatamente i requisiti minimi di sicurezza da adottare per gli aspetti strutturali ed impiantistici che, in mancanza dell'emanazione della normativa nazionale, possono essere considerati un valido riferimento.

I requisiti minimi richiesti sono suddivisi nelle tre seguenti categorie principali:

1) misure strutturali
    a. numero dei fornici e delle corsie
    b. geometria della galleria
2) impianti
    a. illuminazione
    b. ventilazione
    c. antincendio
3) ulteriori misure di sicurezza
    a. segnaletica
    b. centri di controllo
    c. impianti di sorveglianza
    d. sistemi di comunicazione.

Essi sono ulteriormente articolati come: obbligatori per tutte le gallerie, obbligatori con eccezioni, non obbligatori e raccomandati a seconda di come il traffico (TGM per corsia) e la lunghezza del fornice caratterizzano la galleria in esame. In particolare:

- per traffico inferiore o uguale a 2000 veicoli per corsia vengono considerate le classi di lunghezze 500≤L<1000m e L≥1000m;
- per traffico superiore ai 2000 veicoli per corsia, le classi 500≤L<1000m, 1000≤L<3000m e L≥3000m.

● obbligatorio per tutte le gallerie ❍ non obbligatorio
* obbligatorio con eccezioni ☯ raccomandato

SOMMARIO DELLE INFORMAZIONI RELATIVE AI REQUISITI MINIMI			Traffico ≤ 2000 veicoli per corsia		Traffico > 2000 veicoli per corsia			Condizioni complementari per l'attuazione obbligatoria o osservazioni
			500-1000m	>1000m	500-1000m	1000-3.000m	>3000m	
Misure strutturali	2 o più fornici	§2.1						Obbligatorio se le previsioni su 15 anni indicano traffico > 10000 veicoli/corsia.
	Dislivelli ≤ 5 %	§2.2	*	*	*	*	*	Obbligatorio a meno che non sia geograficamente possibile.
	Banchine pedonabili di emergenza	§2.3.1 §2.3.2	*	*	*	*	*	Obbligatorio se non esiste una corsia di emergenza, a meno che sia rispettata la condizione di cui al punto 2.3.1. Nelle gallerie esistenti sprovviste sia di corsie di emergenza sia di banchine pedonabili di emergenza devono essere adottate misure supplementari e/o rafforzate.
	Uscite di emergenza almeno ogni 500 m	§2.3.3 - §2.3.9	❍	❍	*	*	*	La creazione di uscite di emergenza nelle gallerie esistenti deve essere valutata caso per caso.
	Gallerie trasversali per i servizi di pronto intervento almeno ogni 1500 m	§2.4.1	❍	❍ / ●	❍	❍ / ●	●	Obbligatorio nelle gallerie a doppio fornice di lunghezza superiore a 1500 m.
	Punti di attraversamento dello spartitraffico al di fuori di ciascun portale.	§2.4.2	●	●	●	●	●	Obbligatorio al di fuori delle gallerie a due o più fornici ovunque sia geograficamente possibile.
	Piazzole di sosta almeno ogni 1000 m	§2.5	❍	❍	❍	❍ / ●	❍ / ●	Obbligatorio nelle nuove gallerie bidirezionali > 1500 m. sprovviste di corsie di emergenza. Nelle gallerie bidirezionali esistenti >1500 m in funzione dell'analisi della situazione. Per le gallerie nuove ed esistenti, in funzione della larghezza supplementare utilizzabile della galleria.
	Drenaggio di liquidi infiammabili e tossici	§2.6	*	*	*	*	*	Obbligatorio se è autorizzato il trasporto di merci pericolose.
	Caratteristiche ignifughe delle strutture	§2.7	●	●	●	●	●	Obbligatorio se un eventuale cedimento locale può avere conseguenze catastrofiche.

SOMMARIO DELLE INFORMAZIONI RELATIVE AI REQUISITI MINIMI			Traffico ≤ 2000 veicoli per corsia		Traffico > 2000 veicoli per corsia			Condizioni complementari per l'attuazione obbligatoria o osservazioni
			500-1000m	>1000m	500-1000m	1000-3.000m	>3.000 m	
Illuminazione	Illuminazione ordinaria	§2.8.1	●	●	●	●	●	
	Illuminazione di sicurezza	§2.8.2	●	●	●	●	●	
	Illuminazione di evacuazione	§2.8.3	●	●	●	●	●	
Ventilazione	Ventilazione meccanica	§2.9	❍	❍	❍	●	●	
	Disposizioni speciali per la ventilazione (semi) trasversale	§2.9.5	❍	❍	❍	❍	●	Obbligatorio nelle gallerie bidirezionali dove esiste un centro di controllo.
Stazioni di emergenza	Almeno ogni 150 m	§2.10	●	●	●	●	●	Munite di telefono e di 2 estintori. È consentito un intervallo massimo di 250 m nelle gallerie esistenti.
Erogazione idrica	Almeno ogni 250 m	§2.11	●	●	●	●	●	Se non è prevista, è obbligatorio assicurare in altro modo una sufficiente erogazione idrica.
Segnaletica stradale		§2.12	●	●	●	●	●	Per tutti gli impianti di sicurezza previsti per gli utenti della galleria (cfr. allegato III).
Centro di controllo		§2.13	❍	❍	❍	❍	●	La sorveglianza di diverse gallerie può essere accentrata in un unico centro di controllo.
Impianti di sorveglianza	Telecamere	§2.14	●	●	●	●	●	Obbligatorio se esiste un centro di controllo.
	Rilevamento automatico degli incidenti e/o degli incendi	§2.14	●	●	●	●	●	Almeno uno dei due sistemi è obbligatorio nelle gallerie dove esiste un centro di controllo.
Impianto per chiudere la galleria	Semafori prima degli ingressi	§2.15.1	❍	●	❍	●	●	
	Semafori all'interno della galleria almeno ogni 1000 m	§2.15.2	❍	❍	❍	❍	☯	Raccomandato se esiste un centro di controllo e se la lunghezza è superiore a 3000 m.

SOMMARIO DELLE INFORMAZIONI RELATIVE AI REQUISITI MINIMI			Traffico ≤ 2000 veicoli per corsia		Traffico > 2000 veicoli per corsia			Condizioni complementari per l'attuazione obbligatoria o osservazioni
			500-1000m	>1000m	500-1000m	1000-3.000m	>3.000 m	
Sistemi di comunicazione	Ritrasmissioni radio ad uso dei servizi di pronto intervento	§2.16.1	❍	❍	❍	●	●	
	Messaggi di emergenza via radio destinati agli utenti della galleria	§2.16.2	●	●	●	●	●	Obbligatorio se esistono canali di ritrasmissione radio destinati agli utenti della galleria e se esiste un centro di controllo.
	Altoparlanti nei rifugi e presso le uscite	§2.16.3	●	●	●	●	●	Obbligatorio se gli utenti della galleria in fase di evacuazione devono aspettare prima di poter raggiungere l'esterno.
Alimentazione elettrica		§2.17	●	●	●	●	●	Per assicurare il funzionamento dell'impianto di sicurezza indispensabile almeno durante l'evacuazione degli utenti della galleria.
Caratteristiche ignifughe degli impianti		§2.18	●	●	●	●	●	Devono mirare al mantenimento delle necessarie funzioni di sicurezza.

Figura 13 – Requisiti minimi (tab. 1/3, 2/3 e 3/3) [29].

Il Governo italiano, il 5/10/2006, ha recepito la direttiva attraverso il Decreto Legislativo n.264 [24]: *Attuazione della direttiva 2004/54/CE in materia di sicurezza per le gallerie della rete stradale transeuropea*.

In tale decreto, la direttiva è riportata senza sostanziali variazioni (né per l'applicabilità, né per le disposizioni circa i requisiti minimi) ed è stato integrato, come richiesto a tutti gli stati membri, l'articolo 13 recante l'indicazione della necessità di un'analisi del rischio. Essa è, infatti, prevista sia per le gallerie esistenti che presentano carenze rispetto ai requisiti di sicurezza di tipo strutturale (di cui all'allegato 2) sia per le gallerie che presentano caratteristiche speciali (di cui all'articolo 4, comma 8).

L'analisi del rischio, infatti, deve dimostrare che opportune misure di sicurezza alternative o integrative, rispetto a quelle esplicitamente previste, siano tali da realizzare livelli di protezione uguale o superiore agli obiettivi di sicurezza prefissati in particolare per gli utenti, per il personale addetto e per il personale di soccorso.

Tali analisi devono essere effettuate da un soggetto terzo o *funzionalmente indipendente* dall'ente gestore che ne sosterà tutti gli oneri. Il risultato, ma anche il contenuto, dell'analisi del rischio deve essere parte della documentazione di sicurezza trasmessa alla Commissione nazionale preposta per le opportune valutazioni e decisioni, nonché per la catalogazione delle analisi del rischio approvate.

Inoltre, in tale decreto sono finalmente attribuiti valori numerici chiari ai criteri di accettabilità del rischio per le gallerie stradali come di seguito illustrato, seguendo il criterio ALARP (AS LOW AS REASONABLY POSSIBLE).

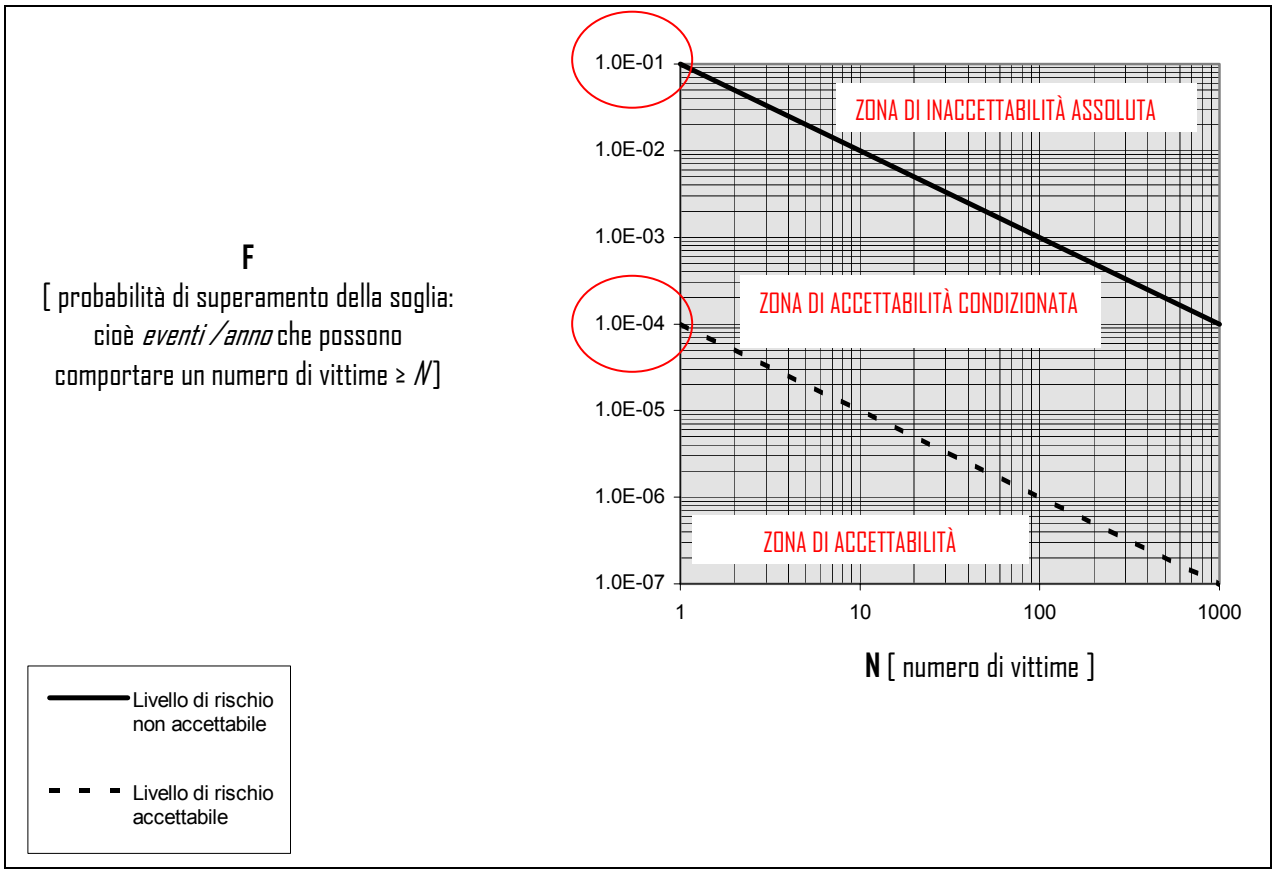


Figura 14 – Linee di soglia rappresentanti i criteri di accettabilità del rischio per le gallerie stradali [24]

2. L'analisi del rischio

2.1 Il rischio: percezione, definizione ed accettabilità

Il rischio non è una grandezza fisica misurabile di tipo tradizionale ma può, tuttavia, essere assimilata ad una grandezza di natura deterministica, probabilistica o possibilistica [17].

A seconda della natura cui viene assimilato, si possono avere diverse definizioni del rischio:

1. potenziale danno, potenziale perdita (natura deterministica);
2. esposizione a perdita o danno (natura probabilistica);
3. possibilità di perdita (natura possibilistica indicata dall'UNESCO).

Esistono del rischio, inoltre, due diversi punti di vista: quello individuale e quello sociale.

L'individuo, infatti, decide di intraprendere un'attività pesando, seppur velocemente, i rischi con i benefici personali diretti ed indiretti; la società, invece, considera accettabile un'attività solo se risulta tale dal confronto dei benefici e dei rischi per la popolazione.

Un aspetto importante nel rischio è, sempre, il grado di volontarietà con cui una decisione viene presa ed il rischio conseguente perseverato.

I due diversi punti di vista del rischio portano a due diverse rappresentazioni grafiche.

Le curve a rischio costante relative al rischio individuale, dette di isorischio individuale, esprimono la stima del pericolo che un individuo corre a seconda della sua posizione in una determinata zona d'impatto; l'insieme delle curve di questo tipo individua una mappa di rischio. Le mappe, dunque, delimitando zone a minore e maggiore pericolosità risultano utili nella fase di pianificazione delle emergenze nonché di gestione delle stesse.

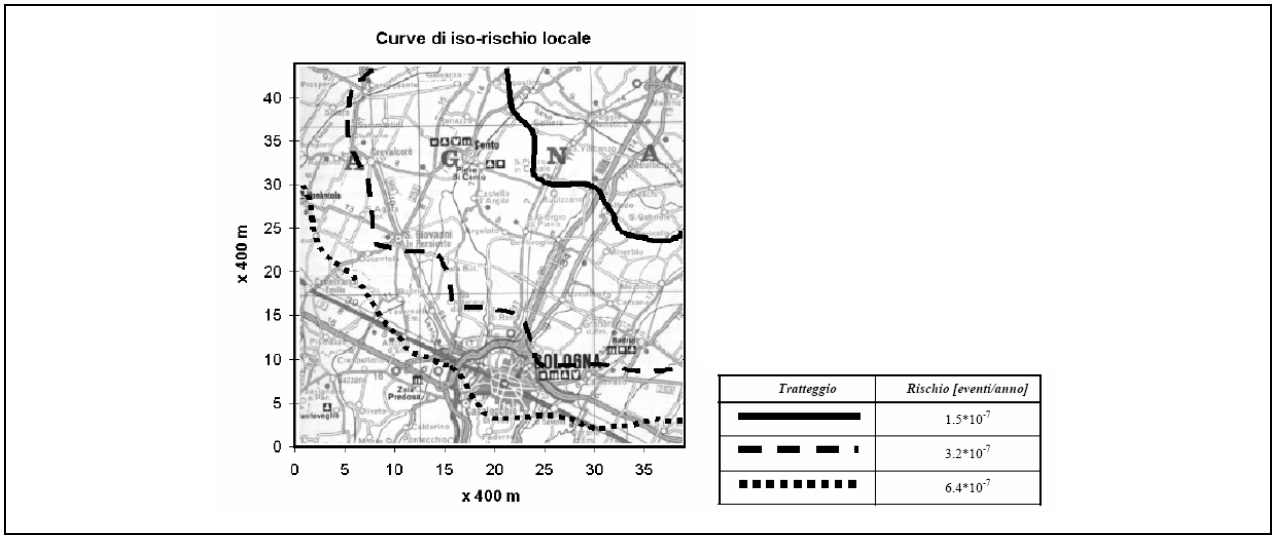


Figura 15 – Mappa di rischio relative al contributo del trasporto stradale al rischio totale d'area [19]

Il rischio sociale, invece, tenendo conto del numero di persone che possono essere coinvolte dagli effetti di un incidente, è solitamente rappresentato mediante grafici F-N in cui sono riportati i valori di frequenza annua F con cui si può verificare un evento in grado di causare un numero di vittime maggiore o uguale ad N. La valutazione del rischio di una certa area geografica che si ottiene con queste curve è di tipo globale e non ha la dipendenza spaziale delle mappe.

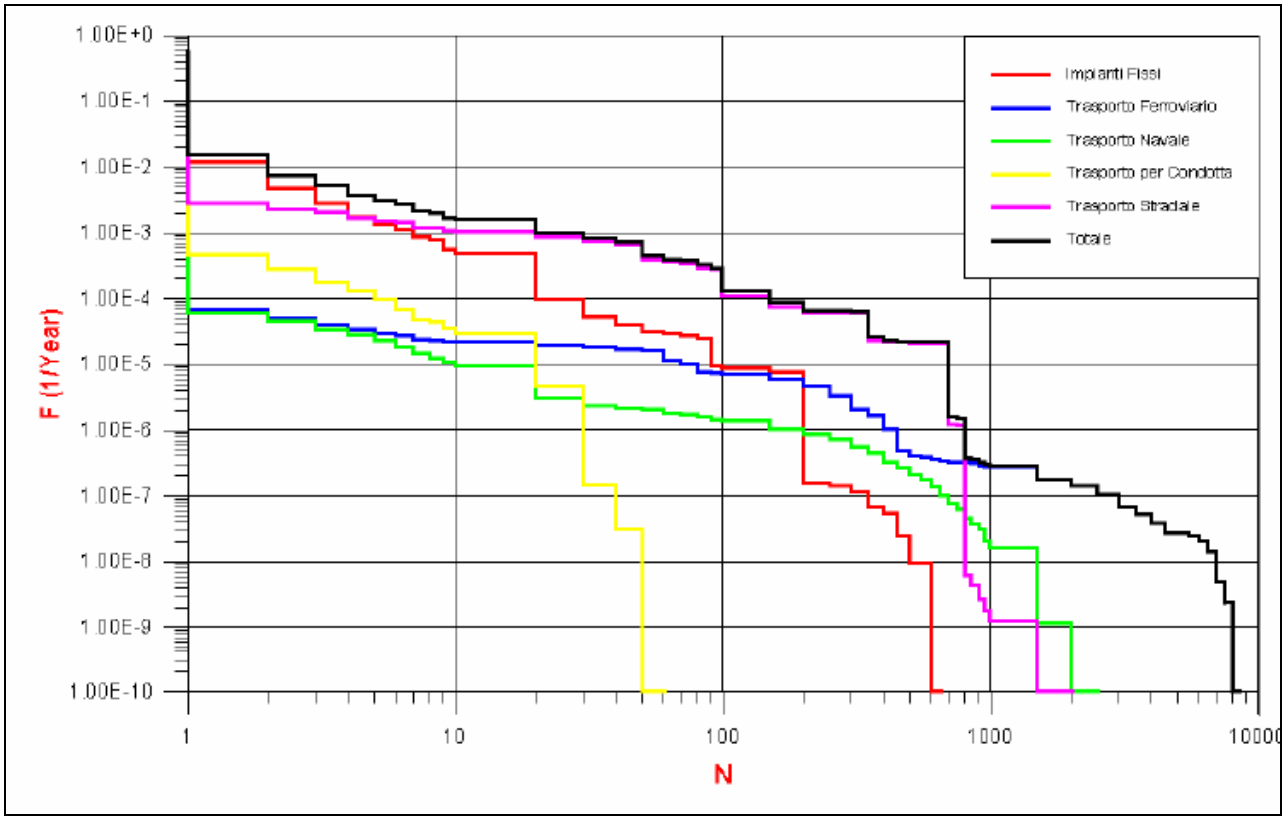


Figura 16 – Curve F-N di rischio sociale connesso alle tipologie di trasporto nell'area di Ravenna [6]

Un'interessante analisi tra la regolamentazione e la percezione del rischio [5] parte dal presupposto che i rischi che si percepiscono come più rilevanti sono quelli per cui la regolamentazione è più articolata. Riportando, infatti, su una scala arbitraria norme e mortalità annua legata a 4 tipi di rischio si può evidenziare che, relativamente alle problematiche del campo stradale c'è una forte sottovalutazione desumibile dall'esiguità degli strumenti normativi coercitivi:

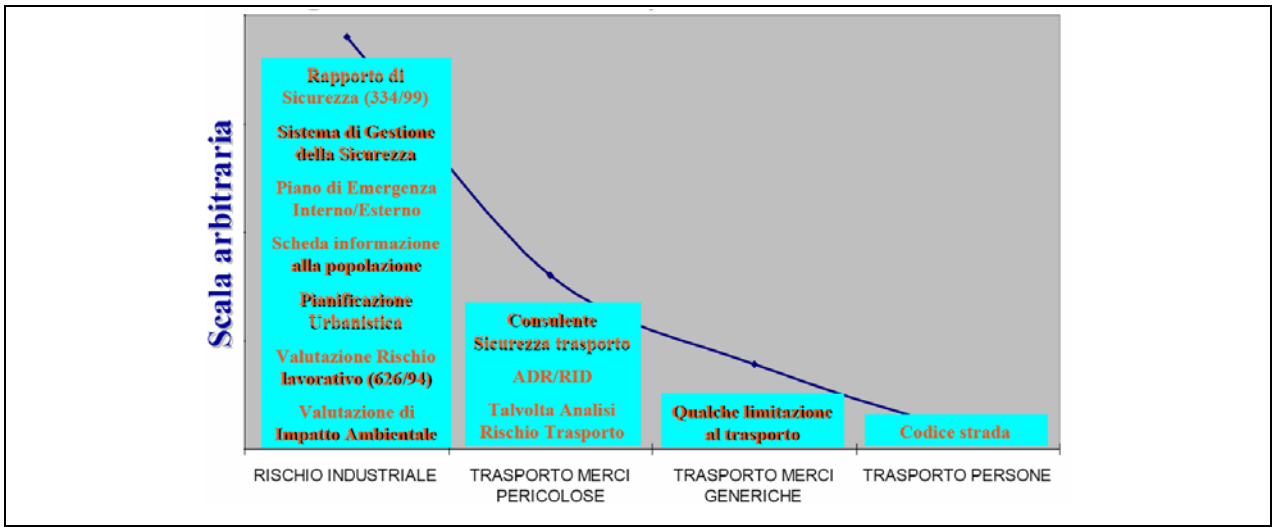


Figura 17 – Regolamentazione del rischio [5]

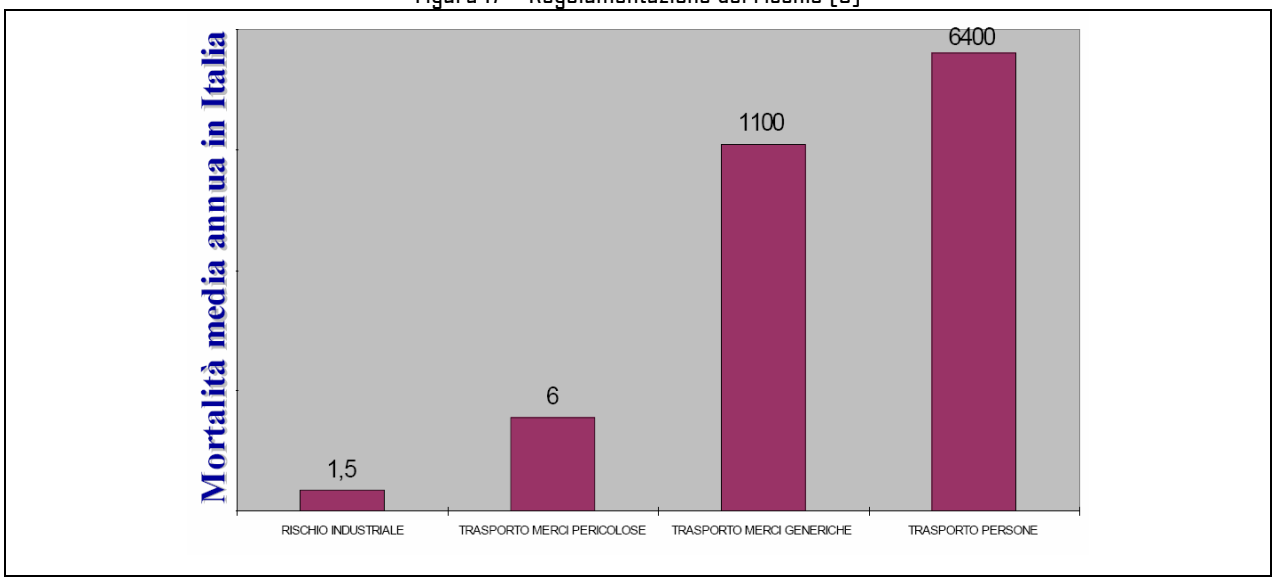


Figura 18 – Rischio effettivo (come media degli eventi occorsi negli ultimi 40 anni) [5]

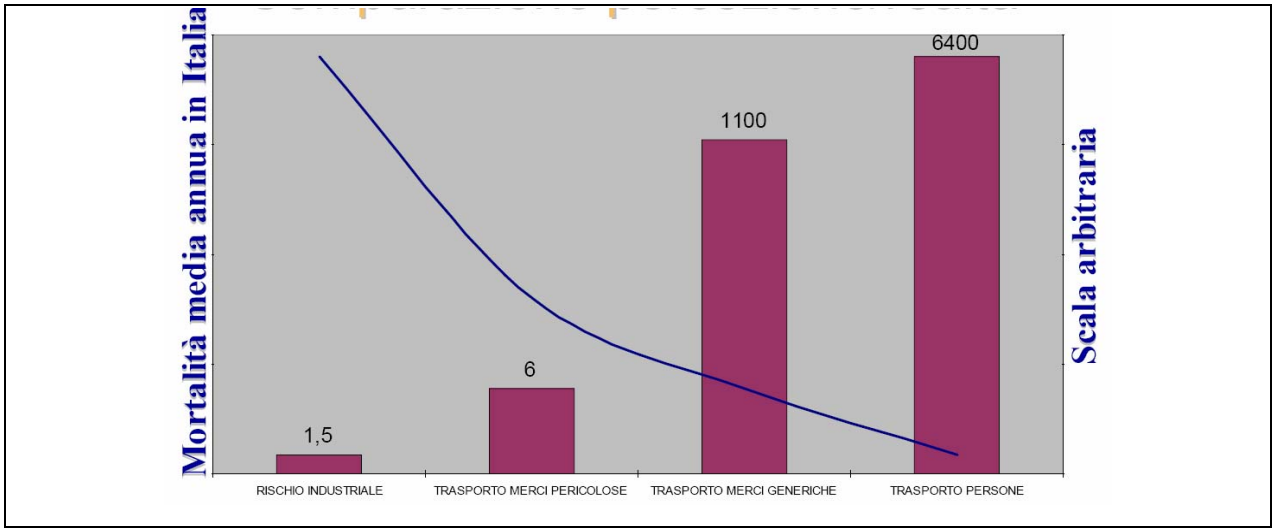


Figura 19 – Comparazione tra percezione e realtà [5]

In paesi quali il Regno Unito, l'Olanda e la Danimarca si è provveduto a definire un rischio individuale "tollerabile" in modo da rendere oggettiva l'accettabilità o meno di una nuova possibile attività produttiva secondo il presupposto che il rischio cui è esposto un individuo non deve essere incrementato in maniera significativa da attività industriali o di servizio create da terzi. In tale panorama il livello di riferimento per valutare l'alterazione delle condizioni di sicurezza è il rischio naturale, cioè quello cui è esposto ogni individuo per il solo fatto di vivere a contato con il mondo naturale [5]. Secondo lo studio citato, analizzando i dati e partendo da un valore di rischio (espresso in morti per anno) di circa 10^{-6} / 10^{-5} per catastrofi naturali, 10^{-6} / 10^{-3} per attività non lavorative, 10^{-5} / 10^{-3} per attività lavorative, 10^{-4} / 10^{-2} per senescenza e malattie, si è arrivati all'adozione piuttosto comune di un livello di riferimento del rischio individuale tollerabile generato da attività umane create da terzi pari a 10^{-6}. Nel campo stradale, bisogna però considerare ovviamente anche altre variabili (rischio volontario o non – numero di chilometri percorsi – etc.)

Per quanto riguarda il rischio collettivo, inoltre, i criteri di accettabilità vengono fissati entro intervalli di tollerabilità definiti mediante applicazione del criterio ALARP (AS LOW AS REASONABLY POSSIBLE) e soggetti al consenso della particolare Autorità Amministrativa.

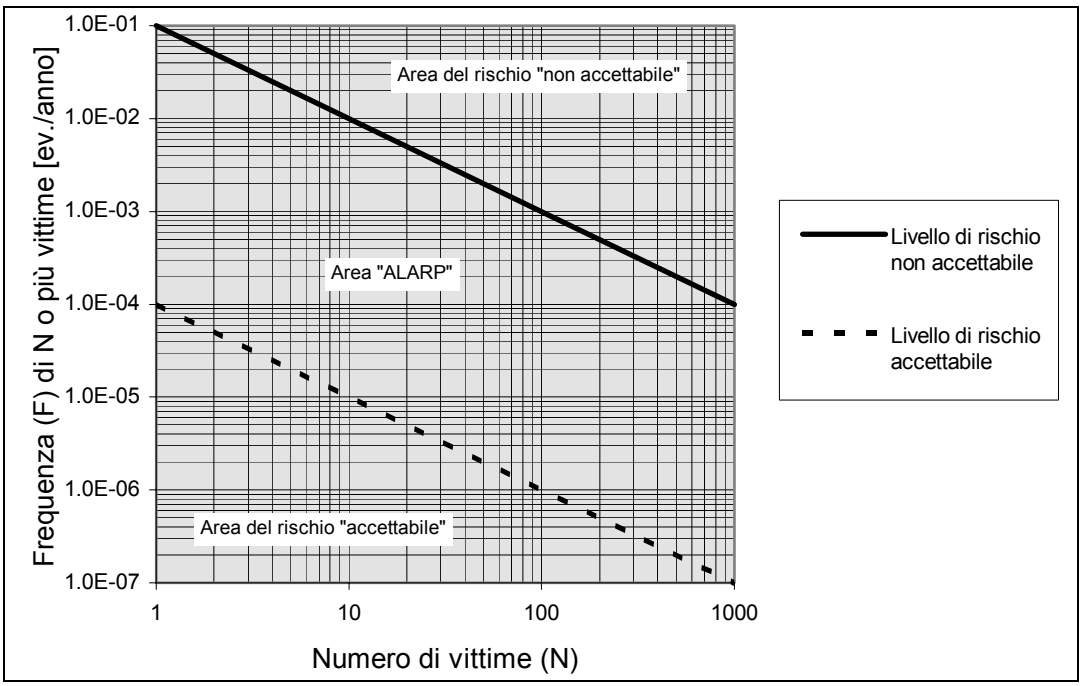


Figura 20 –Regno Unito: criterio proposto per l'accettabilità del rischio sociale [8]

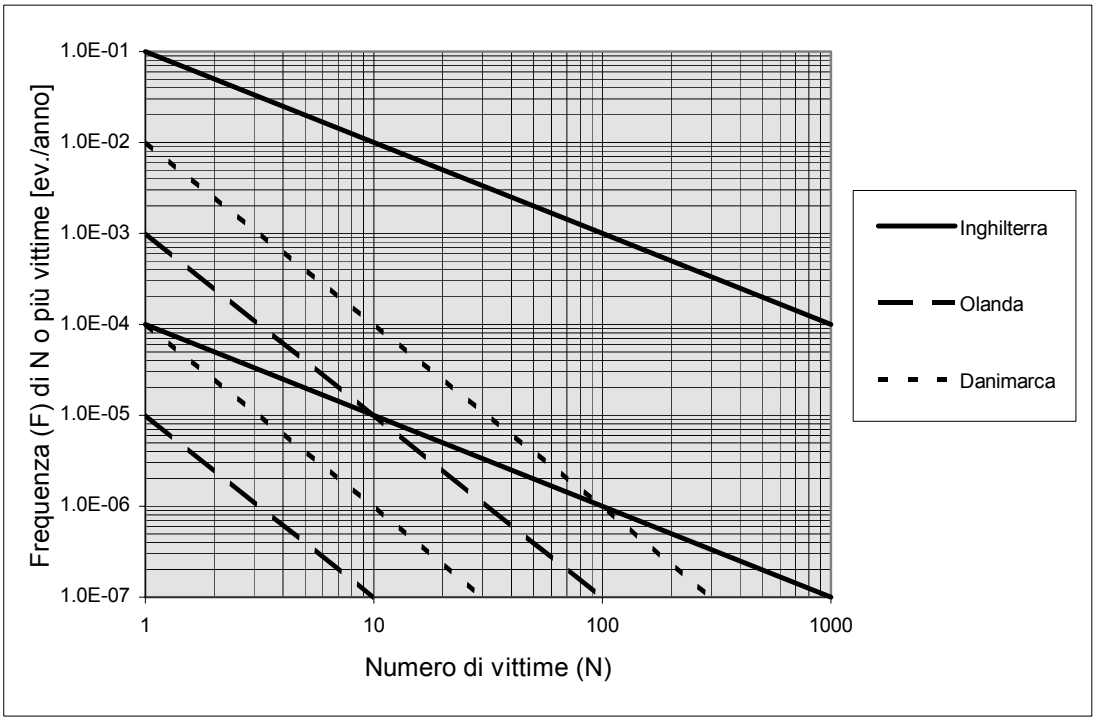


Figura 21 – Confronto tra criteri di accettabilità del rischio sociale [8]

Nel caso, per esempio del trasporto ferroviario [1], considerando le ipotesi di utilizzo di un'ora in media al giorno, il rischio ritenuto accettabile è dell'ordine di $3.1*10^{-5}$ eventi fatali all'anno.

La definizione di rischio come "possibilità di danno", se da una parte fornisce una efficace rappresentazione del concetto che si vuole esprimere, dall'altra risulta insufficiente qualora si intenda procedere ad una sua quantificazione in termini assoluti, oppure si voglia operare un confronto tra diverse attività od opzioni. In tal caso, è necessario ricorrere ad una definizione più rigorosa, che consenta di indicare metodologie e strumenti per la quantificazione.

Secondo un'ormai consueta definizione tecnica del rischio, esso è la distanza di un sistema dalle sue condizioni di sicurezza (assenza di possibili danni). In altri termini il rischio esprime la possibilità che si verifichi un evento indesiderato comportante un danno, anche se di consistenza non stimabile a priori.

L'obiettivo dell'analisi del rischio di un sistema è, in generale, associare ad esso un livello di rischio confrontabile con i livelli ritenuti accettabili. Per centrare l'obiettivo, si sono sviluppati negli anni metodi quantitativi e qualitativi più o meno rigorosi. Dal punto di vista matematico il rischio o, meglio, l'indice di rischio è rappresentabile come una grandezza estensiva [1] data dal prodotto convenzionale tra una grandezza intensiva, quale la frequenza di accadimento, ed una estensiva quale la severità o magnitudo delle conseguenze:

(a) $$R = f \cdot M$$

Intendendo la frequenza come eventi per anno e la magnitudo (in generale) in danni per evento, il rischio è esprimibile in danni per anno.

E' da sottolineare che in tale relazione l'affidabilità attribuibile ai due parametri è diversa in quanto, per la valutazione delle frequenze incidentali, si adottano procedure di stima, mentre, per la determinazione della magnitudo, si considerano indicatori di danno mediati sugli eventi registrati in un determinato lasso di tempo. Ne deriva che per i due parametri l'errore che inevitabilmente si commette è diverso qualunque si la procedura quantitativa adottata.

Al di là dell'errore, bisogna evidenziare anche il diverso peso sociale che si attribuisce ai due parametri: eventi catastrofici ma con bassissima probabilità di accadimento non sono accettati quanto eventi quotidiani con conseguenze più lievi.

La relazione (a) affinché tenga conto della maggiore importanza sociale data alla magnitudo rispetto alla frequenza è stata modificata da più autori in

(b) $$R = f \cdot M^k \text{, con } k > 1$$

comportando che ad eventi con conseguenze più gravi vengano attribuiti indici di rischio maggiori. Inoltre, nel considerare sistemi complessi la definizione(a) (e similmente la (b)) è stata ulteriormente modificata in

(c) $$R = \sum_{1}^{n} f_i \cdot M_i$$

dove n sono gli eventi indesiderati associati al funzionamento del suddetto sistema.

L'importanza, in generale, della relazione convenzionale che esprime il rischio attraverso le costituenti f ed M valutate separatamente è evidenziabile anche nella rappresentazione dei possibili interventi di protezione e prevenzione che si possono attuare, al fine di ricercare condizioni di minor rischio per il sistema, data l'impossibilità dell'annullamento dello stesso:

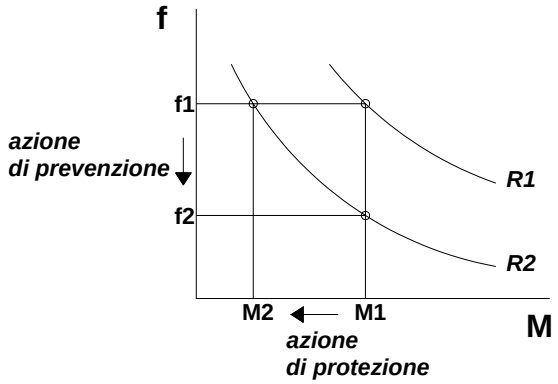


Figura 22 – Azioni di diminuzione del livello di rischio (curve di isorischio R1 ed R2, con R1>R2)

La sola conoscenza di R, dunque, non consentirebbe di gestire efficacemente il rischio come risulta ancora più evidente nel caso espresso dalla relazione (c) in cui in R confluiscono le probabilità e le conseguenze di n eventi potenzialmente pericolosi.

Una definizione del rischio che contenga tutte le considerazioni fin qui fatte dovrebbe essere formulata in termini di triplette [6]

$$R = \{(s_i, M_i, f_i)\}$$

in cui s_i è la sequenza di eventi indesiderati, f_i è la sua probabilità o frequenza di accadimento ed M_i l'entità delle sue conseguenze.

sequenze	Frequenze	Magnitudo
s_1	f_1	M_1
...	...	...
s_i	f_i	M_i
...	...	...
s_n	f_n	M_n

Tabella 1 – Triplette

Il risultato atteso da un'analisi del rischio connesso ad un sistema è, dunque, una lista di sequenze incidentali corredate da frequenze e danni.

Sulla base di queste informazioni e, quindi, di una rappresentazione dettagliata del rischio connesso al sistema in studio è possibile agire per controllare e ridurre in modo efficace il rischio. Inoltre, proprio la definizione del rischio in termini di triplette ha portato negli anni agli sviluppi successivi di approcci sistematici all'analisi del rischio chiamati probabilistici o quantitativi.

2.2 L'approccio probabilistico

Storicamente l'analisi del rischio classica fu applicata agli impianti pericolosi per aumentarne la sicurezza nei confronti di incidenti sicuramente molto gravi. Intorno agli anni '70 s'identificò una forma di analisi del rischio di tipo deterministico applicabile a variabili con valori fissi noti ed equazioni anch'esse note, pur sapendo che, in realtà, per i sistemi complessi le variabili sono casuali e le equazioni sia conosciute che non.

L'approccio deterministico si basa, quindi, sull'assunto che le misure di riduzione del danno sono note a priori ed è solo la loro corretta applicazione a permettere di raggiungere i risultati prefissati. Questo tipo d'approccio è quello fin ora seguito nel campo del trasporto stradale e che ha mostrato i suoi limiti nel non riuscire a ridurre i danni ed a rispettare

sostanzialmente le direttive comunitarie (imponenti, tra l'altro, un dimezzamento del numero di vittime della strada in 10 anni).

L'evoluzione metodica è l'approccio probabilistico: esso si basa sul presupposto che non esista il rischio zero e che per poter ridurre il rischio occorra prima di tutto conoscerlo e quantizzarlo per intervenire, nell'ordine, prima sulle problematiche di maggior rilevanza e poi su quelle meno significative sempre dal punto di vista probabilistico.

L'analisi probabilistica del rischio (P.R.A.), detta anche analisi quantitativa del rischio, è ormai da sempre utilizzata nei settori industriali dell'ingegneria, in particolare per la sicurezza dei reattori nucleari, vista la sua specifica capacità di determinare la relazione funzionale tra un guasto del sistema ed i guasti dei suoi componenti.

Negli ultimi tempi, ha destato l'interesse degli urbanisti che, in materia di impianti a rischio di incidente rilevante (Direttiva Seveso e succ. mod.[26]), la utilizzano con particolare riferimento al territorio in cui tali impianti sono insediati, al fine di dimostrare che tutti i rischi presenti sono opportunamente controllati e ridotti a livelli minimi ed accettabili.

In campo trasportistico, invece, la P.R.A. è di recentissima scoperta, per cui le sue potenzialità non sono ancora chiaramente definite.

Dal punto di vista tecnico, il metodo presume l'utilizzo di due strumenti caratterizzati da una tipica struttura ad albero: l'albero degli eventi (event tree, E.T.) e l'albero dei guasti (fault tree, F.T.), che si differenziano per il rapporto con l'evoluzione temporale, pur costituendo entrambi un modo di rappresentare la realtà fisica.

Il primo passo è cioè dato dall'individuazione di come un sistema può rompersi (o accadere un evento indesiderato) e quindi dalla costruzione delle vie di guasto (o sequenze incidentali) attraverso l'albero degli eventi: questa sarà, ovviamente, una grande semplificazione del sistema.

Il secondo passo è dato dalla costruzione dell'albero dei guasti che si realizza andando indietro nel tempo e non più in avanti come nel caso precedente.

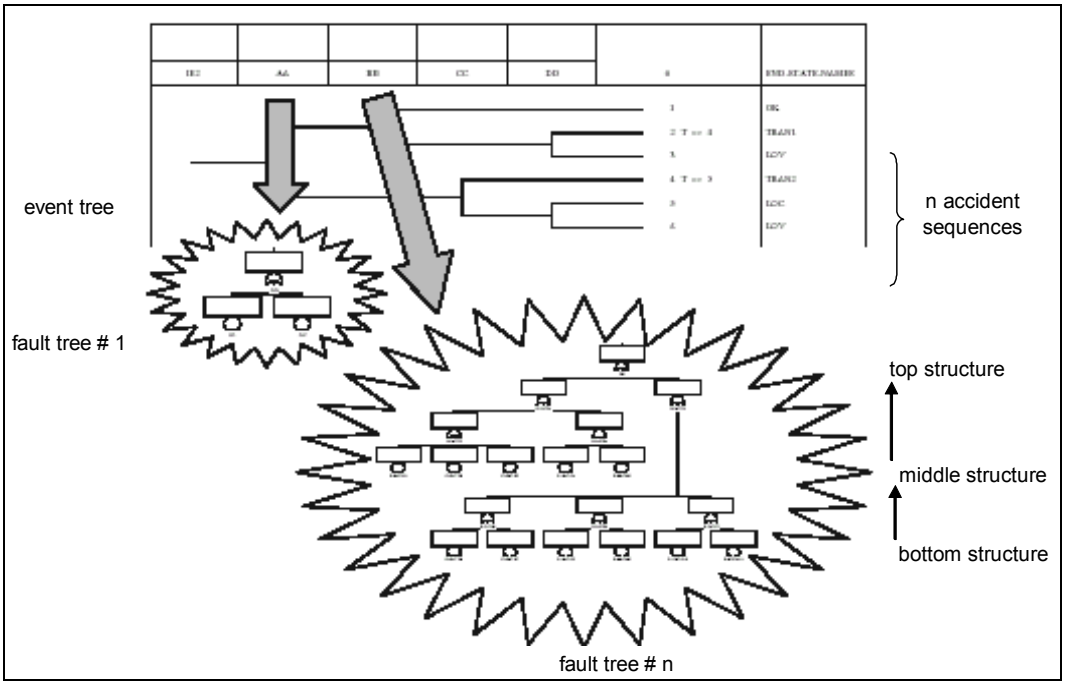


Figura 23 – Iter della P.R.A.: un albero degli eventi con n alberi dei guasti, se n sono le sequenze incidentali [4].

L'albero degli eventi, infatti, utilizza una logica in avanti: parte da un evento iniziale, detto initiating event - I.E. (un incidente o un comportamento anomalo ed indesiderato del sistema), e lo propaga attraverso l'intero sistema in tutti i modi in cui esso può influire sul comportamento del (sotto)sistema attraverso la logica booleana del sì/no, vero/falso; si caratterizza, quindi, attraverso uno sviluppo di tipo top-down. Ogni ramo dell'albero costituisce una sequenza incidentale (S.I.).

Il punto di partenza, per la costruzione dell'albero è, quindi, un evento iniziale, rappresentante un evento caratteristico del fenomeno in studio, da cui discendono eventi derivati (mutuamente escludentisi) a cui viene associata una probabilità o frequenza di accadimento, condizionata dal verificarsi dell'evento iniziale stesso a cui essi afferiscono.

Gli eventi iniziali, inoltre, sono statisticamente indipendenti ma non incompatibili. La loro indipendenza e, soprattutto, la mutua esclusione degli eventi derivati rappresentano anche il limite della P.R.A., che non riesce a gestire casi che abbiano qualche forma di interdipendenza e/o correlazione.

L'albero dei guasti, invece, lavorando con una logica all'indietro, è un diagramma logico esplicativo delle interrelazioni tra gli eventi che coinvolgono singoli elementi (eventi di base) e l'evento finale del sistema (il top event). Ciò significa che, dato un particolare guasto in un sistema, si cerca il singolo componente che è causa prevalente della rottura del sistema stesso.

Usando le operazioni booleane AND, OR, NOT, (indicate, in generale, come porte logiche) è possibile scrivere la combinazione di componenti guasti che hanno generato la non funzionalità del sistema.

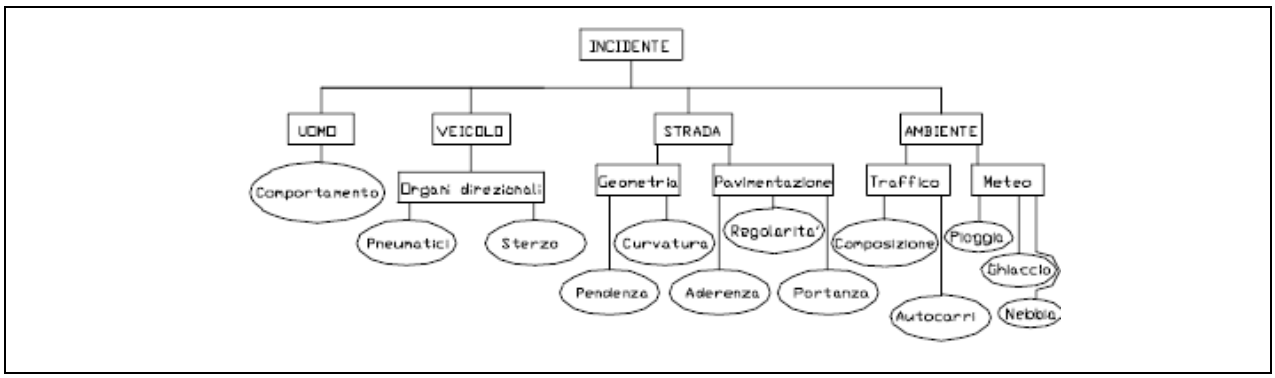


Figura 24 – Albero dei guasti semplificato per il sistema stradale [21]

Di seguito si riporta, la sintesi di parte dei principali simboli internazionali utilizzati per la composizione degli alberi dei guasti e due esempi di utilizzo separato dell'albero degli eventi e dell'albero dei guasti.

	top event o evento intermedio
	evento di base
	evento non ulteriormente sviluppabile

Tabella 2 – Principali eventi

	and [intersezione degli eventi]
	or [unione degli eventi]
	Not [complemento dell'evento]

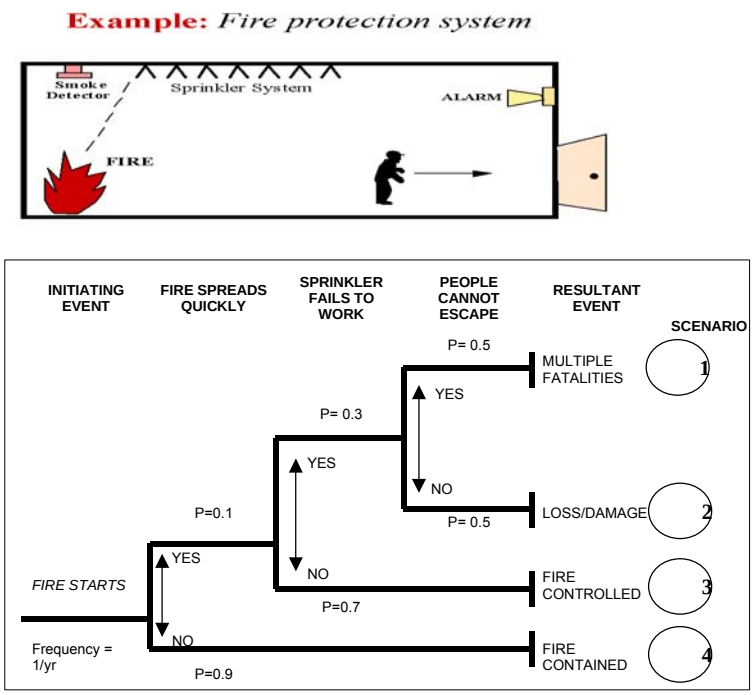
Tabella 3 – Principali porte logiche

	transfer out [il F.T. continua nel corrispondente transfer in]
	transfer in

Tabella 4 – Transfer gates

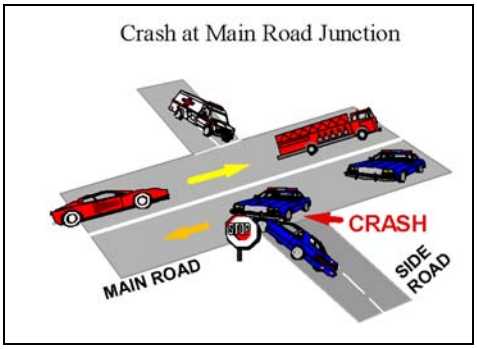
Esempio n.1)

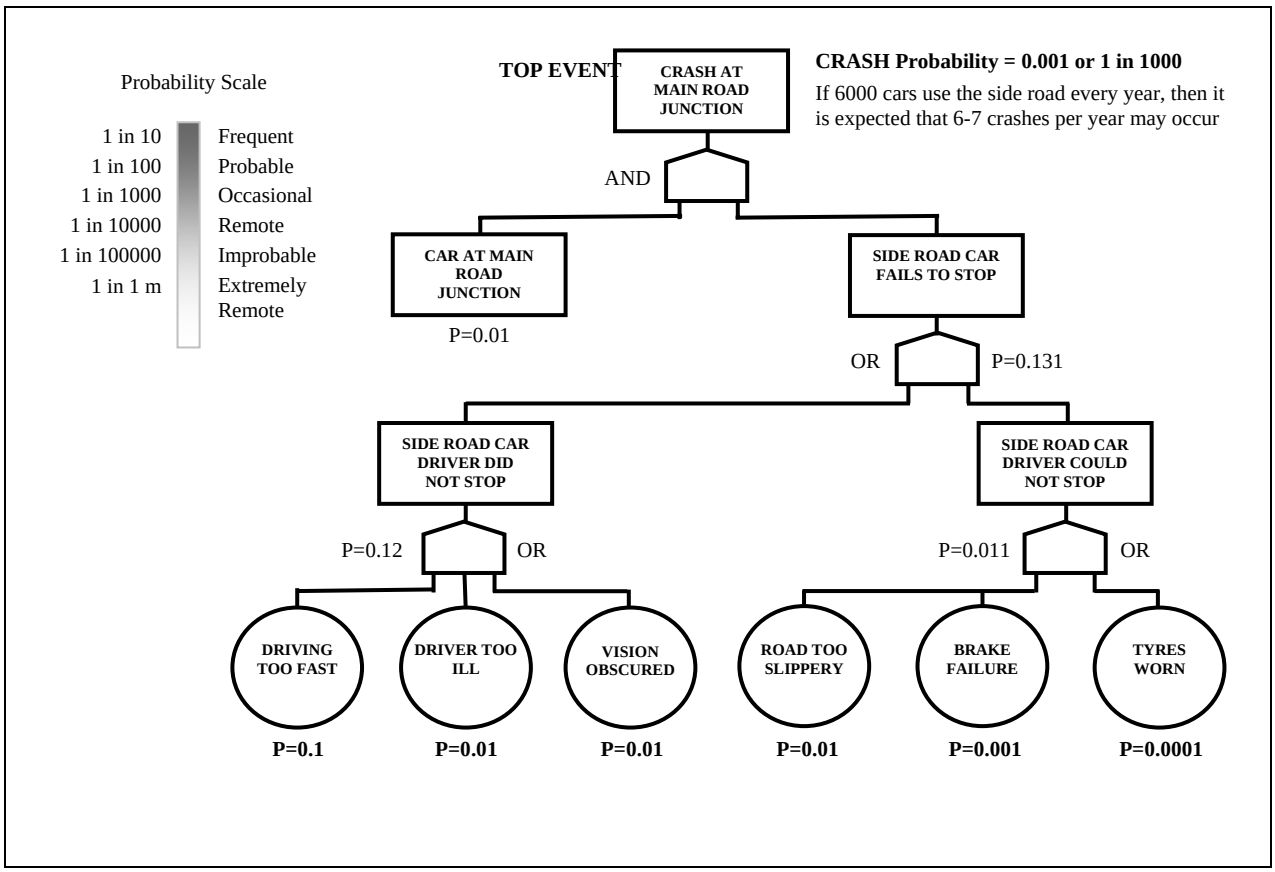
Costruzione di un albero degli eventi finalizzata all'individuazione delle possibili sequenze incidentali (o anche dette scenari) che si possono verificare a seguito di un incendio (l'evento inziale) rilevato dallo smoke detector e che dovrebbe essere spento dalla messa in funzione del sistema di sprinkler (fonte [9]):



Esempio n.2)

Costruzione di un albero dei guasti finalizzata all'individuazione della probabilità di accadimento del top event costituito da un incidente stradale ad un'intersezione partendo dagli eventi base che comportano il verificarsi del suddetto (fonte [9]):




Probability Scale
1 in 10 Frequent
1 in 100 Probable
1 in 1000 Occasional
1 in 10000 Remote
1 in 100000 Improbable
1 in 1 m Extremely Remote
TOP EVENT
CRASH AT MAIN ROAD JUNCTION
CRASH Probability = 0.001 or 1 in 1000
If 6000 cars use the side road every year, then it is expected that 6-7 crashes per year may occur
AND
CAR AT MAIN ROAD JUNCTION
P=0.01
SIDE ROAD CAR FAILS TO STOP
OR
P=0.131
SIDE ROAD CAR DRIVER DID NOT STOP
P=0.12
OR
SIDE ROAD CAR DRIVER COULD NOT STOP
P=0.011
OR
DRIVING TOO FAST
P=0.1
DRIVER TOO ILL
P=0.01
VISION OBSCURED
P=0.01
ROAD TOO SLIPPERY
P=0.01
BRAKE FAILURE
P=0.001
TYRES WORN
P=0.0001

3. Percorso applicativo e fonte dei dati

Il lavoro che si propone, dunque, è una prima applicazione quantitativa di un percorso di P.R.A. completo di albero degli eventi ed alberi dei guasti conseguenti e, per tanto, questi ultimi sono costruiti in maniera ancora indipendente dal tempo (di tipo statico) lasciando aperta la possibilità di un ulteriore sviluppo verso l'aspetto dinamico.

Gli alberi dei guasti dinamici, infatti, avvicinandosi sempre più alla realtà sono l'ultima innovazione in materia di analisi del rischio.

Scopo dell'analisi del rischio è, in generale, l'individuazione dei pericoli presenti nel sistema in studio in termini di eventi che possano dar vita a sequenze incidentali.

Tale percorso può essere più agevolmente spiegato attraverso l'elencazione di fasi successive:

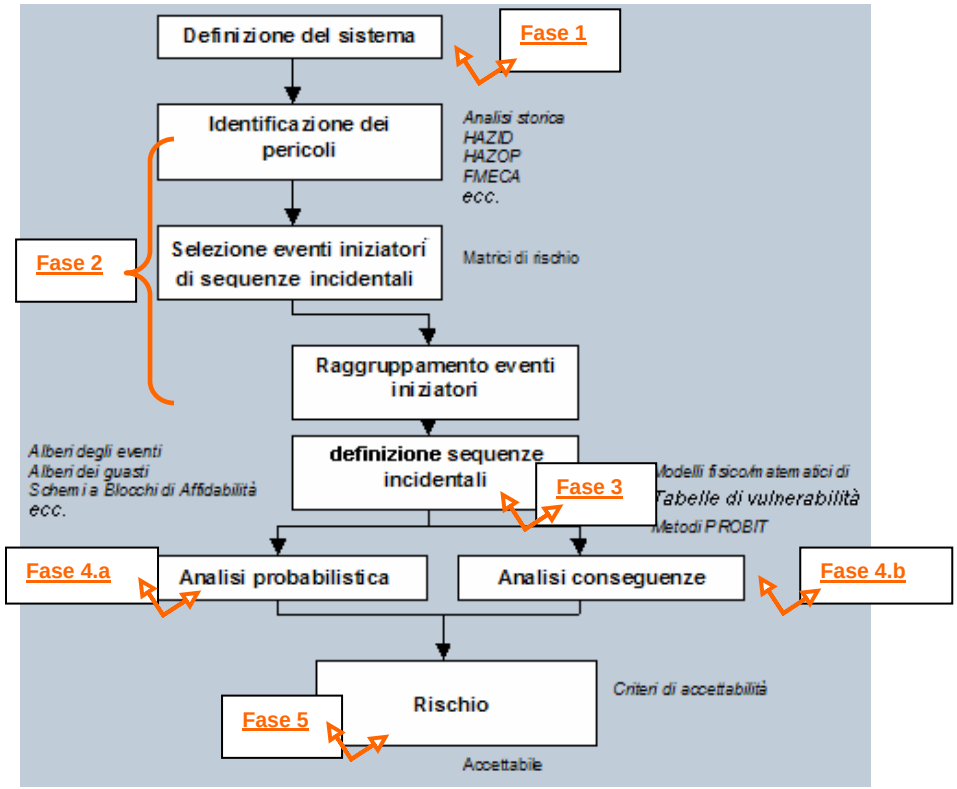


Figura 25 – Illustrazione delle fasi del percorso applicativo (elaborazione su Struttura dell'Analisi del Rischio [11])

Nel presente lavoro di ricerca le fasi suddette si particolarizzano come segue:

fase 1 individuazione delle gallerie campione e studio delle loro caratteristiche funzionali e geometriche;

fase 2 studio di opportune banche dati per l'identificazione (su base storica) delle sequenze incidentali che avvengono in quelle gallerie;

fase 3 analisi delle sequenze incidentali attraverso la costruzione di un albero degli eventi per ogni tipo di galleria;

fase 4.a stima delle frequenze di accadimento di ogni sequenza incidentale individuata, attraverso la frequenza di accadimento dell'evento iniziatore calcolata sulla base degli eventi semplici in cui esso si può articolare. Vuol dire cioè, costruzione di tanti alberi dei guasti quante sono le nature incidentali rilevate. Tale costruzione si realizza disaggregando, attraverso i rami dell'albero, la realtà fisica della singola natura incidentale che coinvolge l'ambiente stradale (inteso come infrastruttura ed esercizio), il conducente (inteso come comportamento nella circolazione e condizioni psico-fisiche) ed il veicolo (inteso come tipologia e qualità del suo funzionamento). In particolare, poi, il veicolo ed il suo conducente sono rappresentativi sia di chi causa presumibilmente l'incidente (indicato con veicolo A e conducente A) sia di chi ne è coinvolto (veicolo B e conducente B).

fase 4.b stima del danno ovvero delle conseguenze relative al fenomeno incidentalità rilevato nelle due gallerie campione. In particolare, al fine di tenere in considerazione la magnitudo complessiva delle conseguenze (sia numero dei decessi che dei feriti), si è utilizzato un indice di lesività standardizzato:

$$\text{Lesività}_{\text{std}} = \frac{\text{Morti} + \text{Feriti}}{\text{Incidenti}} * 1000$$

fase 5. determinazione e valutazione del rischio attraverso la stima numerica ottenibile dalla già citata relazione convenzionale tra la frequenza di accadimento dell'evento incidente in galleria e la magnitudo delle conseguenze.

A tale fase, infine, dovrebbe seguire la valutazione dell'accettabilità del rischio, fin qui stimato, attraverso l'uso di opportuni criteri di accettabilità. In realtà non in tutti i campi d'applicazione dell'analisi del rischio esistono valori soglia di frequenza e magnitudo con cui valutare la suddetta accettabilità.

Come si rileva dall'illustrazione dell'iter applicativo che si è messo a punto per il presente lavoro, è necessaria una rilevante quantità di dati. Infatti, tenendo presente l'ormai classica ripartizione dei fattori che influenzano la sicurezza nelle gallerie stradali [15], i dati reperiti appartengono ai seguenti macrogruppi:

- utenti della strada
- veicoli
- infrastruttura
- esercizio

ognuno dei quali poi è stato articolato fino al livello possibile di dettaglio.

Per riassumere, quindi, l'importante lavoro fatto per la raccolta dati si riporta la seguente tabella:

	Macro gruppi	Sotto gruppi	Fonte dati
1	Utenti della strada	Comportamento nella circolazione	ISTAT [37]
		Stato psico-fisico	
2	Veicolo	Tipo di veicolo	ACI [36]
		Condizione del veicolo	ISTAT [37]
3	Infrastruttura	Aspetti funzionali	Censimento ANAS [38]
		Aspetti geometrici	
4	Esercizio	Illuminazione	Censimento ANAS [38]
		Ventilazione	
		Antincendio	

Tabella 5 – Ricapitolazione dati e fonti

Si fa notare che nel prosieguo infrastruttura ed esercizio verranno considerati parte di un unico fattore indicato più in generale come ambiente stradale.

Si evidenzia, inoltre, che l'intervallo temporale 1998-2004 (di riferimento per i dati d'incidentalità della Polizia Stradale) è stato coerentemente rispettato per i dati relativi ai primi due macro gruppi, mentre per i restanti (la cui unica fonte è il censimento ANAS del 2002) si è formulata l'ipotesi, ritenuta attendibile, di una sostanziale permanenza delle condizioni geometriche ed impiantistiche in tutte le gallerie censite nei sette anni in oggetto.

4. Lo stato di fatto delle gallerie in studio

L'oggetto del presente lavoro di ricerca è una valutazione del rischio corso da un utente nel percorrere le due diverse tipologie di gallerie, monofornice e doppio fornice, attraverso 3 gallerie ubicate in Campania (facenti parte del compartimento ANAS di Napoli) e di seguito descritte [38][39][40]:

	GALLERIE MONOFORNICE		**GALLERIA DOPPIO FORNICE**
Denominazione	di *Salza Irpina*	*Malopasso*	*Montepergola*
Anno di apertura	1969	1969	1964
Lunghezza	720m	823m	Nord 2.254m Sud 2.287m
T.G.M. **(al 1992)**	15.080 (10% traffico pesante)	21.440 (10% traffico pesante)	40.000 (t.p. non disponibile)
Strada di appartenenza	SS 7 (ex Ofantina)		RA 02 (Avellino-Salerno)
Ubicazione	dal km 315+350 al km 316+070	dal km 317+750 al km 318+673	dal km 9+000 al km 21+620
Geometria media della strada	1 corsia per senso di marcia -- Larghezza corsie: 3,75m Banchina: 1,50m		2 corsie per senso di marcia -- Larghezza corsie: 3,50m Banchina destra: < 1m Spartitraffico: tipo New Jersey
Categoria stradale di riferimento [32]	Tipo C1		Tipo A

Tabella 6 – Descrizione delle gallerie campione

Figura 26 – Galleria monofornice di *Salza Irpina* [39]

Figura 27 – Galleria monofornice *Malopasso* [39]

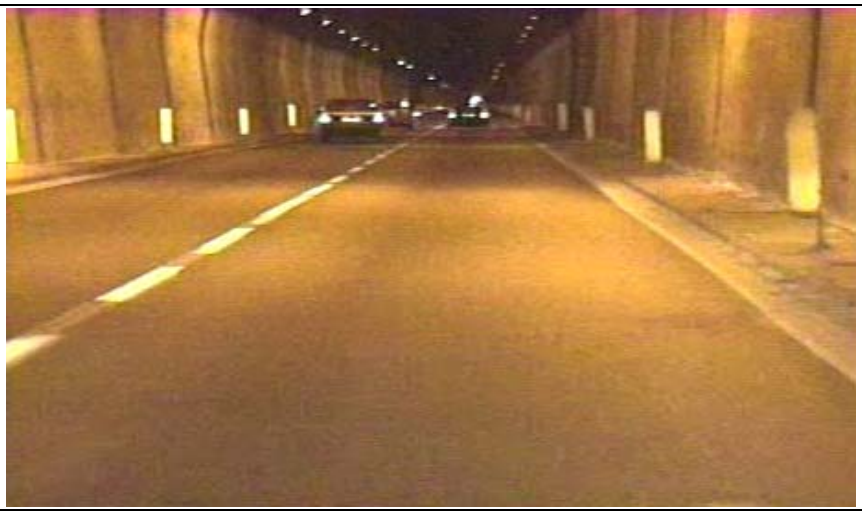


Figura 28 – Galleria a doppio fornice *Montepergola* [39]

La scelta di tali particolari gallerie, quali campione per l'applicazione in oggetto, è stata condizionata dalla reperibilità dei dati necessari (geometrici, incidentali) e dalla non trascurabile conoscenza diretta del territorio.

Le suddette gallerie, inoltre, avendo una lunghezza superiore a 500m si possono legittimamente considerare (Direttiva EU 2004/54/CE [24]) importanti infrastrutture perché svolgono un ruolo fondamentale per lo sviluppo delle economie regionali.

Le tre gallerie, come rilevato dalla Polizia Stradale nel periodo 1998 – 2004 [39], sono state interessate da un fenomeno d'incidentalità con l'andamento e le caratterizzazioni riportate di seguito:

Periodo di riferimento: 1998/2004	**di *Salza Irpina***	***Malopasso***	***Montepergola***
Incidenti	5	2	52
Morti	3	0	0
Feriti	11	3	49

Tabella 7 – Incidentalità nelle gallerie campione

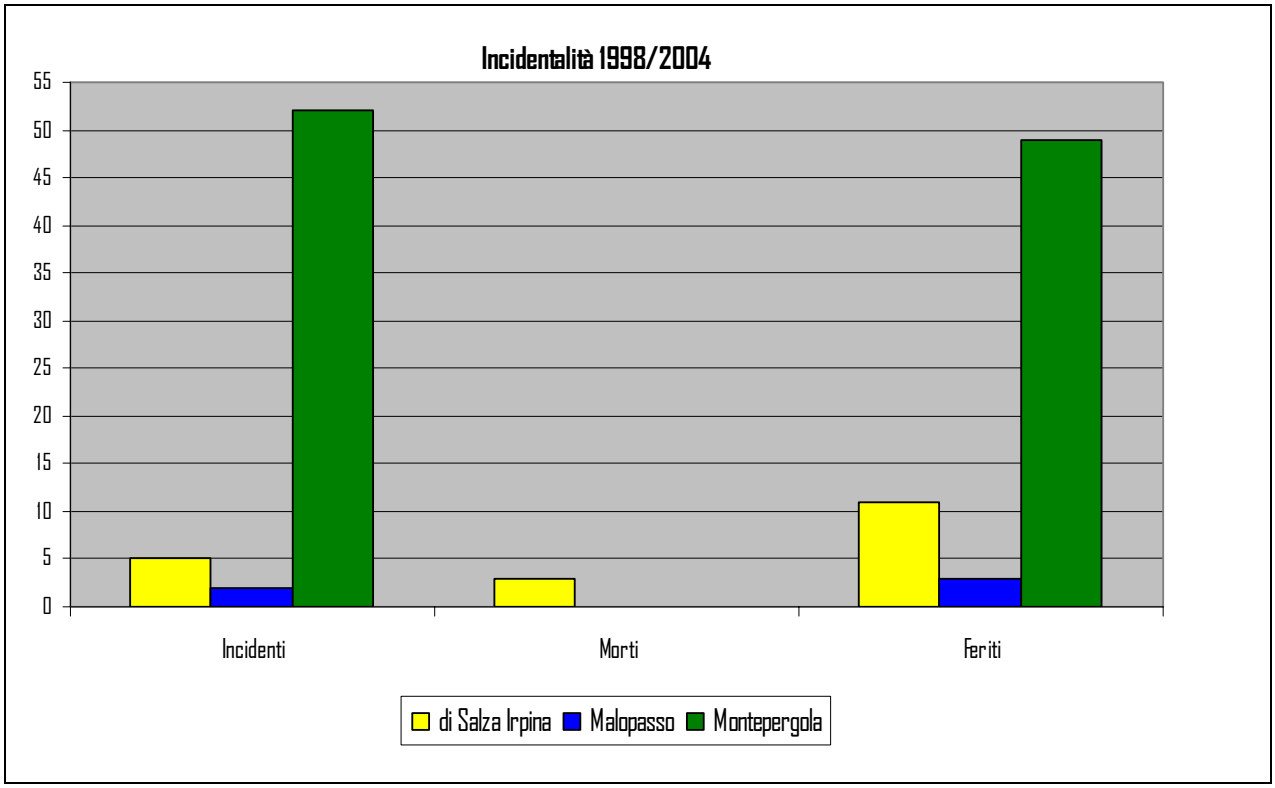


Figura 29 – Andamento dell'incidentalità

Come si nota la rilevanza del fenomeno incidentale ha due aspetti distinti: da un lato la prevalenza numerica degli eventi che interessano la galleria a due fornici, dall'altro la forte incidenza di gravissime conseguenze degli incidenti nella galleria monofornice.

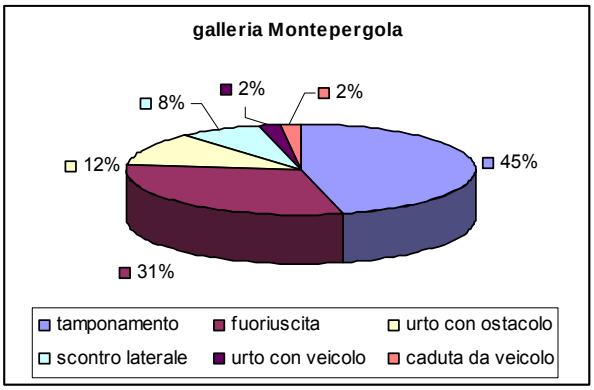


Figura 30 – Nature incidentali, galleria a doppio fornice

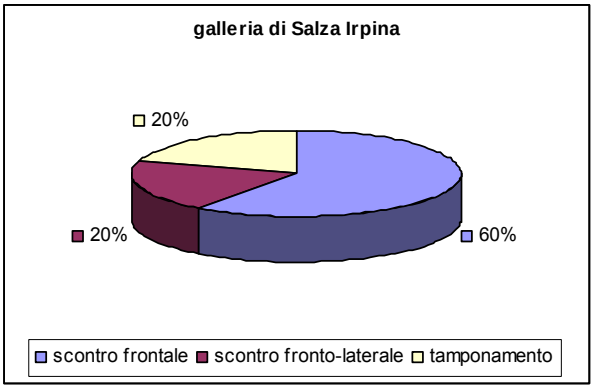


Figura 31 – Nature incidentali, galleria monofornice di *Salza Irpina*

In termini di natura degli incidenti sussiste una notevole diversità: per quella a due fornici l'evento di gran lunga prevalente è il tamponamento mentre per la monofornice di *Salza Irpina* lo scontro frontale prevale nettamente sulle altre tipologie; questa constatazione sottolinea l'influenza delle diverse modalità di circolazione dei flussi veicolari sulle dinamiche incidentali.

La galleria *Malopasso*, invece, ha mostrato un'incindentalità meno ingente e, nello specifico, costituita da uno scontro frontale ed un tamponamento.

5. I caso di studio: la galleria Montepergola

5.1 Costruzione degli alberi

Il percorso applicativo, fin qui illustrato, si realizza (per ogni galleria) partendo dall'albero degli eventi.

Nel caso della galleria *Montepergola*, l'albero degli eventi parte dal top event incidente in galleria e rappresenta il rischio per un utente espresso come funzione delle seguenti tipologie alternative di incidenti verificatesi, nell'intervallo temporale 1998-2004:

1) Tamponamento;

2) Fuoriuscita;

3) Urto con ostacolo;

4) Scontro laterale;

5) Urto con veicolo;

6) Caduta da veicolo.

Ognuna di queste nature incidentali alternative da vita ad una sequenza incidentale S.I.#i rappresentata da 6 dei 7 rami dell'albero degli eventi, costituendo il settimo la possibilità di non accadimento di alcun incidente. La frequenza di accadimento f(S.I.#i), quindi, è correttamente determinabile con la costruzione di 6 alberi dei guasti.

Si riportano, nelle seguenti figure, l'albero degli eventi ed i conseguenti alberi dei guasti nonché, nella tabella 8, la legenda delle transfer gates utilizzate.

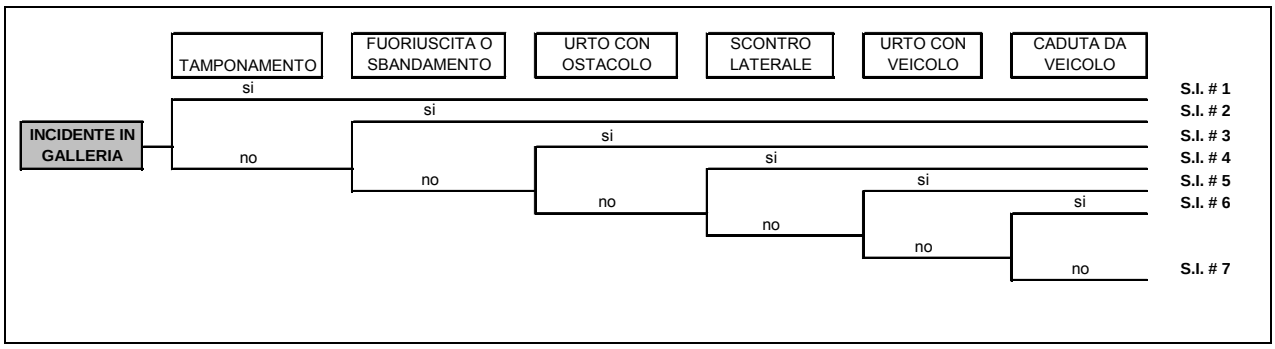


Figura 32 – Albero degli eventi per galleria doppio fornice

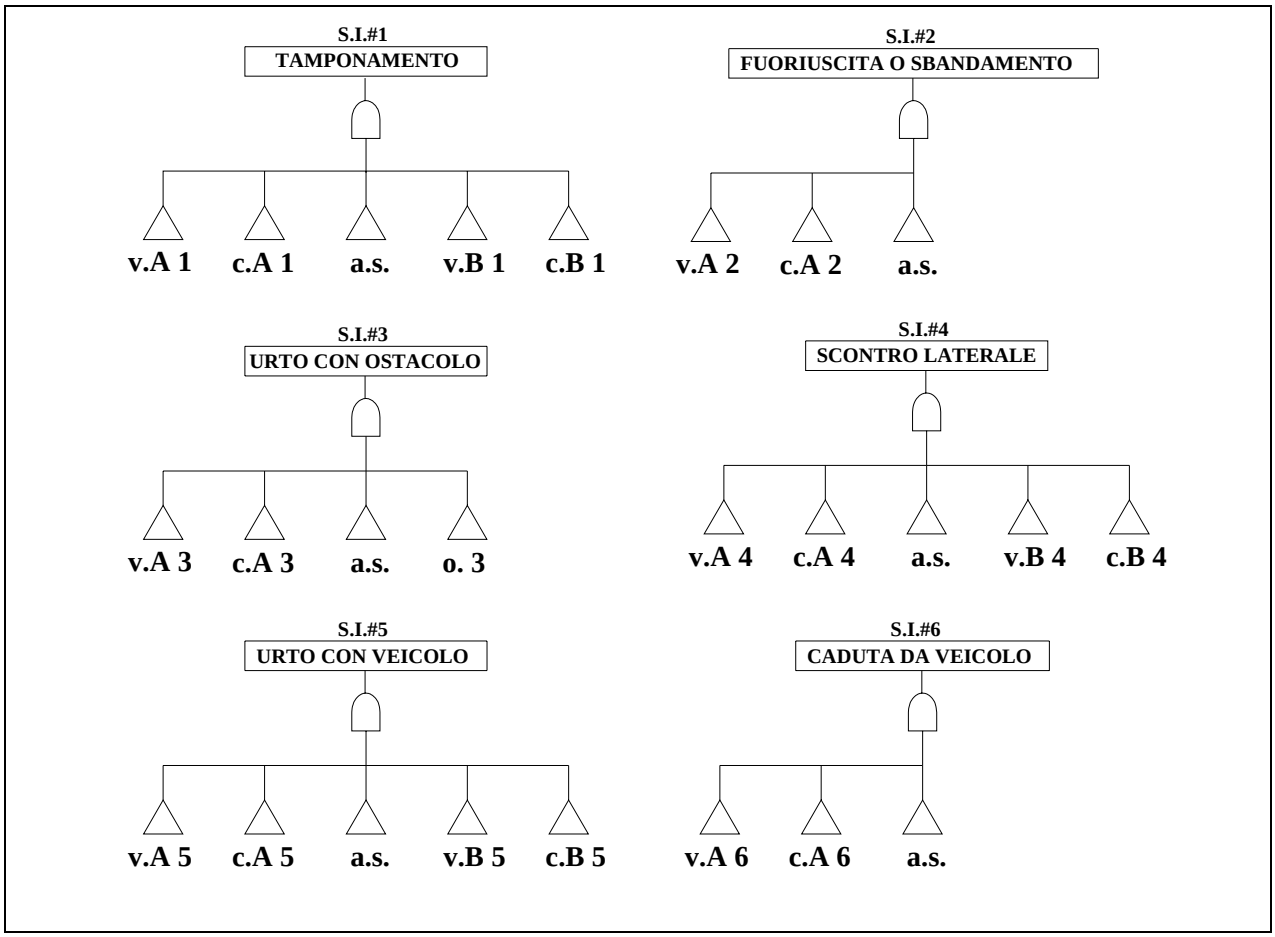
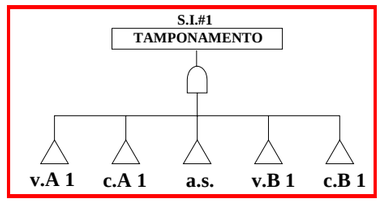


Figura 33 – Alberi dei guasti con *transfer out*

v.A	Veicolo A
v.B	Veicolo B
c.A	Conducente del veicolo A
c.B	Conducente del veicolo B
o.	Ostacolo
a.s.	Ambiente stradale

Tabella 8 – Legenda delle *transfer gates* utilizzate

I 6 alberi dei guasti, riportati sinteticamente con l'ausilio delle transfer gates, si articolano in maniera più o meno varia a seconda della natura incidentale considerata, come di seguito illustrato. Si precisa che l'articolazione dell'ambiente stradale è ovviamente unica per tutte le nature incidentali e, quindi, viene riportata un'unica volta nell'illustrazione del TAMPONAMENTO.



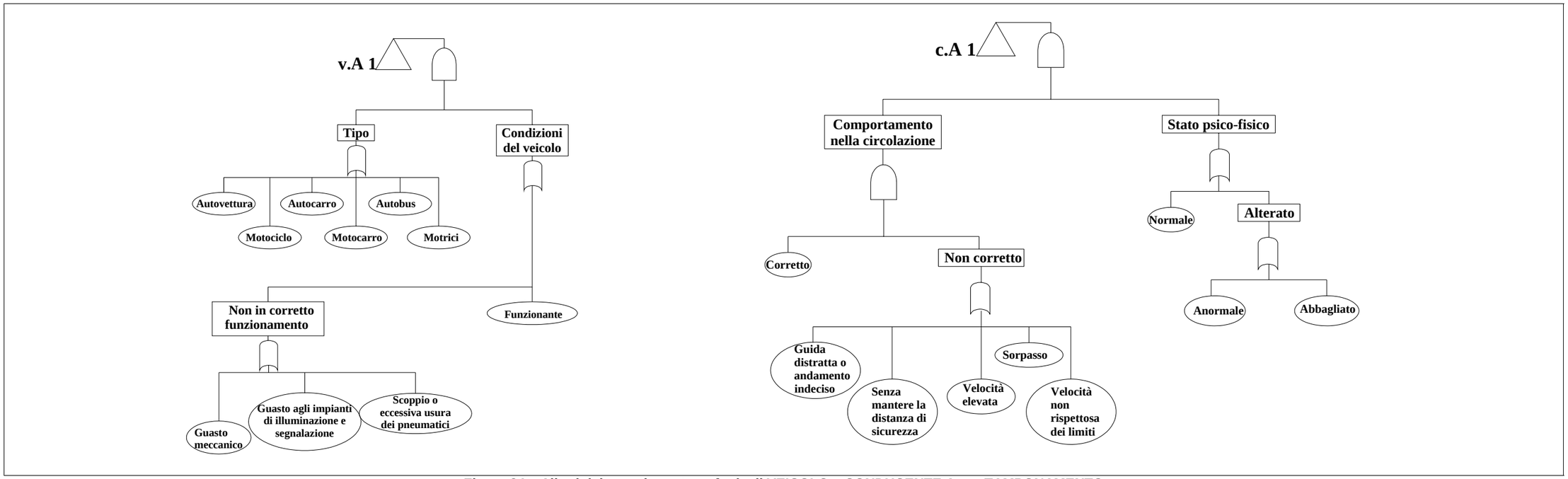


Figura 34 – Alberi dei guasti con *transfer in* di VEICOLO e CONDUCENTE A per TAMPONAMENTO

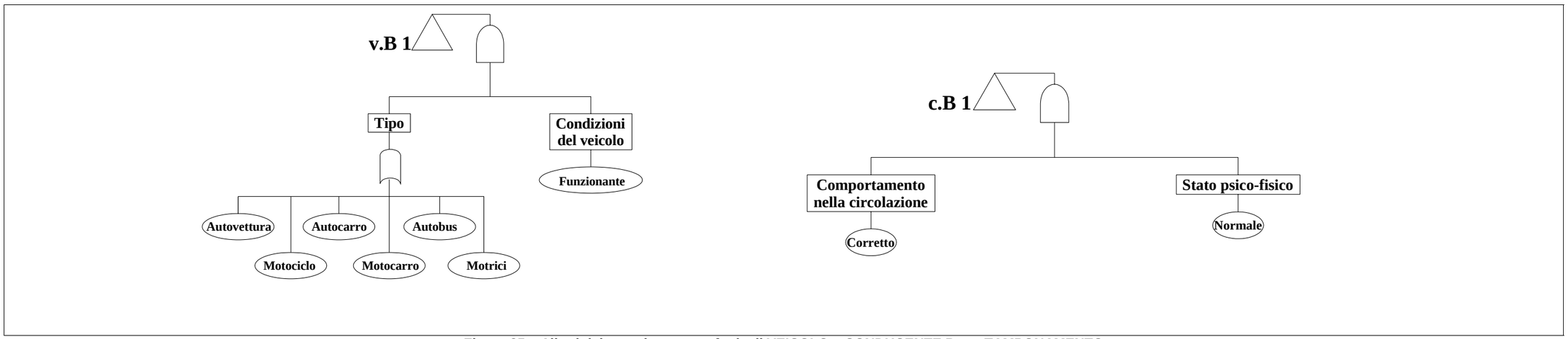


Figura 35 – Alberi dei guasti con *transfer in* di VEICOLO e CONDUCENTE B per TAMPONAMENTO

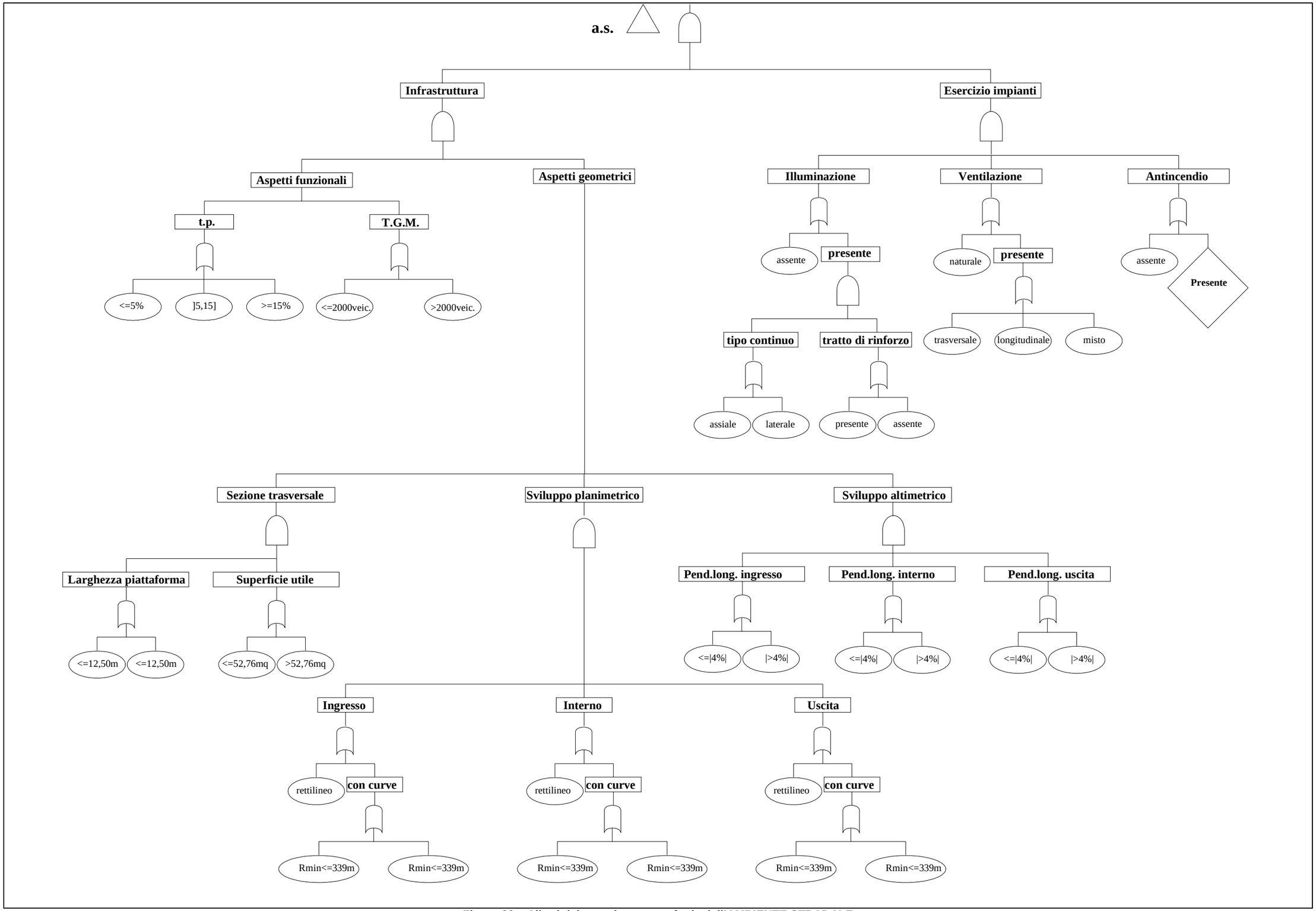


Figura 36 – Alberi dei guasti con *transfer in* dell'AMBIENTE STRADALE

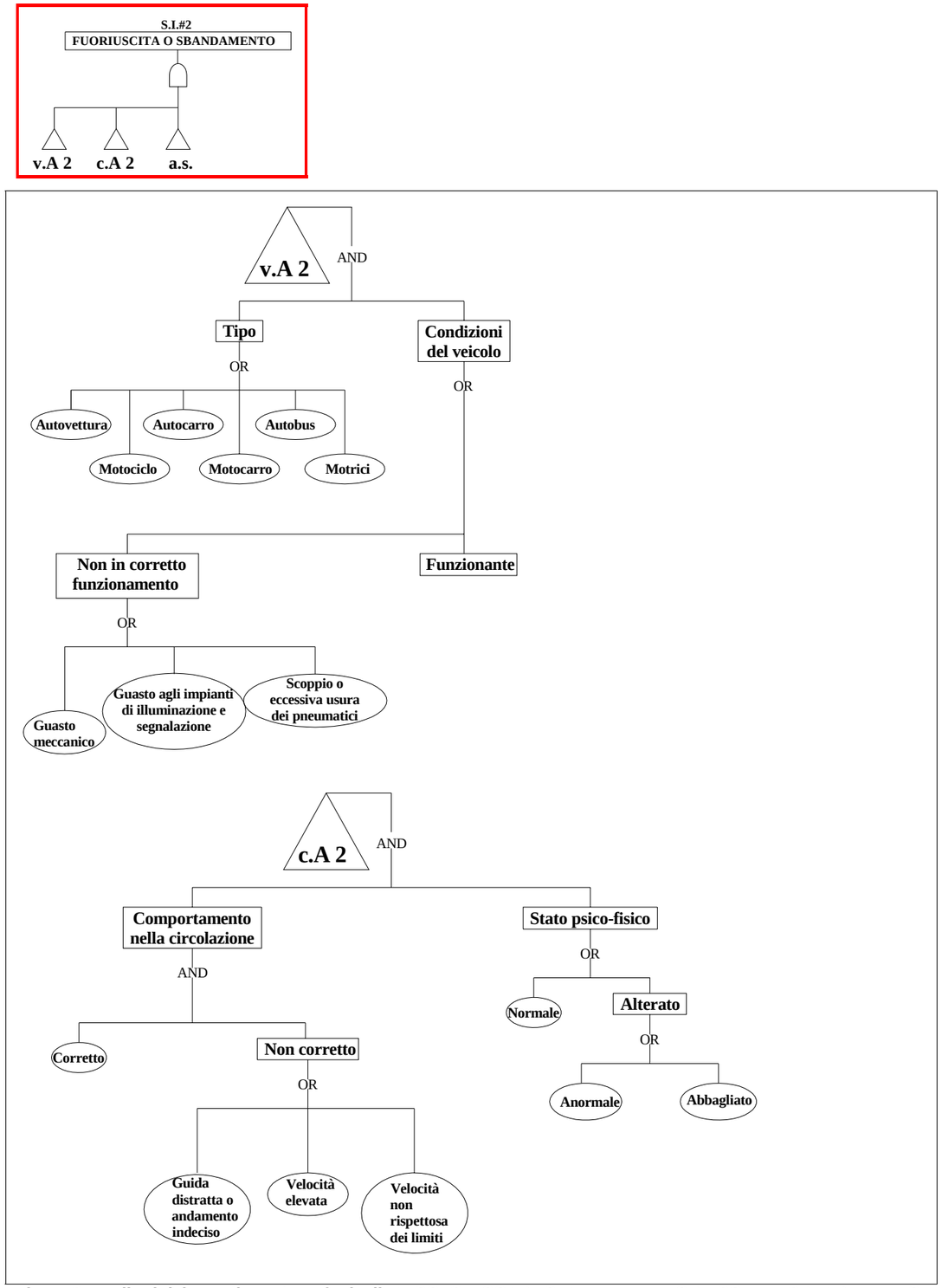


Figura 37 – Alberi dei guasti con *transfer in* di VEICOLO e CONDUCENTE A per FUORIUSCITA o SBANDAMENTO

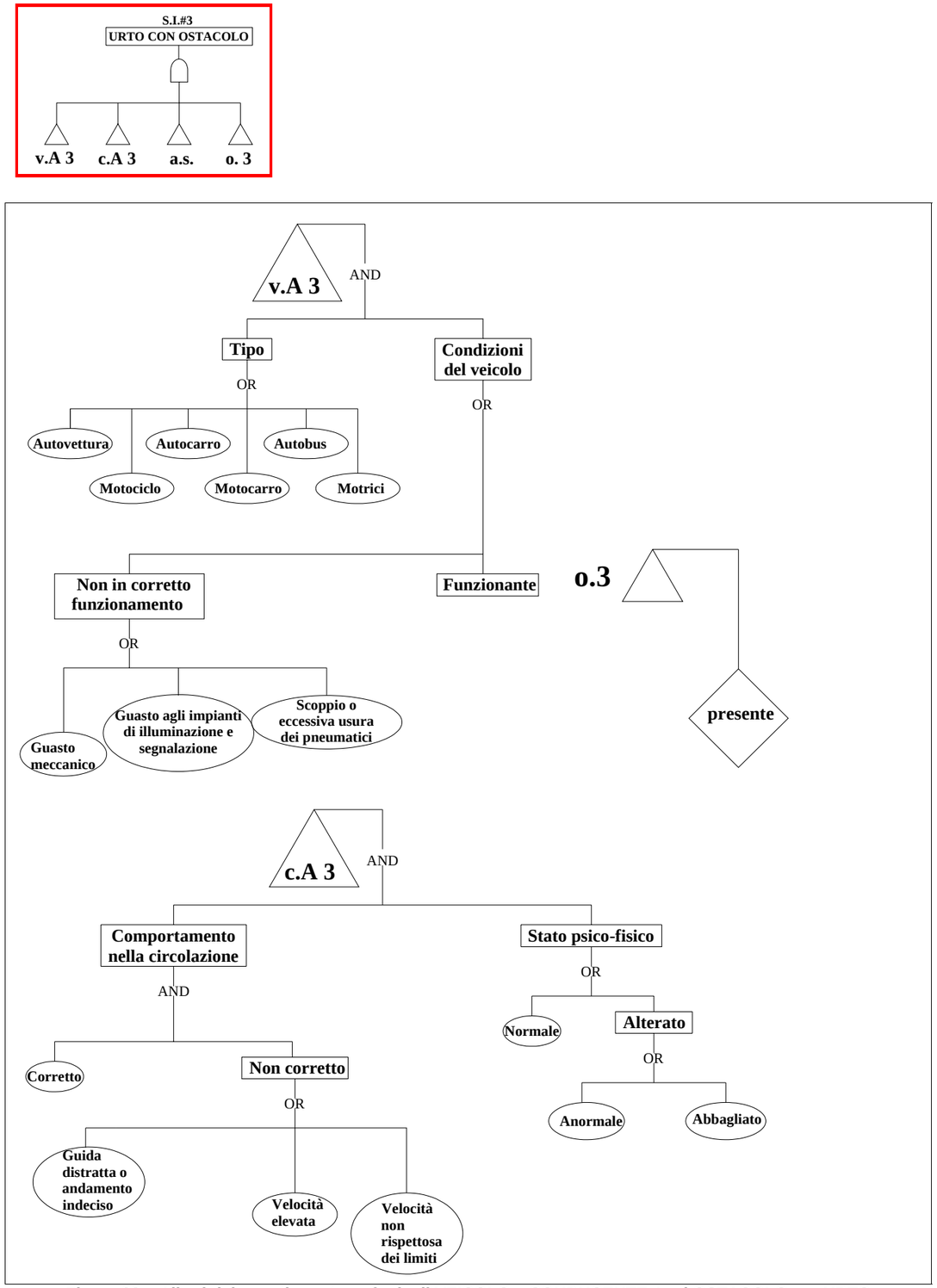
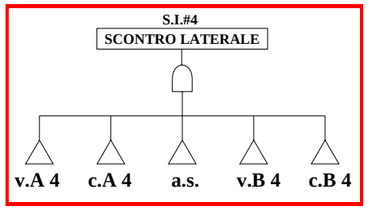


Figura 38 – Alberi dei guasti con *transfer in* di VEICOLO e CONDUCENTE A ed OSTACOLO per URTO



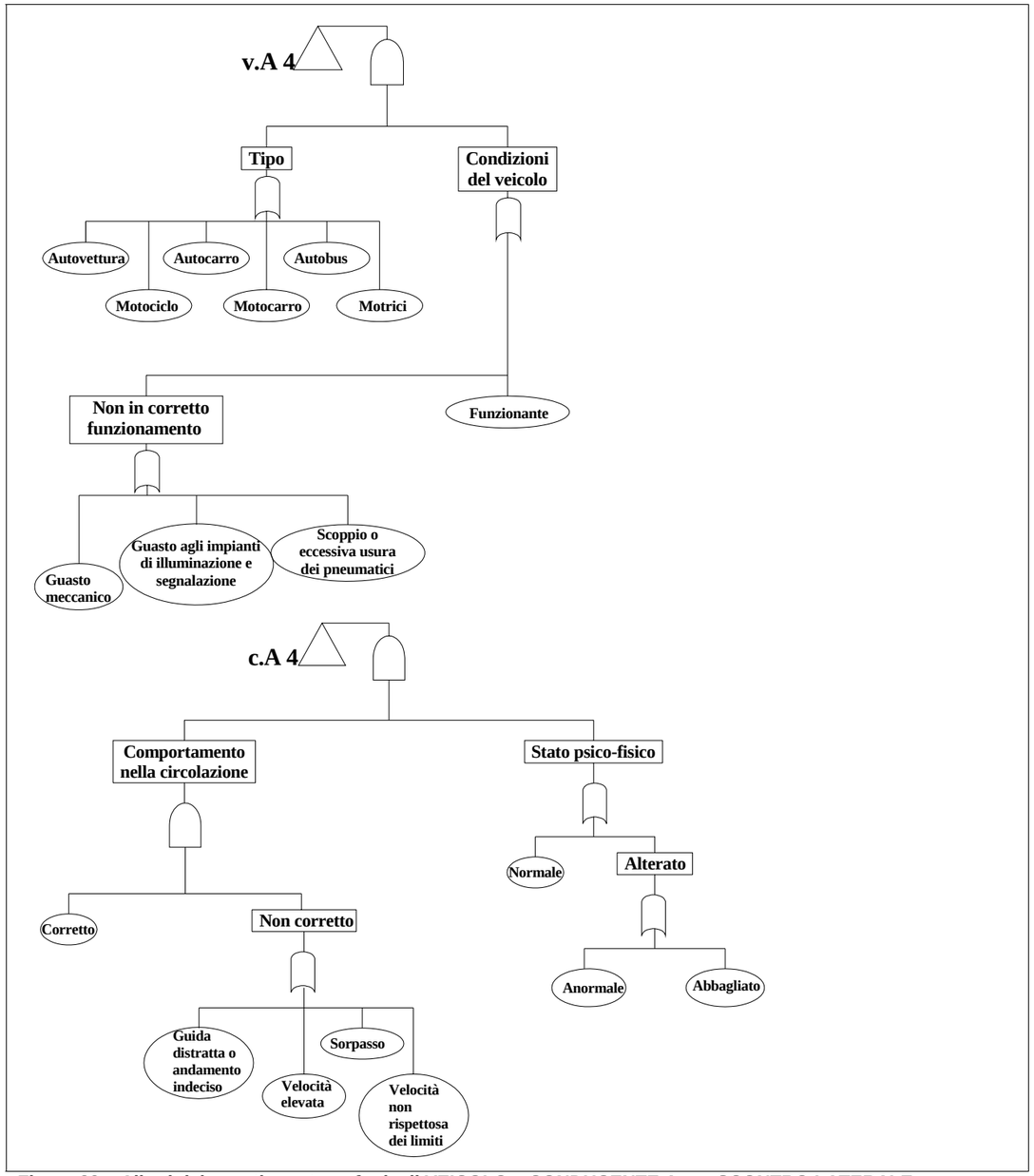


Figura 39 – Alberi dei guasti con *transfer in* di VEICOLO e CONDUCENTE A per SCONTRO LATERALE

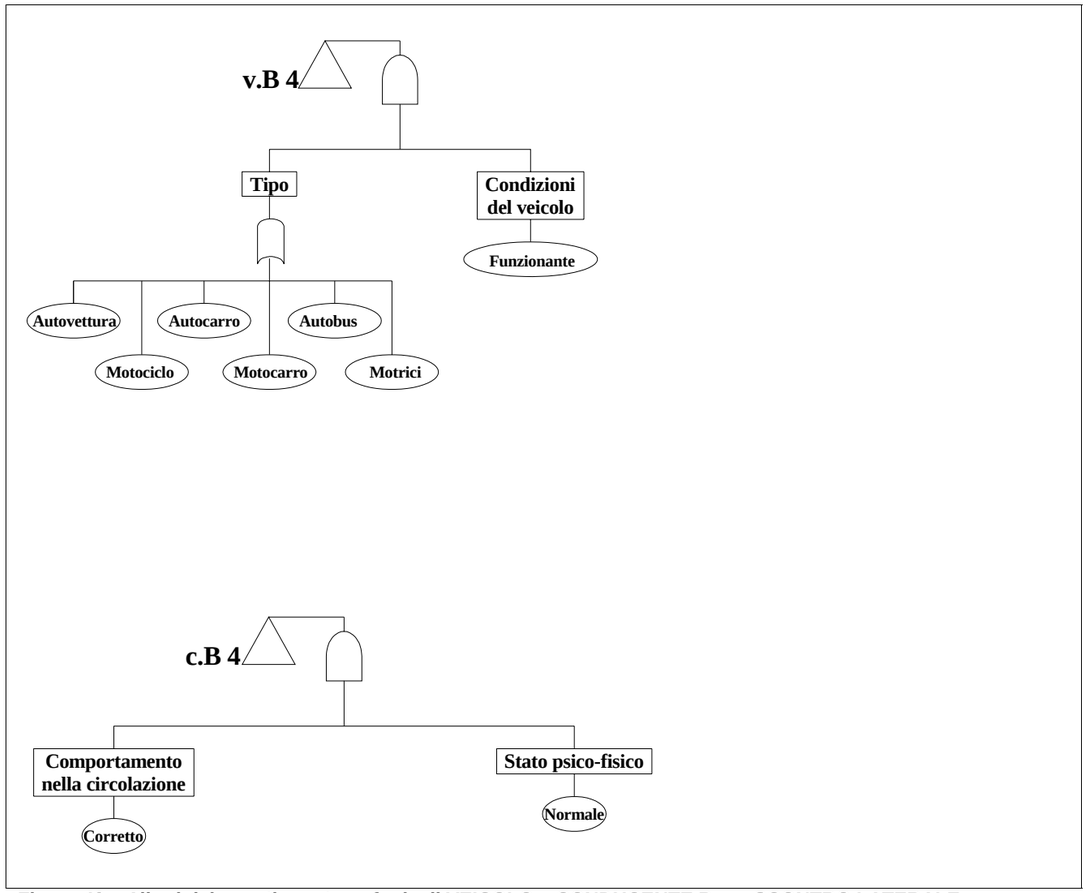
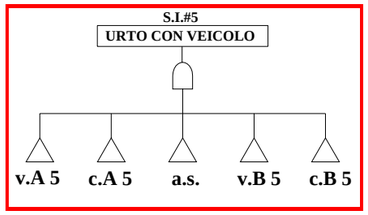


Figura 40 – Alberi dei guasti con *transfer in* di VEICOLO e CONDUCENTE B per SCONTRO LATERALE



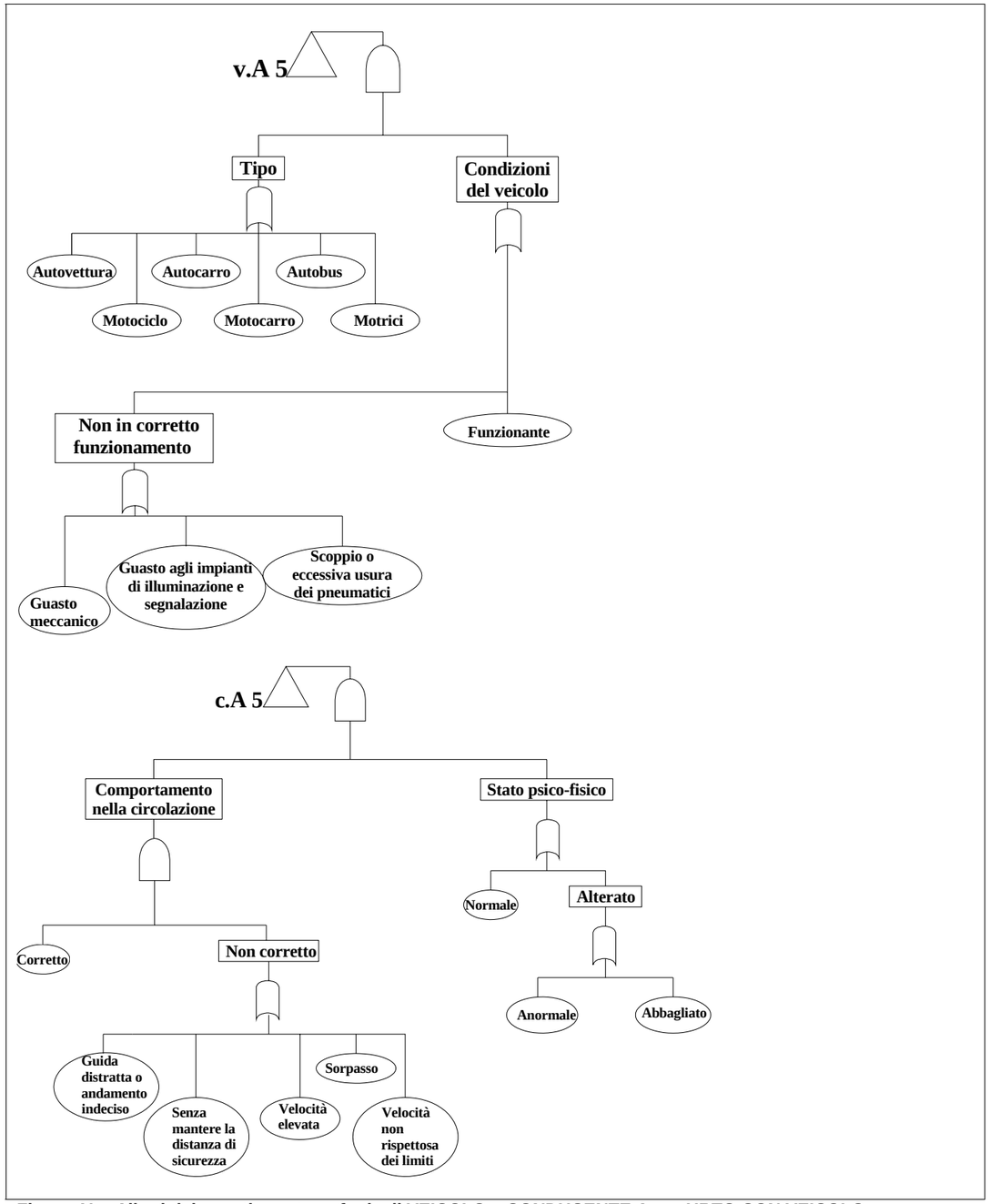


Figura 41 – Alberi dei guasti con *transfer in* di VEICOLO e CONDUCENTE A per URTO CON VEICOLO

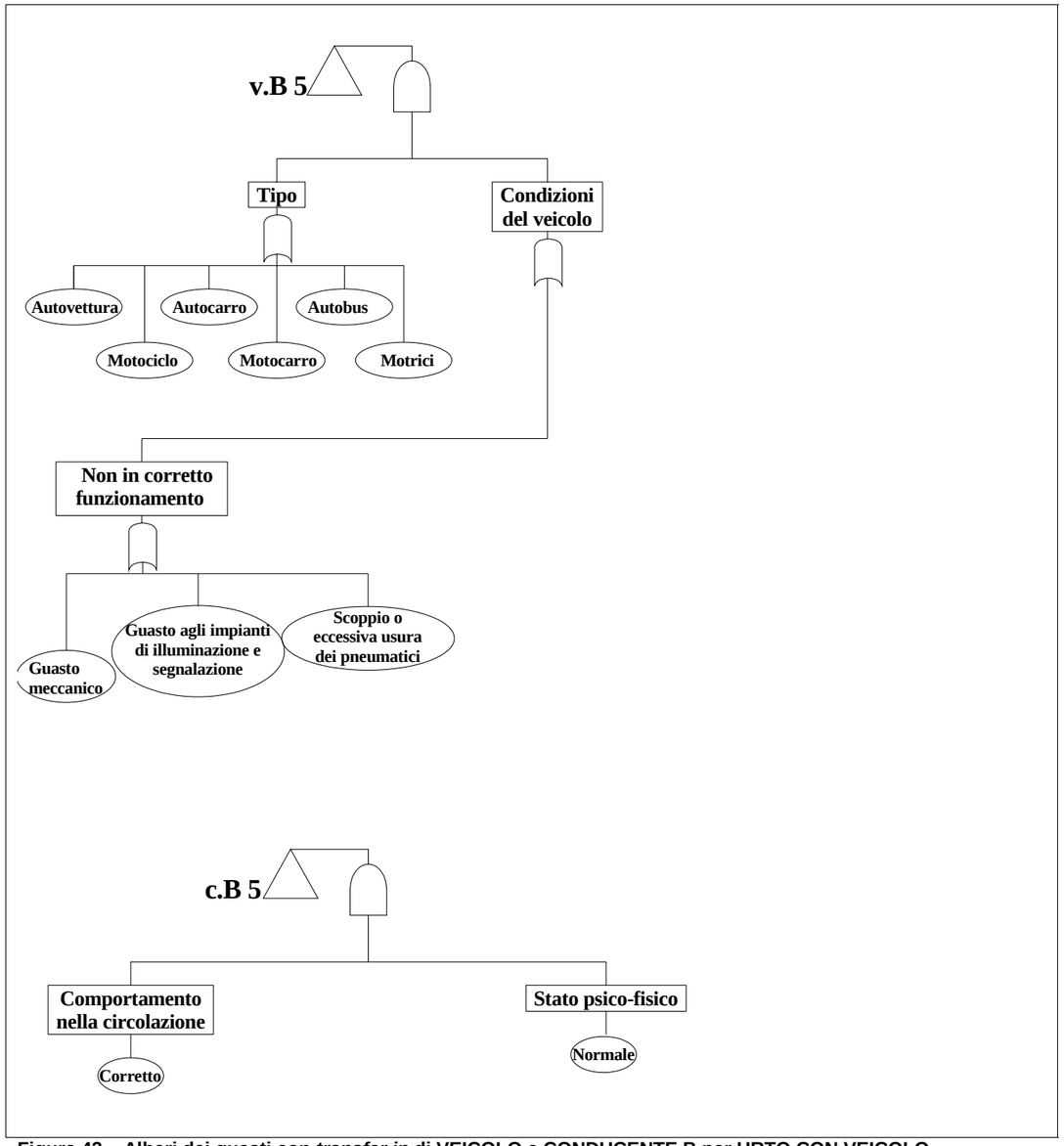


Figura 42 – Alberi dei guasti con *transfer in* di VEICOLO e CONDUCENTE B per URTO CON VEICOLO

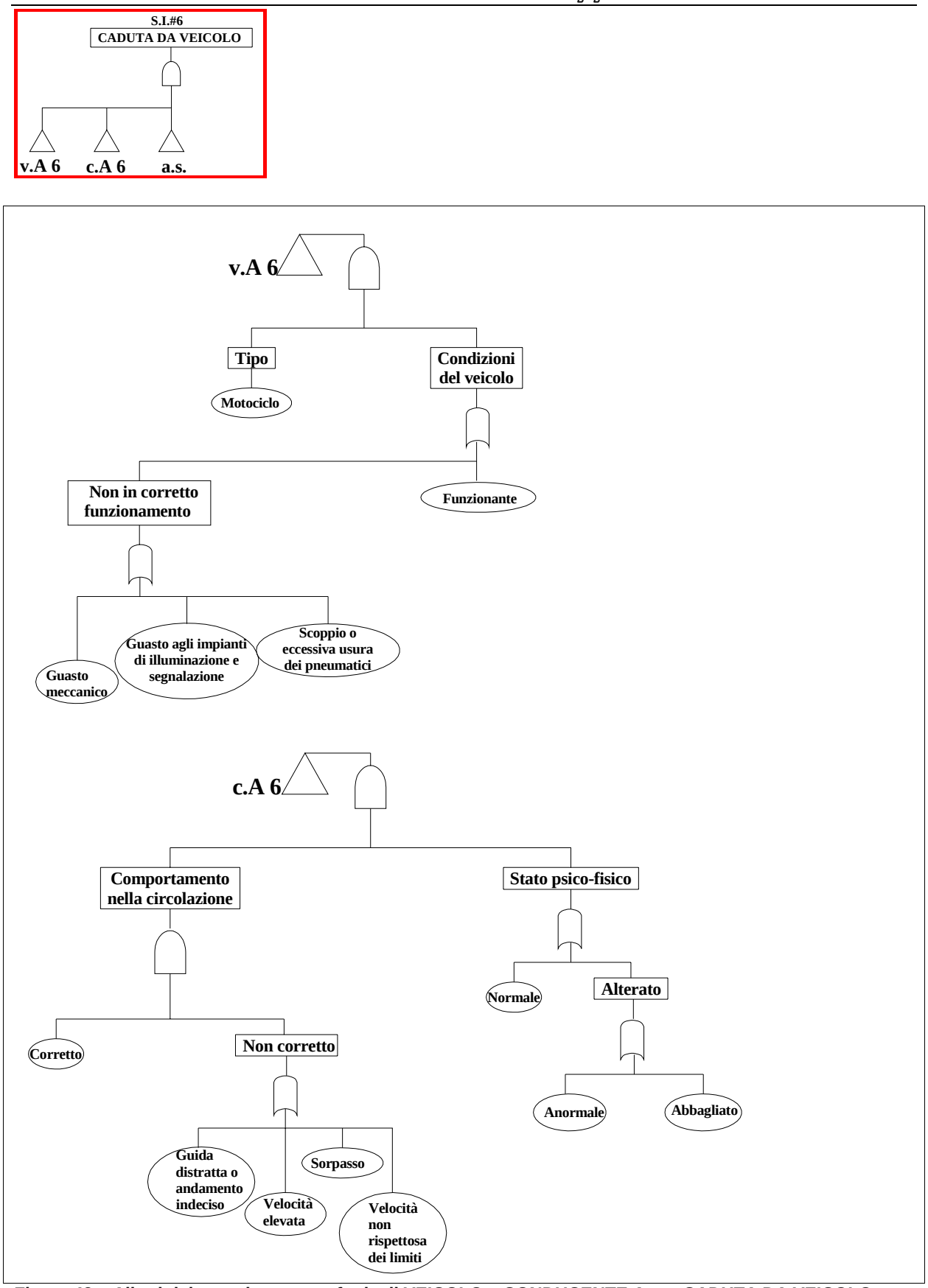


Figura 43 – Alberi dei guasti con *transfer in* di VEICOLO e CONDUCENTE A per CADUTA DA VEICOLO

5.2 Elaborazione dei dati

A tutti gli eventi base individuati (quale massima articolazione possibile della realtà) è stato possibile attribuire, sulla base delle fonti dei dati disponibili, una frequenza di accadimento.

Seguendo quanto già illustrato in precedenza (cfr. cap. 3) in termini di divisione in gruppi ed fonte dei dati, si riportano le seguenti tabelle:

Macrogruppo	**1**	UTENTI DELLA STRADA
Sottogruppo	**1.1**	Comportamento nella circolazione

Elaborazione su dati ISTAT (dal 1998 al 2004): *Incidenti e persone infortunate secondo la conseguenza, la categoria della strada e la circostanza accertata o presunta dell'incidente*.

	Anno	**2004**	**2003**	**2002**	**2001**	**2000**	**1999**	**1998**
	Numero totale di incidenti	13.997	14.842	14.761	13.696	13.396	14.147	13.836
si detrae il numero di incidenti per :	inconvenienti di circolazione concomitanti	4.321	5.514	7.131	5.070	917	3.295	1.333
	circostanze imprecisate	0	0	0	0	0	0	0
	altro	0	0	0	0	2.496	0	1.152
	Numero utile di incidenti	9.676	9.328	7.630	8.626	9.983	10.852	11.351

Tabella 9 – Determinazione del numero utile di incidenti ai fini dell'elaborazione.

		Anno	**2004**	**2003**	**2002**	**2001**	**2000**	**1999**	**1998**
		Numero utile di incidenti	**9.676**	**9.328**	**7.630**	**8.626**	**9.983**	**10.852**	**11.351**
di cui :	circostanze riferibili al comportamento del conducente	guida distratta o andamento indeciso	2.127	2.537	2.012	2.406	3.581	3.385	3.460
		senza mantenere la distanza di sicurezza	3.611	2.202	2.012	2.098	1.850	1.931	1.448
		sorpasso (veicolo in marcia, irregolarmente a destra, con insufficiente visibilità, veicolo che ne sorpassa un altro)	145	115	87	129	60	119	85
		velocità elevata	2.082	2.593	2.224	2.688	2.207	2.458	4.328
		velocità non rispettosa dei limiti	25	53	44	54	462	509	404
	circostanze riferibili a tutto il resto		1.223	1.070	738	826	1.077	2.018	1.286

Tabella 10 – Disarticolazione del numero utile di incidenti nelle circostanze incidentali d'interesse.

	frequenze annue delle circostanze							valore medio
	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	
guida distratta o andamento indeciso	0,252	0,307	0,292	0,308	0,402	0,383	0,344	0,327
senza mantenere la distanza di sicurezza	0,427	0,267	0,292	0,269	0,208	0,219	0,144	0,261
sorpasso (veicolo in marcia, irregolarmente a dx, con insufficiente visibilità, veicolo che ne sorpassa un altro)	0,017	0,014	0,013	0,017	0,007	0,013	0,008	0,013
velocità elevata	0,246	0,314	0,323	0,345	0,248	0,278	0,430	0,312
velocità non rispettosa dei limiti	0,003	0,006	0,006	0,007	0,052	0,058	0,040	0,025
altre circostanze	0,126	0,115	0,097	0,096	0,108	0,186	0,113	0,120

Tabella 11 – Valutazione delle frequenze delle circostanze incidentali d'interesse.

Macrogruppo 1 UTENTI DELLA STRADA
Sottogruppo 1.2 Stato psico-fisico

Elaborazione su dati ISTAT (dal 1998 al 2004): *Incidenti e persone infortunate secondo la conseguenza, la categoria della strada e la circostanza accertata o presunta dell'incidente*.

	Anno	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998
	Numero totale di incidenti	13.997	14.842	14.761	13.696	13.396	14.147	13.836
si detrae il numero di incidenti per :	inconvenienti di circolazione concomitanti	4.321	5.514	7.131	5.070	917	3.295	1.333
	circostanze imprecisate	0	0	0	0	0	0	0
	altro	0	0	0	0	2.496	0	1.152
	Numero utile di incidenti	9.676	9.328	7.630	8.626	9.983	10.852	11.351

Tabella 12 – Determinazione del numero utile di incidenti ai fini dell'elaborazione.

		Anno	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998
		Numero utile di incidenti	**9.676**	**9.328**	**7.630**	**8.626**	**9.983**	**10.852**	**11.351**
	circostanze riferibili allo stato psicofisico del conducente	abbagliato	0	0	0	0	2	0	1
		anormale (a causa di alcool, condizioni morbose, malore, sonno, sostanze stupefacenti)	30	13	11	11	578	557	637
di cui :									
	circostanze riferibili a tutto il resto		9.446	9.315	7.619	8.615	9.403	10.295	10.713

Tabella 13 – Disarticolazione del numero utile di incidenti nelle circostanze incidentali d'interesse.

	frequenze annue delle circostanze							valore medio
	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	
abbagliato	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,002	0,001
anormale (a causa di alcool, condizioni morbose, malore, sonno, sostanze stupefacenti)	1,000	1,000	1,000	1,000	0,997	1,000	0,998	0,999
altre circostanze	0,997	0,999	0,999	0,999	0,942	0,949	0,944	0,976

Tabella 14 – Valutazione delle frequenze delle circostanze incidentali d'interesse.

Macrogruppo 2 VEICOLO
Sottogruppo 2.1 Tipo di veicolo

Elaborazione su dati ACI (dal 1998 al 2004): *Statistiche automobilistiche: consistenza del parco veicolare suddiviso per categoria.*

Anni	Motocicli	Motocarri	Autovetture	Autobus	Autocarri	Motrici	Altro	Totale
1998	2.699.274	405.048	31.056.004	83.521	2.813.781	97.743	35.131.475	38.221.545
1999	2.975.651	399.440	32.038.291	85.762	2.925.842	106.726	36.405.844	39.627.179
2000	3.375.782	390.097	32.583.815	87.956	3.059.006	115.958	37.366.204	40.743.777
2001	3.732.306	382.149	33.239.029	89.858	3.200.175	124.149	38.395.082	41.936.627
2002	4.049.592	375.313	33.706.153	91.716	3.388.976	132.622	39.198.726	42.950.326
2003	4.375.947	370.751	34.310.446	92.701	3.543.604	139.402	40.145.005	44.078.935
2004	4.574.644	342.739	33.973.147	92.874	3.595.507	142.413	39.935.295	43.950.907

Tabella 15 – Parco veicolare.

Nel caso, in esame, della galleria a doppio fornice si tralascia la colonna di dati relativa ad *altre* categorie di veicoli non meglio esplicitate che non si ritiene possano avere accesso in un raccordo autostradale.

	Motocicli	Motocarri	Autovetture	Autobus	Autocarri	Motrici
frequenze	0,088	0,009	0,792	0,002	0,079	0,003

Tabella 16 – Valutazione delle frequenze.

Macrogruppo 2 VEICOLO
Sottogruppo 2.2 Condizione del veicolo

Elaborazione su dati ISTAT (dal 1998 al 2004): *Incidenti e persone infortunate secondo la conseguenza, la categoria della strada e la circostanza accertata o presunta dell'incidente*.

	Anno	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998
	Numero totale di incidenti	13.997	14.842	14.761	13.696	13.396	14.147	13.836
si detrae il numero di incidenti per :	inconvenienti di circolazione concomitanti	4.321	5.514	7.131	5.070	917	3.295	1.333
	circostanze imprecisate	0	0	0	0	0	0	0
	altro	0	0	0	0	2.496	0	1.152
	Numero utile di incidenti	9.676	9.328	7.630	8.626	9.983	10.852	11.351

Tabella 17 – Determinazione del numero utile di incidenti ai fini dell'elaborazione.

		Anno	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998
		Numero utile di incidenti	**9.676**	**9.328**	**7.630**	**8.626**	**9.983**	**10.852**	**11.351**
	circostanze riferibili al veicolo	scoppio o eccessiva usura dei pneumatici	8	8	12	12	265	247	380
		guasto meccanico (freni,sterzo, organi di agganciamento, ruota)	3	1	0	1	48	45	58
		guasto agli impianti (fari, lampeggianti..)	0	1	0	1	0	0	2
di cui :									
	circostanze riferibili a tutto il resto		9.665	9.318	7.618	8.612	9.670	10.560	10.911

Tabella 18 – Disarticolazione del numero utile di incidenti nelle circostanze incidentali d'interesse.

	frequenze annue delle circostanze							valore medio
	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	
scoppio o eccessiva usura dei pneumatici	0,727	0,182	1,000	0,857	0,847	0,846	0,864	0,760
guasto meccanico (freni,sterzo, organi di agganciamento, ruota)	0,273	0,023	0,000	0,071	0,153	0,154	0,132	0,115
guasto agli impianti (fari, lampeggianti..)	0,000	0,023	0,000	0,071	0,000	0,000	0,005	0,014
altre circostanze	0,999	0,999	0,998	0,998	0,969	0,973	0,961	0,985

Tabella 19 – Valutazione delle frequenze delle circostanze incidentali d'interesse.

Presenza di un ostacolo

Elaborazione su dati ISTAT (dal 1998 al 2004): *Incidenti e persone infortunate secondo la conseguenza, la categoria della strada e la circostanza accertata o presunta dell'incidente*.

anno	circostanze riferibile alla presenza di un ostacolo urtato (tutti i casi)	totale incidenti considerabili	frequenza
2004	321	9676	0,033
2003	224	9328	0,024
2002	168	7630	0,022
2001	286	8626	0,033
2000	0	9983	0,000
1999	0	10852	0,000
1998	0	11351	0,000
		valore medio	0,016

Tabella 20 – Valutazione delle frequenze per presenza di ostacolo

Macrogruppo 3 INFRASTRUTTURA
Sottogruppo 3.1 Aspetti funzionali

Elaborazione su dati ANAS: *Censimento delle gallerie nazionali in esercizio.*

Dall'analisi del censimento ANAS [38], si sono ricavate le informazioni utili per 88 gallerie a doppio fornice:

		numero delle gallerie		frequenza
		(n) con dato	senza dato	n/88
T.G.M.	>2000veic./corsia	86	2	0,977
	<=2000veic./corsia	0		0,000
t.p.	>15%	10	43	0,114
	5<=tp<15	33		0,375
	<5%	2		0,023

Tabella 21 – Valutazione delle frequenze per gli aspetti funzionali

Macrogruppo 3 INFRASTRUTTURA
Sottogruppo 3.2 Aspetti geometrici

Elaborazione su dati ANAS: *Censimento delle gallerie nazionali in esercizio.*

Dall'analisi del censimento ANAS [38], si sono ricavate le informazioni utili per 88 gallerie a doppio fornice:

			numero delle gallerie		frequenza
			(n) con dato	senza dato	n/88
sezione trasversale	L<=12,50m		48	39	0,545
	L>12,50m		1		0,011
superficie utile	S>52,76mq		16	65	0,182
	S<=52,76mq		7		0,080
sviluppo planimetrico-ingresso	rettilineo		79		0,898
	con curve	R>339m	7		0,080
		R<=339m	2		0,023
sviluppo planimetrico-interno	rettilineo		75		0,852
	con curve	R>339m	12		0,136
		R<=339m	1		0,011
sviluppo planimetrico-uscita	rettilineo		74		0,841
	con curve	R>339m	11		0,125
		R<=339m	3		0,034
sviluppo altimetrico-ingresso	i>|4%|		0	86	0,000
	i<=|4%|		2		0,023
sviluppo altimetrico-interno	i>|4%|		0	80	0,000
	i<=|4%|		8		0,091
sviluppo altimetrico-uscita	i>|4%|		1	84	0,011
	i<=|4%|		3		0,034

Tabella 22 – Valutazione delle frequenze per gli aspetti geometrici

Macrogruppo 4 ESERCIZIO
Sottogruppo 4.1 Illuminazione

Elaborazione su dati ANAS: *Censimento delle gallerie nazionali in esercizio.*

Dall'analisi del censimento ANAS [38], si sono ricavate le informazioni utili per 88 gallerie a doppio fornice:

		gallerie		frequenza
		(n) con dato	senza dato	n/88
impianto assente		26		0,295
impianto di tipo continuo	assiale	33		0,375
	laterale	29		0,330

tratto di rinforzo	presente	40		0,455
	assente	48		0,545

Tabella 23 – Valutazione delle frequenze per impianto di illuminazione

Macrogruppo	**4**	ESERCIZIO
Sottogruppo	**4.2**	Ventilazione

Elaborazione su dati ANAS: *Censimento delle gallerie nazionali in esercizio.*

Dall'analisi del censimento ANAS [38], si sono ricavate le informazioni utili per 88 gallerie a doppio fornice:

		gallerie		frequenza
		(n) con dato	senza dato	n/88
ventilazione naturale		13		0,148
presenza di impianto	trasversale	0	54	0,000
	longitudinale	21		0,239
	misto	0		0,000

Tabella 24 – Valutazione delle frequenze per impianto di ventilazione

Macrogruppo	**4**	ESERCIZIO
Sottogruppo	**4.3**	Antincendio

Elaborazione su dati ANAS: *Censimento delle gallerie nazionali in esercizio.*

Dall'analisi del censimento ANAS [38], si sono ricavate le informazioni utili per 88 gallerie a doppio fornice:

	gallerie		frequenza
	(n) con dato	senza dato	n/88
estrazione fumi	13		0,148
vie di fuga	13		0,148
semafori	15		0,170

Tabella 25 – Valutazione delle frequenze per impianto antincendio

5.3 Risultato dell'applicazione

A tutti gli eventi base individuati (quale massima disarticolazione possibile della realtà) è stato possibile attribuire, sulla base dei dati disponibili, una frequenza di accadimento. Risalendo gli alberi dei guasti quindi, attraverso l'unione e/o l'intersezione di tali iniziali frequenze, si sono determinate le frequenze attribuibili agli elementi rappresentativi delle *transfer gates* e di conseguenza alla singola sequenza incidentale.

	Frequenze delle transfer gates						
	v.A	*c.A*	*a.s.*	*v.B*	*c.B*	*o.*	*f(S.I.#i)*
S.I. # 1	1,837	2,662	1,20E-05	0,965	0,398	-	2,26E-06
S.I. # 2	1,837	2,119	1,20E-05	-	-	-	4,69E-06
S.I. # 3	1,837	2,119	1,20E-05	-	-	0,016	7,50E-08
S.I. # 4	1,837	2,145	1,20E-05	0,965	0,398	-	1,82E-06
S.I. # 5	1,837	2,662	1,20E-05	0,871	0,398	-	2,04E-06
S.I. # 6	0,165	2,145	1,20E-05	-	-	-	4,26E-07
	F(incidente in galleria a doppio fornice)						***1,13E-05***

Tabella 26 – Valutazione delle frequenze delle sequenze incidentali

Le frequenze f(S.I.#i) sono il prodotto delle frequenze degli elementi appartenenti alla singola sequenza incidentale, ricavati dagli alberi dei guasti, essendo legati da una porta di tipo AND.

La frequenza F dell'evento incidente in galleria a doppio fornice, infine, è determinata attraverso l'espressione che segue, rappresentativa anche del rapporto tra sequenze:

$$F = \sum_{1}^{6} f(S.I._i) = \sum_{1}^{6} f_i =$$
$$= f_1 + f_2(1-f_1) + f_3(1-f_1)(1-f_2) + f_4(1-f_1)(1-f_2)(1-f_3) + f_5(1-f_1)(1-f_2)(1-f_3)(1-f_4) +$$
$$+ f_6(1-f_1)(1-f_2)(1-f_3)(1-f_4)(1-f_5)$$

Determinata, quindi, la frequenza di accadimento dell'evento incidente in galleria a doppio fornice si procede alla determinazione della magnitudo delle conseguenze che tale evento (nell'intervallo di tempo in oggetto) ha comportato nella galleria Montepergola. Dai dati d'incidentalità rilevati, si è valutato un rapporto di lesività standardizzato (già indicato in precedenza) che porta alla seguente determinazione del rischio associato all'evento:

Galleria Montepergola					
Incidenti	Morti	Feriti	Lesività std	Frequenza	***Indice di rischio***
52	0	49	942	1,13E-05	***0,01***

Tabella 27 – Valutazione dell'indice di rischio per la galleria a doppio fornice

6. Il caso di studio: la galleria di Salza Irpina

6.1 Costruzione degli alberi

Nel caso della galleria *di Salza Irpina*, l'albero degli eventi parte dal top event incidente in galleria e rappresenta il rischio per un utente espresso come funzione delle seguenti tipologie alternative di incidenti verificatesi, nell'intervallo temporale 1998-2004:

1) Scontro frontale;

2) Scontro fronto-laterale

3) Tamponamento.

Ognuna di queste nature incidentali alternative da vita ad una sequenza incidentale S.I.#i rappresentata da 3 dei 4 rami dell'albero degli eventi, costituendo il quarto la possibilità di non accadimento di alcun incidente. La frequenza di accadimento f(S.I.#i), quindi, è correttamente determinabile con la costruzione di 3 alberi dei guasti.

Si riportano, nelle seguenti figure 43 e 44, l'albero degli eventi ed i conseguenti alberi dei guasti tenendo presente che la legenda delle transfer gates utilizzate è la stessa del caso già illustrato della galleria di Montepergola.

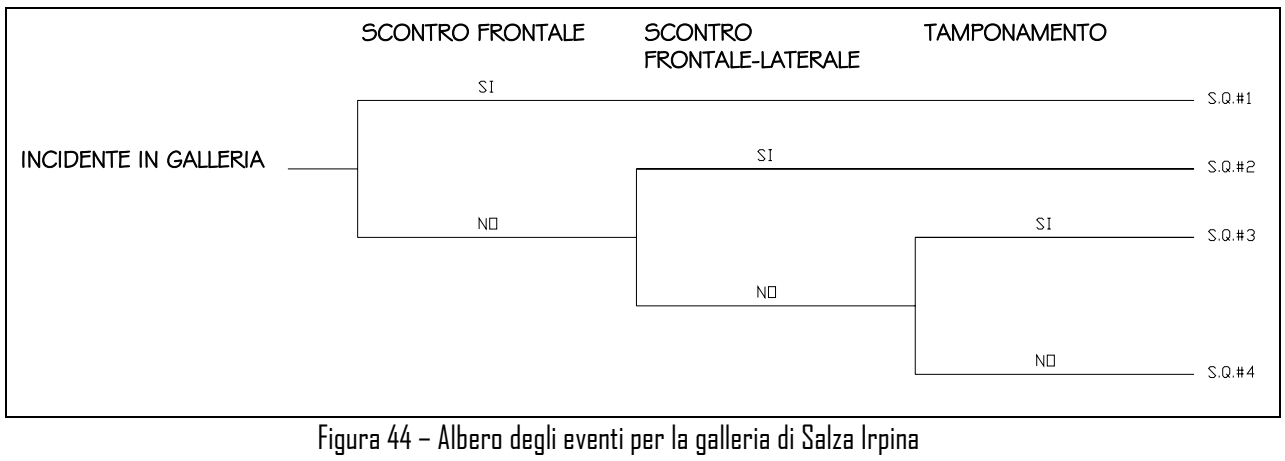


Figura 44 – Albero degli eventi per la galleria di Salza Irpina

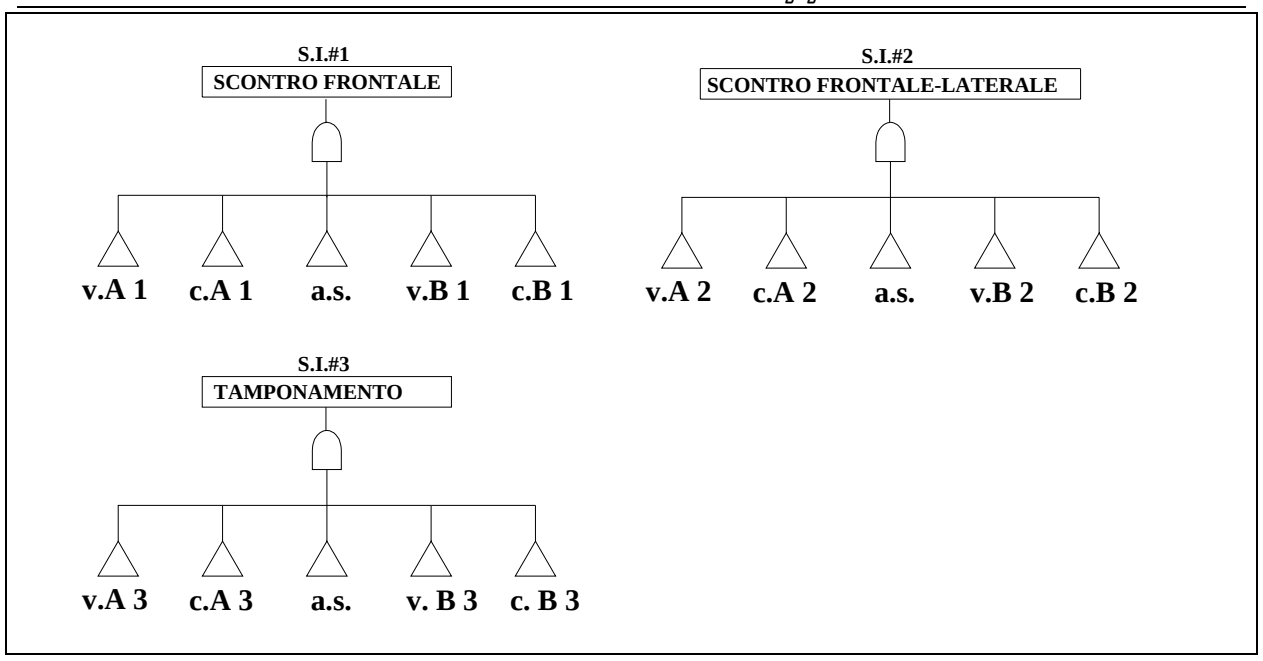


Figura 45 – Alberi dei guasti con *transfer out*

I 3 alberi dei guasti, riportati sinteticamente con l'ausilio delle transfer gates, si articolano, come in precedenza, in maniera più o meno varia a seconda della natura incidentale considerata. Si precisa, ancora, che l'articolazione dell'ambiente stradale è sempre unica per tutte le nature incidentali e, quindi, viene riportata un'unica volta nell'illustrazione del SCONTRO FRONTALE.

Un'ulteriore precisazione da fare riguarda l'articolazione degli alberi dei guasti per scontro frontale e scontro fronto-laterale: si riporta, infatti, un'unica articolazione in quanto le due nature incidentali si possono considerare dinamicamente simili, cambiando, in realtà, solo il punto preciso d'impatto tra i veicoli.

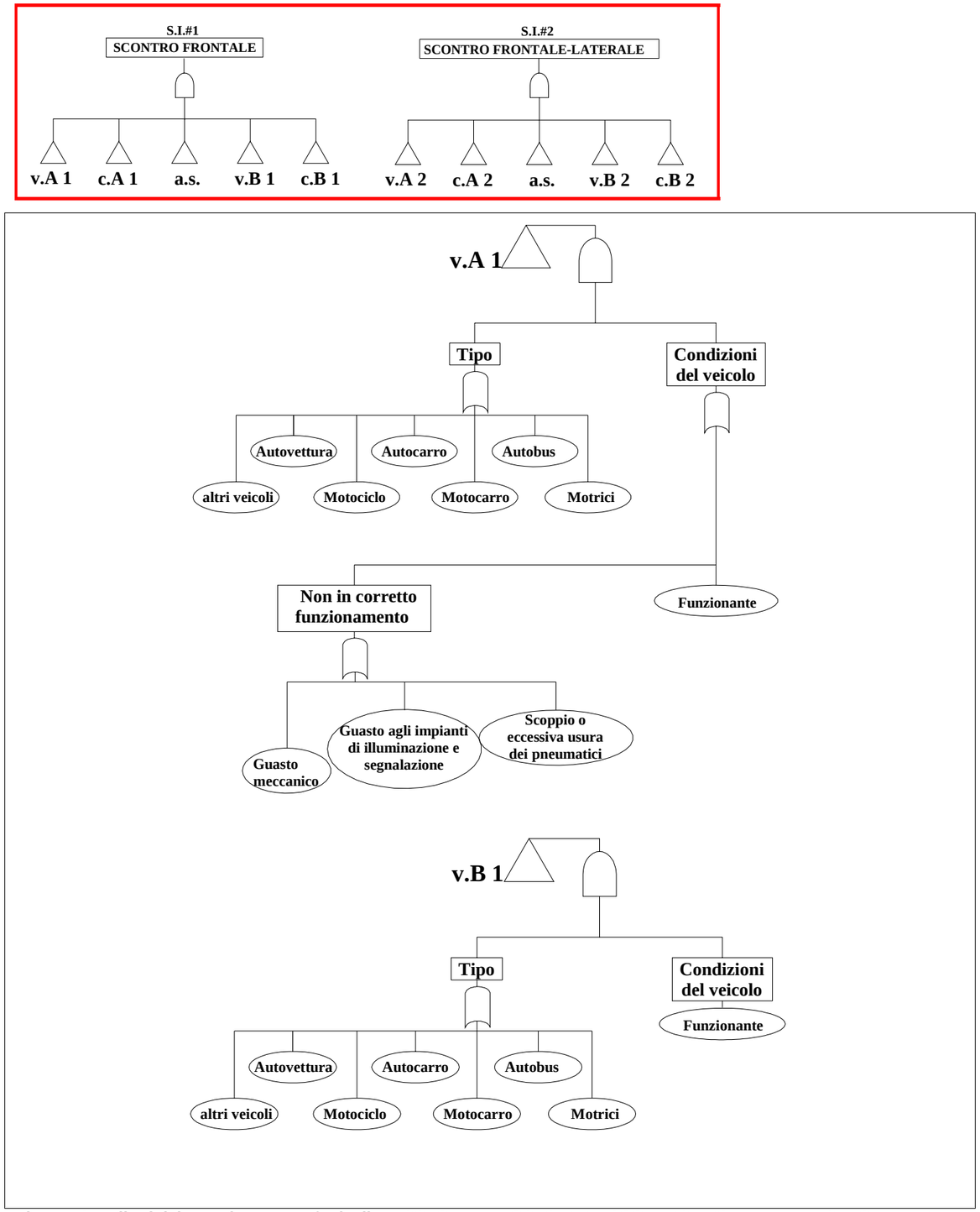


Figura 46 – Alberi dei guasti con *transfer in* di VEICOLO A e VEICOLO B Per SCONTRO FRONTALE e FRONTO-LATERALE

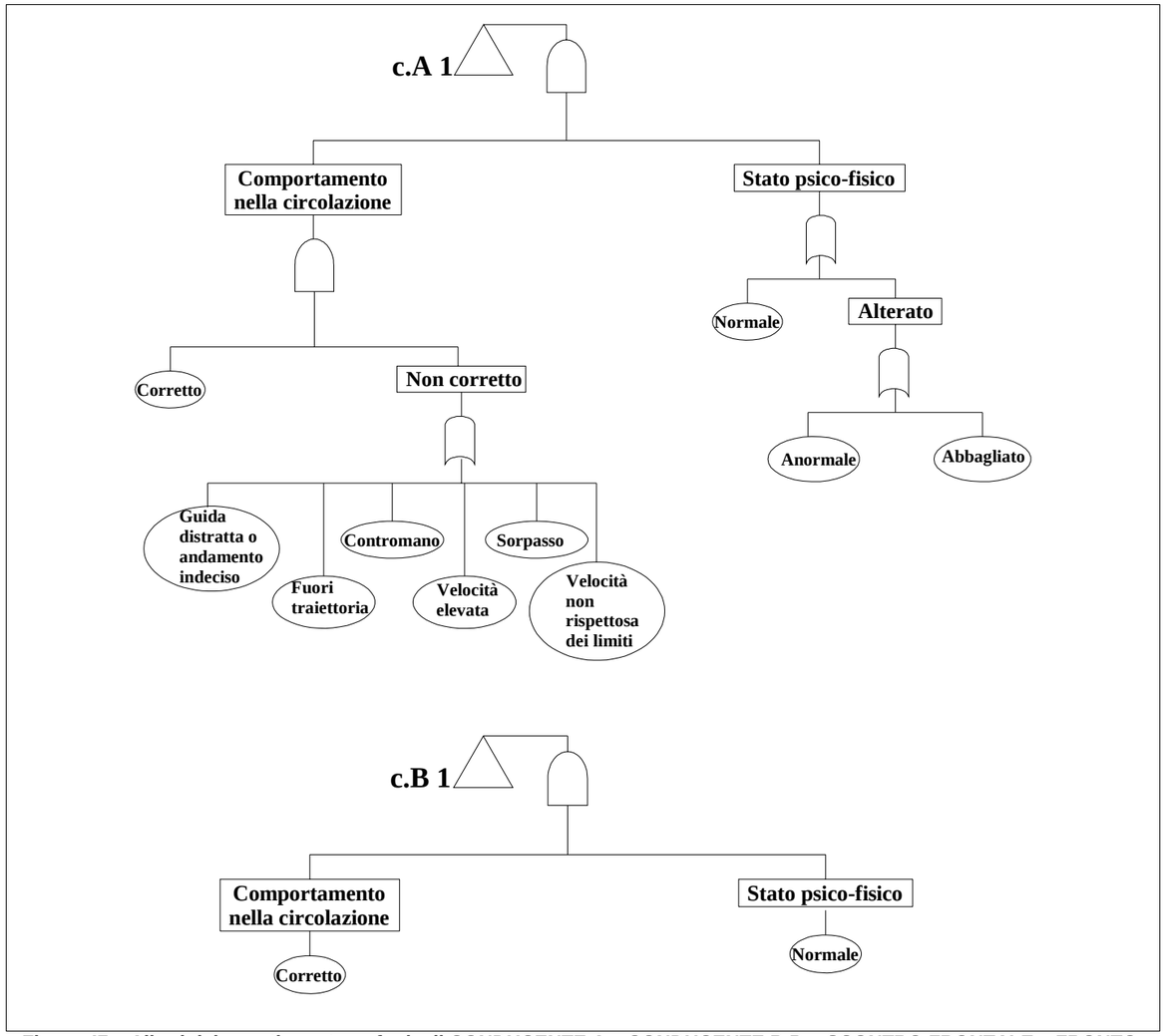


Figura 47 – Alberi dei guasti con *transfer in* di CONDUCENTE A e CONDUCENTE B Per SCONTRO FRONTALE e FRONTO-LATERALE

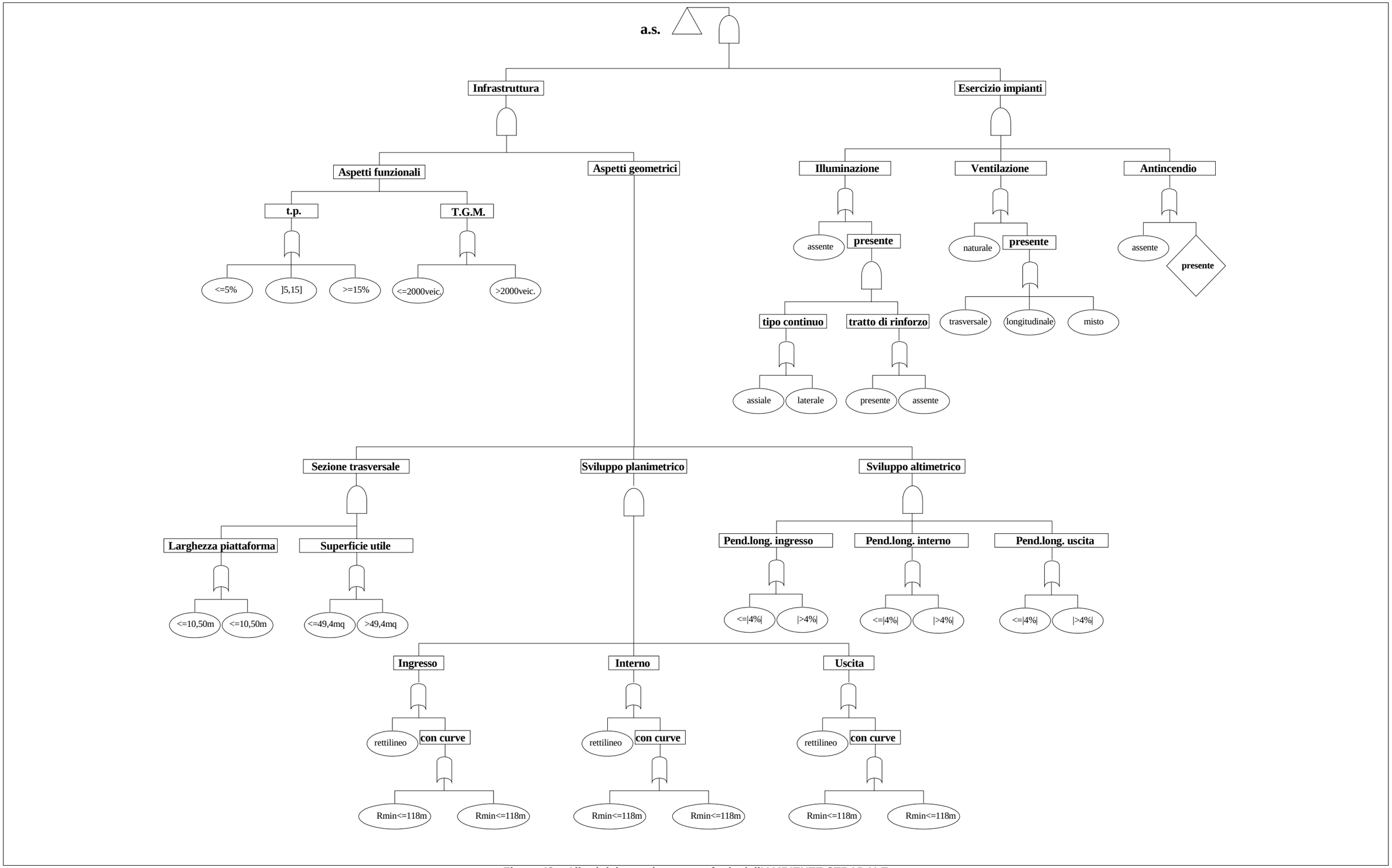
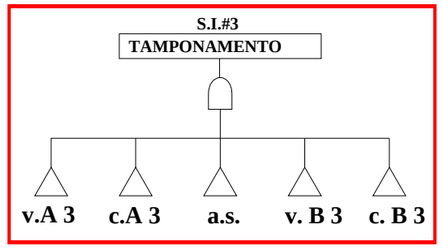


Figura 48 – Alberi dei guasti con *transfer in* dell'AMBIENTE STRADALE



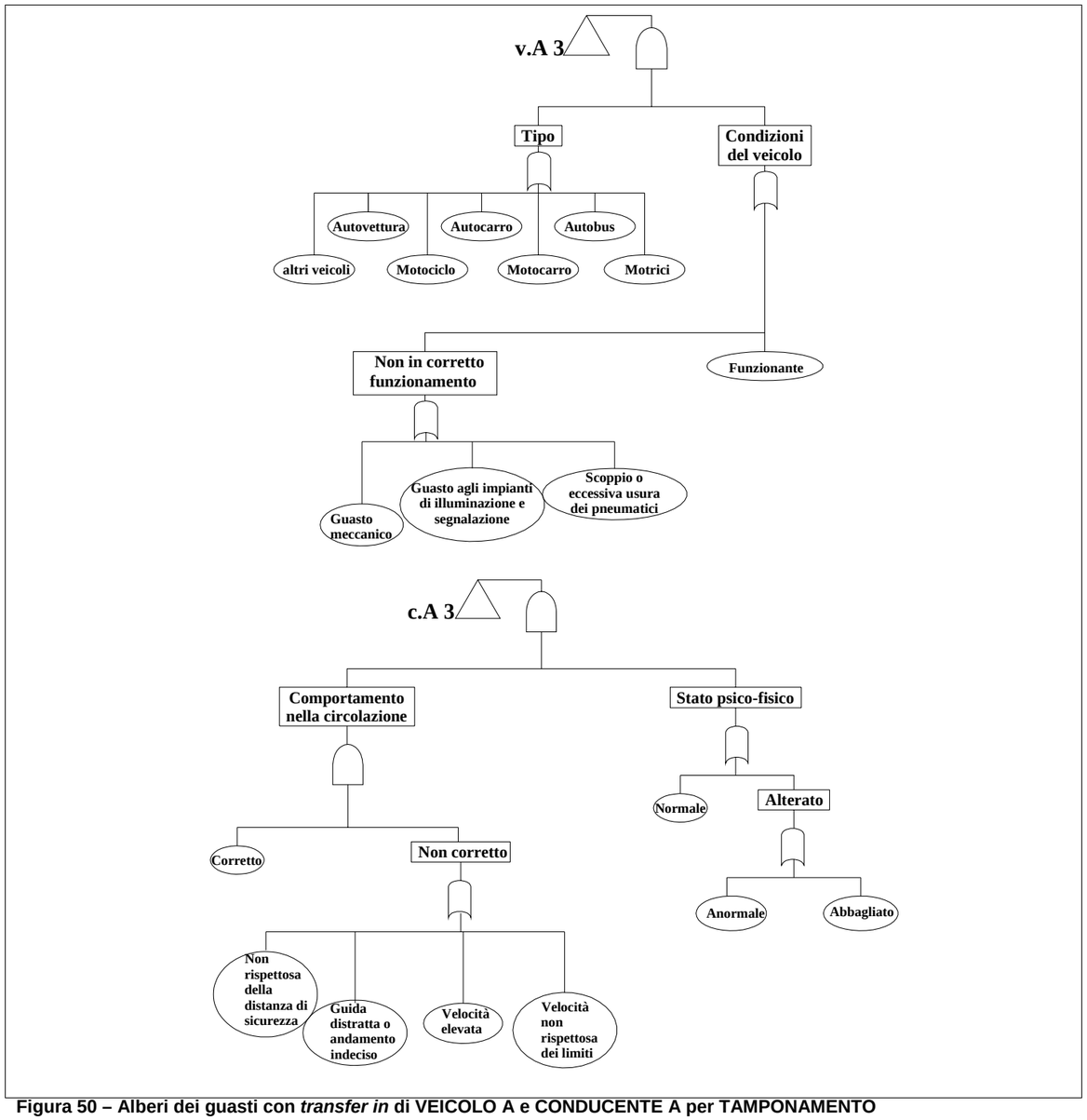


Figura 50 – Alberi dei guasti con *transfer in* di VEICOLO A e CONDUCENTE A per TAMPONAMENTO

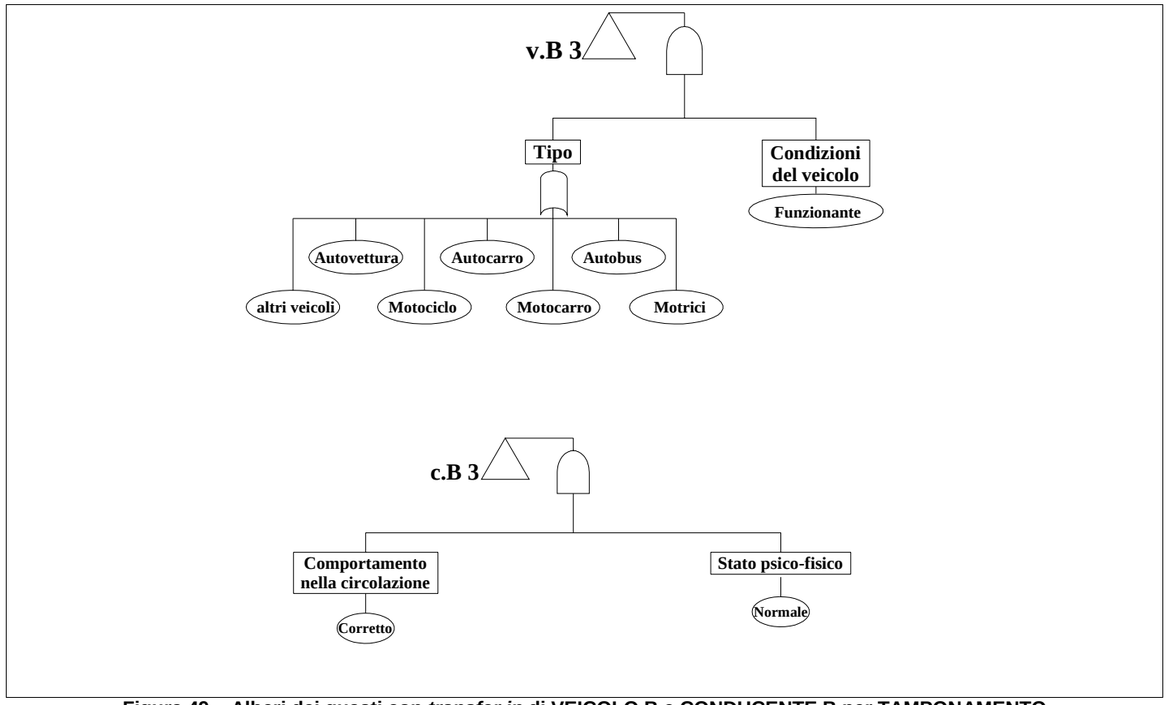


Figura 49 – Alberi dei guasti con *transfer in* di VEICOLO B e CONDUCENTE B per TAMPONAMENTO

6.2 Elaborazione dei dati

A tutti gli eventi base individuati, è stato possibile attribuire, anche in questo caso e sulla base delle fonti dei dati disponibili, una frequenza di accadimento.

Si riportano, per tanto, le seguenti tabelle:

Macrogruppo	**1**	UTENTI DELLA STRADA
Sottogruppo	**1.1**	Comportamento nella circolazione

Elaborazione su dati ISTAT (dal 1998 al 2004): *Incidenti e persone infortunate secondo la conseguenza, la categoria della strada e la circostanza accertata o presunta dell'incidente*.

	Anno	**2004**	**2003**	**2002**	**2001**	**2000**	**1999**	**1998**
	Numero totale di incidenti	18.109	21.366	25.598	21.366	19.659	19.690	18.683
si detrae il numero di incidenti per :	inconvenienti di circolazione concomitanti	6.182	7.295	10.356	7.295	2.258	2.476	2.985
	circostanze imprecisate	0	0	0	0	2.046	2.493	892
	altro	0	0	0	0	0	0	0
	Numero utile di incidenti	11.927	14.071	15.242	14.071	15.355	14.721	14.806

Tabella 28 – Determinazione del numero utile di incidenti ai fini dell'elaborazione.

		Anno	**2004**	**2003**	**2002**	**2001**	**2000**	**1999**	**1998**
		Numero utile di incidenti	**11.927**	**14.071**	**15.242**	**14.071**	**15.355**	**14.721**	**14.806**
di cui :	circostanze riferibili al comportamento del conducente	guida distratta o andamento indeciso	1.822	2.447	2.344	2.608	4.043	3.512	3.047
		fuori traiettoria (non in prossimità del margine destro)	156	198	208	200	239	331	290
		contromano	115	146	159	158	136	112	111
		sorpasso (veicolo in marcia, irregolarmente a destra, con insufficiente visibilità, veicolo che ne sorpassa un altro)	214	254	282	262	237	281	277
		velocità elevata	2.148	2.799	3.218	2.988	3.092	3.461	4.377
		velocità non rispettosa dei limiti	154	160	182	135	418	301	220
	circostanze riferibili a tutto il resto		1.412	1.387	1.487	791	1.174	1.014	1.034

Tabella 29 – Disarticolazione del numero utile di incidenti nelle circostanze incidentali d'interesse.

	frequenze annue delle circostanze							valore medio
	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	
guida distratta o andamento indeciso	0,173	0,193	0,170	0,196	0,285	0,256	0,221	0,213
fuori traiettoria (non in prossimità del margine destro)	0,015	0,016	0,015	0,015	0,017	0,024	0,021	0,018
contromano	0,011	0,012	0,012	0,012	0,010	0,008	0,008	0,010
sorpasso (veicolo in marcia, irregolarmente a destra, con insufficiente visibilità, veicolo che ne sorpassa un altro)	0,020	0,020	0,021	0,020	0,017	0,021	0,020	0,020
velocità elevata	0,204	0,221	0,234	0,225	0,218	0,252	0,318	0,239
velocità non rispettosa dei limiti	0,015	0,013	0,013	0,010	0,029	0,022	0,016	0,017
altre circostanze	0,118	0,099	0,098	0,056	0,076	0,069	0,070	0,084

Tabella 30 – Valutazione delle frequenze delle circostanze incidentali d'interesse.

Macrogruppo 1 UTENTI DELLA STRADA
Sottogruppo 1.2 Stato psico-fisico

Elaborazione su dati ISTAT (dal 1998 al 2004): *Incidenti e persone infortunate secondo la conseguenza, la categoria della strada e la circostanza accertata o presunta dell'incidente*.

	Anno	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998
	Numero totale di incidenti	18.109	21.366	25.598	21.366	19.659	19.690	18.683
si detrae il numero di incidenti per :	inconvenienti di circolazione concomitanti	6.182	7.295	10.356	7.295	2.258	2.476	2.985
	circostanze imprecisate	0	0	0	0	2.046	2.493	892
	altro	0	0	0	0	0	0	0
	Numero utile di incidenti	11.927	14.071	15.242	14.071	15.355	14.721	14.806

Tabella 31 – Determinazione del numero utile di incidenti ai fini dell'elaborazione.

		Anno	**2004**	**2003**	**2002**	**2001**	**2000**	**1999**	**1998**
		Numero utile di incidenti	**11.927**	**14.071**	**15.242**	**14.071**	**15.355**	**14.721**	**14.806**
di cui :	circostanze riferibili allo stato psicofisico del conducente	abbagliato	5	7	4	4	7	10	8
		anormale (a causa di alcool, condizioni morbose, malore, sonno, sostanze stupefacenti)	279	375	323	345	795	682	662
	circostanze riferibili a tutto il resto		11.634	13.687	14.915	13.721	14.552	14.029	14.136

Tabella 32 – Disarticolazione del numero utile di incidenti nelle circostanze incidentali d'interesse.

	frequenze annue delle circostanze							valore medio
	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	
abbagliato	0,017	0,018	0,012	0,011	0,009	0,014	0,012	0,013
anormale (a causa di alcool, condizioni morbose, malore, sonno, sostanze stupefacenti)	0,952	0,977	0,988	0,986	0,990	0,986	0,988	0,981
altre circostanze	0,975	0,973	0,979	0,975	0,948	0,953	0,955	0,965

Tabella 33 – Valutazione delle frequenze delle circostanze incidentali d'interesse.

Macrogruppo	**2**	VEICOLO
Sottogruppo	**2.1**	Tipo di veicolo

Elaborazione su dati ACI (dal 1998 al 2004): *Statistiche automobilistiche: consistenza del parco veicolare suddiviso per categoria.*

Anni	Motocicli	Motocarri	Autovetture	Autobus	Autocarri	Motrici	Altro	Totale
1998	2.699.274	405.048	31.056.004	83.521	2.813.781	97.743	35.131.475	38.221.545
1999	2.975.651	399.440	32.038.291	85.762	2.925.842	106.726	36.405.844	39.627.179
2000	3.375.782	390.097	32.583.815	87.956	3.059.006	115.958	37.366.204	40.743.777
2001	3.732.306	382.149	33.239.029	89.858	3.200.175	124.149	38.395.082	41.936.627
2002	4.049.592	375.313	33.706.153	91.716	3.388.976	132.622	39.198.726	42.950.326
2003	4.375.947	370.751	34.310.446	92.701	3.543.604	139.402	40.145.005	44.078.935
2004	4.574.644	342.739	33.973.147	92.874	3.595.507	142.413	39.935.295	43.950.907

Tabella 34 – Parco veicolare.

	Motocicli	Motocarri	Autovetture	Autobus	Autocarri	Motrici	Altro
frequenze	0,088	0,009	0,792	0,002	0,079	0,003	0,020

Tabella 35 – Valutazione delle frequenze.

Macrogruppo	**2**	VEICOLO
Sottogruppo	**2.2**	Condizione del veicolo

Elaborazione su dati ISTAT (dal 1998 al 2004): *Incidenti e persone infortunate secondo la conseguenza, la categoria della strada e la circostanza accertata o presunta dell'incidente.*

	Anno	**2004**	**2003**	**2002**	**2001**	**2000**	**1999**	**1998**
	Numero totale di incidenti	18.109	21.366	25.598	21.366	19.659	19.690	18.683
si detrae il numero di incidenti per :	inconvenienti di circolazione concomitanti	6.182	7.295	10.356	7.295	2.258	2.476	2.985
	circostanze imprecisate	0	0	0	0	2.046	2.493	892
	altro	0	0	0	0	0	0	0
	Numero utile di incidenti	11.927	14.071	15.242	14.071	15.355	14.721	14.806

Tabella 36 – Determinazione del numero utile di incidenti ai fini dell'elaborazione.

		Anno	**2004**	**2003**	**2002**	**2001**	**2000**	**1999**	**1998**
		Numero utile di incidenti	**11.927**	**14.071**	**15.242**	**14.071**	**15.355**	**14.721**	**14.806**
		scoppio o eccessiva usura dei pneumatici	18	20	23	20	53	53	62
	circostanze riferibili al veicolo	guasto meccanico (freni,sterzo, organi di agganciamento, ruota)	17	20	20	20	42	27	38
		guasto agli impianti (fari, lampeggianti..)	3	3	5	3	0	5	10
di cui :									
	circostanze riferibili a tutto il resto		11.888	14.027	15.193	14.027	14.783	14.633	14.695

Tabella 37 – Disarticolazione del numero utile di incidenti nelle circostanze incidentali d'interesse.

	frequenze annue delle circostanze							**valore medio**
	2004	**2003**	**2002**	**2001**	**2000**	**1999**	**1998**	
scoppio o eccessiva usura dei pneumatici	0,462	0,455	0,469	0,455	0,093	0,602	0,559	0,442
guasto meccanico (freni,sterzo, organi di agganciamento, ruota)	0,436	0,455	0,408	0,455	0,073	0,307	0,342	0,354
guasto agli impianti (fari, lampeggianti..)	0,077	0,068	0,102	0,068	0,000	0,057	0,090	0,066
altre circostanze	0,997	0,997	0,997	0,997	0,963	0,994	0,993	0,991

Tabella 38 – Valutazione delle frequenze delle circostanze incidentali d'interesse.

Macrogruppo 3 INFRASTRUTTURA
Sottogruppo 3.1 Aspetti funzionali

Elaborazione su dati ANAS: *Censimento delle gallerie nazionali in esercizio.*

Dall'analisi del censimento ANAS [38], si sono ricavate le informazioni utili per 195 gallerie monofornice:

		numero delle gallerie		frequenza
		(n) con dato	senza dato	n/195
T.G.M.	>2000veic./corsia	151	16	0,774
	<=2000veic./corsia	28	0	0,144
t.p.	>15%	18	96	0,092
	5<=tp<15	62	0	0,318
	<5%	19	0	0,097

Tabella 39 – Valutazione delle frequenze per gli aspetti funzionali

Macrogruppo 3 INFRASTRUTTURA
Sottogruppo 3.2 Aspetti geometrici

Elaborazione su dati ANAS: *Censimento delle gallerie nazionali in esercizio.*

Dall'analisi del censimento ANAS [38], si sono ricavate le informazioni utili per 195 gallerie monofornice:

			numero delle gallerie		frequenza
			(n) con dato	senza dato	n/195
sezione trasversale	L<=10,50m		88	94	0,451
	L>10,50m		13		0,067
superficie utile	S>49,4mq		55		0,282
	S<=49,4mq		11		0,056
sviluppo planimetrico-ingresso	rettilineo		173	0	0,887
	con curve	R>118m	22		0,113
		R<=118m	0		0,000
sviluppo planimetrico-interno	rettilineo		171		0,877
	con curve	R>118m	1		0,005
		R<=118m	23		0,118
sviluppo planimetrico-uscita	rettilineo		173		0,887
	con curve	R>118m	1		0,005
		R<=118m	21		0,108
sviluppo altimetrico-ingresso	i>|4%|		5	149	0,026
	i<=|4%|		41		0,210
sviluppo altimetrico-interno	i>|4%|		4	162	0,021
	i<=|4%|		29		0,149
sviluppo altimetrico-uscita	i>|4%|		4	157	0,021
	i<=|4%|		34		0,174

Tabella 40 – Valutazione delle frequenze per gli aspetti geometrici

Macrogruppo	**4**	ESERCIZIO
Sottogruppo	**4.1**	Illuminazione

Elaborazione su dati ANAS: *Censimento delle gallerie nazionali in esercizio.*

Dall'analisi del censimento ANAS [38], si sono ricavate le informazioni utili per 195 gallerie monofornice:

		gallerie		frequenza
		(n) con dato	senza dato	n/195
impianto assente		2		0,010
impianto di tipo continuo	assiale	68	75	0,349
	laterale	50		0,256
tratto di rinforzo	presente	100	0	0,513
	assente	93		0,477

Tabella 41 – Valutazione delle frequenze per impianto di illuminazione

Macrogruppo	**4**	ESERCIZIO
Sottogruppo	**4.2**	Ventilazione

Elaborazione su dati ANAS: *Censimento delle gallerie nazionali in esercizio.*

Dall'analisi del censimento ANAS [38], si sono ricavate le informazioni utili per 195 gallerie monofornice:

		gallerie		frequenza
		(n) con dato	senza dato	n/195
ventilazione naturale		143		0,733
presenza di impianto	trasversale	1	3	0,005
	longitudinale	45		0,231
	misto	3		0,015

Tabella 42 – Valutazione delle frequenze per impianto di ventilazione

Macrogruppo	**4**	ESERCIZIO
Sottogruppo	**4.3**	Antincendio

Elaborazione su dati ANAS: *Censimento delle gallerie nazionali in esercizio.*

Dall'analisi del censimento ANAS [38], si sono ricavate le informazioni utili per 195 gallerie monofornice:

	gallerie		frequenza
	(n) con dato	senza dato	n/195
estrazione fumi	17		0,087
vie di fuga	11		0,056
semafori	25		0,128

Tabella 43 – Valutazione delle frequenze per impianto antincendio

6.3 Risultato dell'applicazione

A tutti gli eventi base individuati è stato possibile attribuire, quindi, una frequenza di accadimento. Risalendo gli alberi dei guasti, attraverso l'unione e/o l'intersezione di tali iniziali frequenze, si sono determinate le frequenze attribuibili agli elementi rappresentativi delle *transfer gates* e di conseguenza alla singola sequenza incidentale.

	Frequenze delle *transfer gates*					
	v.A	*c.A*	*a.s.*	*v.B*	*c.B*	*f(S.I.#i)*
S.I. # 1	1,853	1,177	1,00E-04	0,971	0,081	1,74E-05
S.I. # 2	1,853	1,177	1,00E-04	0,971	0,081	1,74E-05
S.I. # 3	1,853	1,473	1,00E-04	0,971	0,081	2,17E-05
	F(incidente in galleria monofornice)					***5,66E-05***

Tabella 44 – Valutazione delle frequenze delle sequenze incidentali

Le frequenze f(S.I.#i), anche in questo caso, sono il prodotto delle frequenze degli elementi appartenenti alla singola sequenza incidentale, ricavati dagli alberi dei guasti, essendo legati da una porta di tipo AND.

La frequenza F dell'evento incidente in galleria monofornice, infine, è determinata attraverso l'espressione che segue, rappresentativa anche del rapporto tra sequenze:

$$F = \sum_{1}^{3} f(S.I._i) = \sum_{1}^{3} f_i = f_1 + f_2(1 - f_1) + f_3(1 - f_1)(1 - f_2)$$

Determinata, quindi, la frequenza di accadimento dell'evento incidente in galleria monofornice si procede alla determinazione della magnitudo delle conseguenze che tale evento (nell'intervallo di tempo in oggetto) ha comportato nella galleria di Salza Irpina. Dai dati d'incidentalità rilevati, si è valutato un rapporto di lesività standardizzato (già indicato in precedenza) che porta alla seguente determinazione del rischio associato all'evento:

Galleria di Salza Irpina					
Incidenti	Morti	Feriti	Lesività std	Frequenza	***Indice di rischio***
5	3	11	2800	5,66E-05	***0,16***

Tabella 45 – Valutazione dell'indice di rischio per la galleria monofornice

7. III caso di studio: la galleria Malopasso

7.1 Costruzione degli alberi ed elaborazione dei dati

Nel caso della galleria *Malopasso*, l'albero degli eventi parte dal top event incidente in galleria e rappresenta il rischio per un utente espresso come funzione delle seguenti tipologie alternative di incidenti verificatesi, nell'intervallo temporale 1998-2004:

1) Tamponamento;

2) Scontro frontale.

Si riportano, nelle seguenti figure, l'albero degli eventi ed i conseguenti alberi dei guasti tenendo presente che la legenda delle transfer gates utilizzate è la stessa dei casi precedenti.

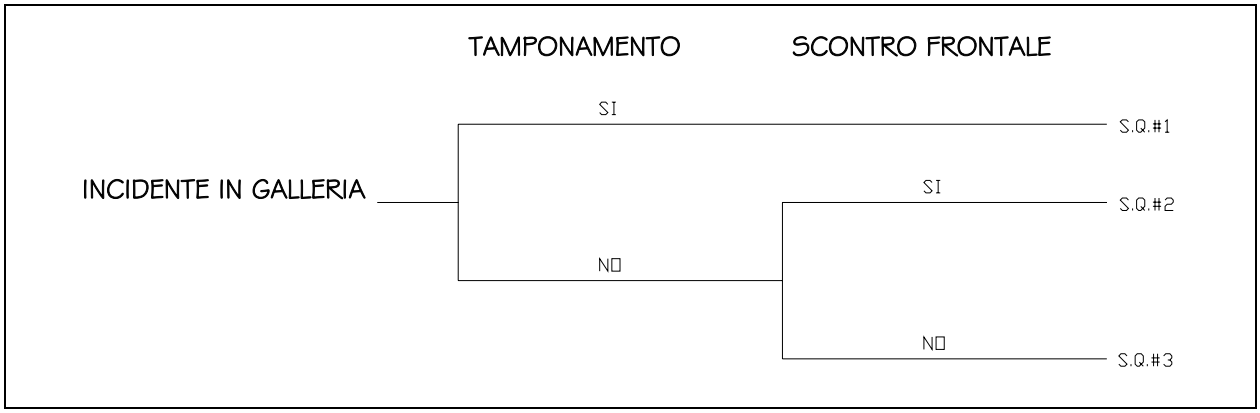


Figura 51 – Albero degli eventi per la galleria Malopasso

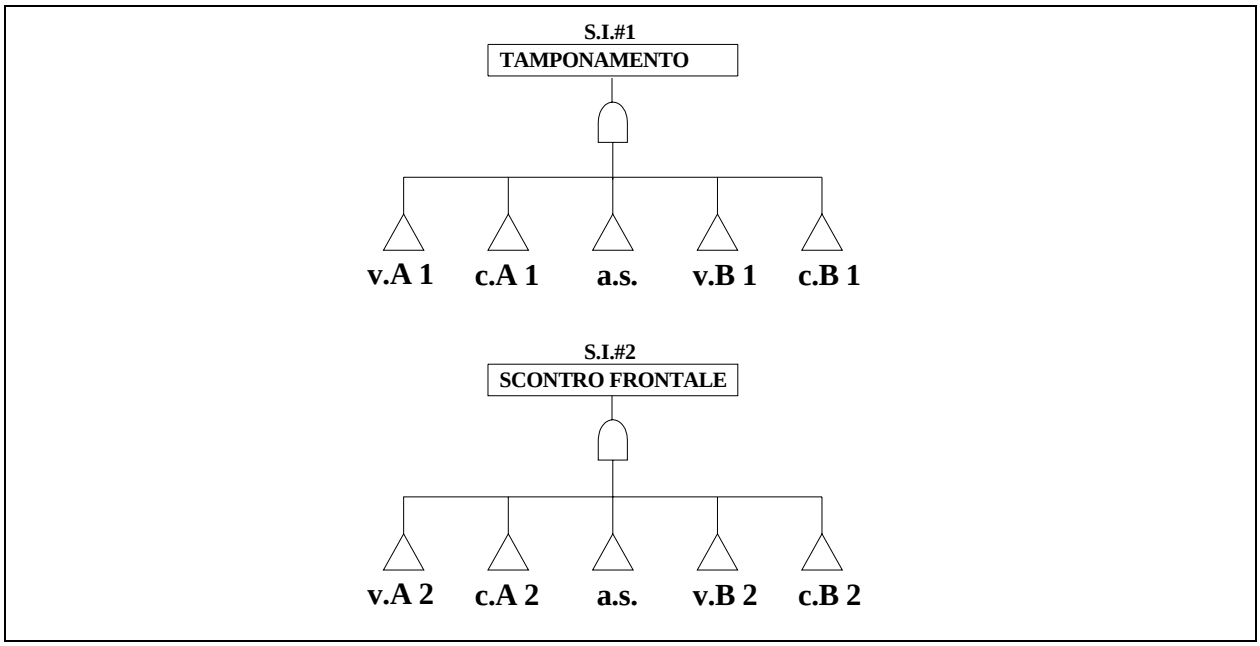


Figura 52 – Alberi dei guasti con *transfer out*

Nel caso in oggetto, l'articolazione dei due soli alberi dei guasti è identica a quelli realizzati per le stesse nature incidentali del precente caso di galleria monofornice, così come la base di dati necessaria alla loro valutazione numerica.

7.2 Risultato dell'applicazione

Risalendo gli alberi dei guasti, attraverso l'unione e/o l'intersezione delle frequenze degli eventi base determinati, è stato possibile valutare le frequenze attribuibili agli elementi rappresentativi delle *transfer gates* e di conseguenza alla singola sequenza incidentale.

	Frequenze delle *transfer gates*					
	v.A	*c.A*	*a.s.*	*v.B*	*c.B*	*f(S.I.#i)*
S.I. # 1	1,853	1,177	1,00E-04	0,971	0,081	1,74E-05
S.I. # 2	1,853	1,473	1,00E-04	0,971	0,081	2,17E-05
	F(incidente in galleria monofornice)					***3,64E-05***

Tabella 46 – Valutazione delle frequenze delle sequenze incidentali

La frequenza F dell'evento incidente in galleria monofornice, infine, è determinata attraverso l'espressione che segue, rappresentativa anche del rapporto tra sequenze:

$$F = \sum_{1}^{2} f(S.I._i) = \sum_{1}^{2} f_i = f_1 + f_2(1 - f_1)$$

Determinata, quindi, la frequenza di accadimento dell'evento incidente in galleria monofornice si procede alla determinazione della magnitudo delle conseguenze che tale evento (nell'intervallo di tempo in oggetto) ha comportato nella galleria Malopasso. Dai dati d'incidentalità rilevati, si è valutato il seguente rapporto di lesività standardizzato:

Galleria Maolopasso					
Incidenti	Morti	Feriti	Lesività std	Frequenza	***Indice di rischio***
2	0	3	1500	3,64E-05	***0,07***

Tabella 47 – Valutazione dell'indice di rischio per la galleria monofornice

8. Considerazioni conclusive e prospettive alla luce del D.Lgs. 264/2006

Il risultato dell'applicazione numerica ha messo in evidenza che l'indice di rischio associabile alla percorrenza di una galleria stradale a fornice unico è, in media, 10 volte maggiore di quello delle gallerie a doppio fornice.

Tale risultato conferma che la presenza di una galleria, costituisce un elemento di discontinuità del tracciato che condiziona psicologicamente l'utente e determina alterazioni nelle attività di guida rispetto a tratti all'aperto di pari geometria e condizioni di traffico; in proposito, esistono in letteratura numerosi studi finalizzati a dimostrare il condizionamento indotto da una siffatta sezione traversale.

Infatti, in prossimità dell'imbocco di una galleria, si è rilevata una sensibile riduzione di velocità ed una modifiche della traiettoria di approccio, con marcata tendenza allo spostamento verso il centro della sede stradale per effetto del manifestarsi di due particolari condizionamenti sulla guida:

- l'*effetto parete*, dovuto alla distanza tra i piedritti del portale ed il margine della carreggiata;
- l'*effetto buco nero* (che all'uscita dalla galleria si trasforma nell'*effetto abbagliamento*), dovuto alla diversa condizione luminosa. Esso rende difficile l'esplorazione dello spazio oltre il fornice d'ingresso finché l'occhio, assuefatto all'illuminazione naturale, non recupera gradualmente le sue piene facoltà; lo spazio che corrisponde al tempo di adattamento della vista viene ovviamente percorso in condizioni precarie di sicurezza.

La convergenza al centro dei veicoli che si accingono all'ingresso delle gallerie monofornice (doppio senso di marcia), costituisce un serio pericolo ed è causa rilevante di scontri frontali caratterizzati da una magnitudo notoriamente elevata. Meno pericoloso, da questo punto di vista, può essere, invece, l'ingresso in una galleria a doppio fornice (senso unico di marcia) ma, ivi, la maggiore sicurezza psicologica accentua l'eventualità di tamponamenti dovuti alla mancata percezione oltre la soglia di un veicolo che percorre la galleria ad un velocità ridotta e che richiederebbe, quindi, una brusca frenata del sopravveniente.

Per entrambe le tipologie di gallerie, invece, si manifesta l'*effetto caverna*, cioè la sensazione di oppressione legata alla presenza di un ambiente spaziale confinato sia superiormente che lateralmente, dovuto al perdurare di condizioni di guida all'interno di una galleria caratterizzata dalla prevalente mancanza di banchine e di corsie di emergenza (come nella maggior parte delle strade esistenti).

Le precedenti considerazioni confortano, quindi, il risultato sperimentale ottenuto: infatti, la notevole differenza dell'entità dell'indice di rischio rilevata per le due tipologie di gallerie (0.01 – 0.07 e 0.16) è giustificabile proprio attraverso la considerazione della negativa ricaduta sulla sicurezza del doppio senso di circolazione. Influente, è però anche la categoria della strada cui tali gallerie appartengono: diverso è, infatti, il comportamento di guida di un utente che percorre un raccordo autostradale, rispetto a quello (magari abitudinario) che percorre una strada statale.

La messa a punto dell'iter metodologico proposto, inoltre, segna di sicuro un'innovazione nel campo dei trasporti, in cui gli studi sulla sicurezza stradale sono di stretta attualità e di primissimo rilievo per la ricerca.

In particolare nella suddetta metodologia, la scelta dell'approccio probabilistico è stata operata per far fronte ai limiti ormai noti dell'adozione di misure di riduzione del danno stabilite a priori, attraverso la conoscenza ed la quantificazione del rischio (mai nullo) connesso al trasporto stradale. Approccio probabilistico, come detto, dimostratosi vincente in molti campi in cui il sistema oggetto di studio fosse non meno complesso di quello che può essere una galleria stradale.
Tale lavoro di ricerca, dunque, si presta ad essere oggetto di approfondimenti successivi mirati sempre più ad una credibile ricostruzione della realtà fisica (anche nel suo aspetto dinamico) al fine della messa a punto di uno strumento che consenta (attraverso la previsione del rischio) di individuare opportune azioni di prevenzione o, almeno, di protezione.

In termini, per l'appunto, di protezione è espresso il ruolo specifico che sono chiamati a svolgere i requisiti minimi di sicurezza delineati nell'allegato II del D.Lgs. 264/2006. Tale decreto, imponendo l'adeguamento strutturale ed impiantistico delle gallerie nazionali ricadenti nella rete TERN, non sottovaluta, però, le difficoltà di fattibilità anche economiche in cui i gestori si possano trovare. Viene pertanto lasciata aperta la possibilità di realizzare misure alternative di riduzione dei rischi purché il livello di protezione previsto sia almeno eguagliato. L'analisi probabilistica del rischio entra appunto in gioco per dimostrare la congruità delle alternative alle finalità imposte, attraverso la quantizzazione degli scenari incidentali e della loro evoluzione in galleria in termini di pericolosità.
Questo approccio probabilistico è caratterizzato dalla costruzione di modelli che includano quali elementi costitutivi l'albero delle cause, gli eventi critici iniziatori ed i conseguenti alberi degli eventi, per tanto idealmente in linea con quanto proposto con il presente lavoro di tesi.

La necessità, poi, della pratica realizzazione di tali analisi del rischio sembra confermata anche dai risultati dell'analisi del censimento riportato in allegato C. Si è riscontrata, infatti, la necessità di un adeguamento della rete stradale ANAS in galleria pari, ad esempio, al 20-30% in termini di requisiti minimi *obbligatori* (soprattutto in relazione agli impianti di illuminazione) ed al 50% in termini di requisiti *obbligatori con eccezioni* (tipo piazzole di sosta).

Appendice A

A-1. Censimento delle gallerie nazionali in esercizio

La banca dati analizzata ai fini della conoscenza dello stato delle gallerie in esercizio sulla rete stradale nazionale è stato messa a disposizione dall'ANAS [38] che, in ottemperanza a quanto previsto dalla già citata Circolare interna 7735/1999 [34] prima e dal Decreto Ministeriale del 2001 [31] dopo, ha provveduto a censire le gallerie ricadenti nelle strade di propria competenza. L'ANAS, infatti, dopo aver recentemente trasferito alle regioni parte del patrimonio affidatole fin dalla sua ricostituzione nel 1946, gestisce tuttora le strade e le autostrade di proprietà dello Stato (20'532km di strade, 890km di autostrade), provvedendo alla loro manutenzione ordinaria e straordinaria, nonché le strade statali e le autostrade (5'568km) in concessione.

Nella banca dati sono censite le gallerie della rete nazionale afferenti ai seguenti compartimenti: Ancona, Aosta, Bari, Bologna, Campobasso, Catanzaro, Cosenza (A3 - Campania), Cosenza (A3 - Calabria), Cosenza (A3 - Basilicata), Firenze, Genova, L'Aquila, Milano, Napoli, Perugia, Potenza, Roma, Torino, Trieste, Venezia.

Le caratteristiche riportate nella banca dati, per ogni galleria, sono inizialmente di tipo descrittivo e, successivamente, suddivisi in 4 sezioni particolari.

- Dati descrittivi:
  - Denominazione della galleria;
  - Strada di appartenenza;
  - Compartimento/Sede;
  - Comune e provincia di ubicazione;
  - Numero di fornici presenti;
  - Progressive chilometriche della galleria;
- Sezione n° 1:
  - Dati generali;
  - Traffico Giornaliero Medio (TGM);
  - Dati sul territorio;
- Sezione n° 2:
  - Dati geometrici;
  - Sviluppo plano-altimetrico;
- Sezione n° 3:
  - Impianti di illuminazione;
  - Impianti di ventilazione;
  - Semafori;

- Estrazione fumi e vie di fuga;

➢ Sezione n° 4:

- Soccorso.

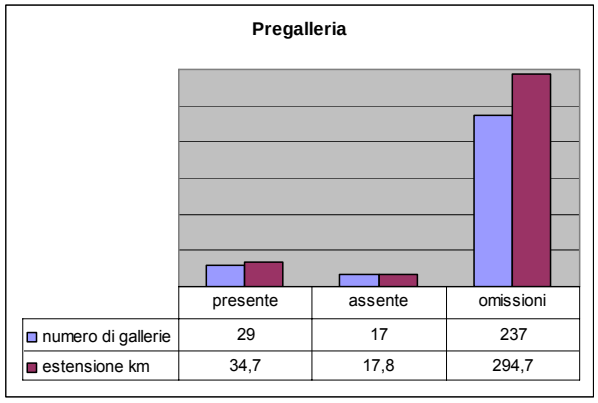
La banca dati (depurata delle gallerie con lunghezza inferiore ai 500m) è costituita da 283 gallerie, con uno sviluppo complessivo pari a 347km e caratterizzate dai principali parametri che si illustrano di seguito. Per la Sezione n°4 non si riportano dati di dettaglio vista la mancata compilazione di tale parte della banca dati.

➢ Sezione n° 1

Dati generali

Presenza di pregalleria

S'intende per pregalleria una porzione aggiuntiva di gallerie che antecede quella naturale.

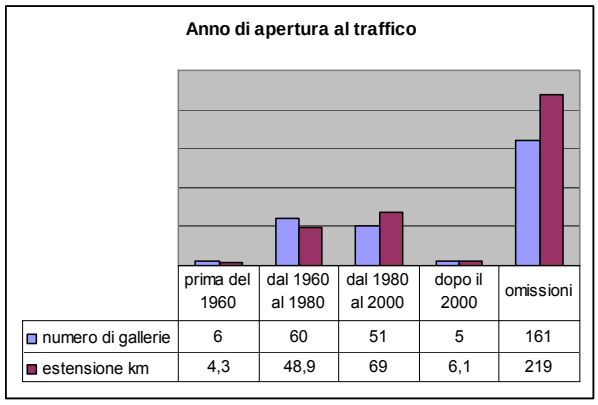


	presente	assente	omissioni
numero di gallerie	29	17	237
estensione km	34,7	17,8	294,7

Figura 53 – Censimento: presenza di pregallerie

Anno d'apertura al traffico

Le gallerie della rete in esame sono di varia epoca tanto da risultare aperte al traffico nell'ampio intervallo temporale che va dal lontano 1947 al più recente 2002.



	prima del 1960	dal 1960 al 1980	dal 1980 al 2000	dopo il 2000	omissioni
numero di gallerie	6	60	51	5	161
estensione km	4,3	48,9	69	6,1	219

Figura 54 – Censimento: anno di apertura al traffico

Lunghezza totale

L'intervallo delle lunghezze delle gallerie esaminate varia dai 500 m della soglia minima d'interesse agli 11'240 m della galleria Sperlonga sulla SS89 in provincia di Foggia. Nel caso di gallerie dotate di doppio fornice si è considerata la lunghezza relativa al fornice destro (nella direzione delle progressive crescenti).

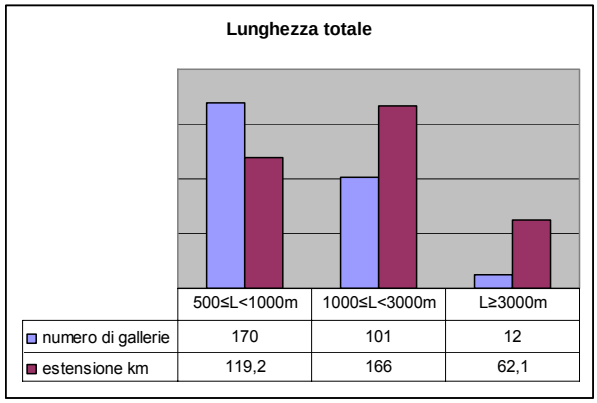


Figura 55 – Censimento: lunghezza totale (galleria e pregalleria)

Numero dei fornici

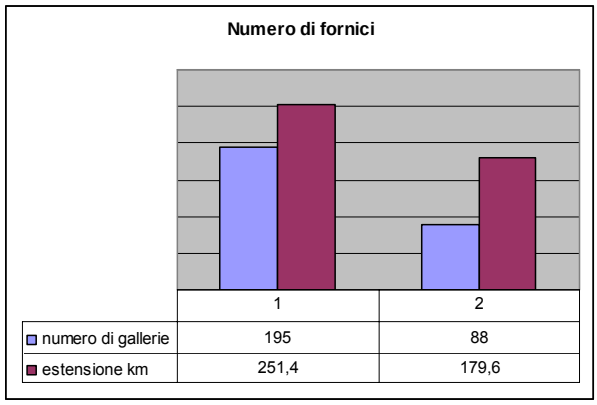


Figura 56 – Censimento: numero di fornici

Traffico Giornaliero Medio

TGM

S'intende per Traffico Giornaliero Medio il numero di veicoli che transitano per una sezione stradale durante un anno solare diviso il numero di giorni dell'anno stesso. Nella banca dati in esame, i dati relativi a questo parametro sono riferiti ad anni diversi per cui si è reso necessario uniformarli all'attualità (anno 2005) attraverso l'utilizzo di un tasso annuo di incremento pari al 2% per le strade statali ed al 3% per le autostrade ed i raccordi. Il risultato della stima ha mostrato una variabilità (veicoli per giorno e per corsia) da un minimo di 585 ad un massimo di 29'418, rispettivamente della galleria Monte S.Nicola ricadente nel compartimento di Bari (SS89, unico fornice) e della galleria Appia Antica B, compartimento di Roma (G.R.A:, doppio fornice).

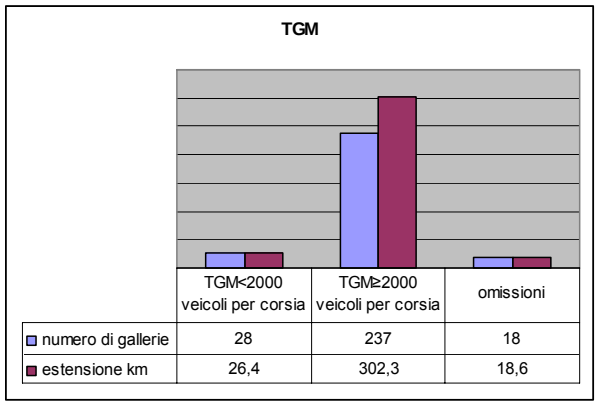


Figura 57 – Censimento: traffico giornaliero medio per corsia

Traffico pesante

Il traffico veicolare relativo ai mezzi pesanti è risultato, in percentuale, variabile dall'1% al 27,4%, valore questo rilevato nella galleria Pontaillod del compartimento di Aosta (SS26, unico fornice).

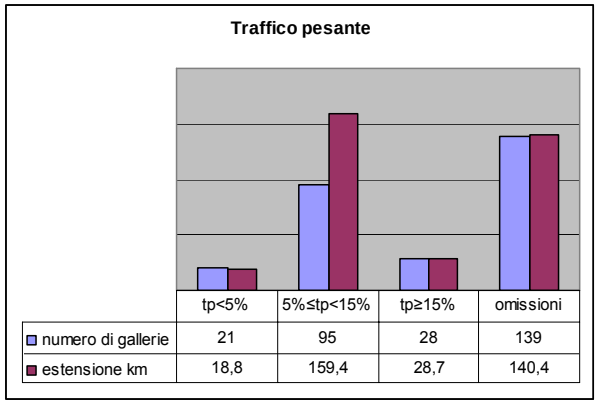


Figura 58 – Censimento: percentuale di traffico pesante

Dati sul territorio

Quota media sul livello del mare

L'articolata orografia del territorio nazionale si rileva anche dall'intervallo di quote medie sul livello del mare in cui ricadono le gallerie censite: da un minimo di 15 m ad un massimo di 1'430 m, relative rispettivamente alla provincia di Reggio Calabria (SS106) ed alle province di Aosta (SS26) e Cosenza (SS107).

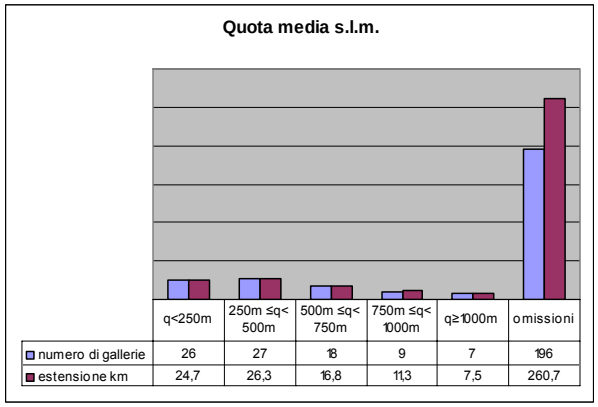


Figura 59 – Censimento: quota media sul livello del mare

- Sezione n° 2

Dati geometrici

Larghezza totale della piattaforma

La variabilità delle dimensioni delle diverse piattaforme stradali è compresa tra 6,2 m e 15 m, appartenenti rispettivamente alla galleria Del Tenda del compartimento di Torino (SS20, unico fornice) ed alla galleria Appia Antica B, compartimento di Roma (G.R.A:, doppio fornice).

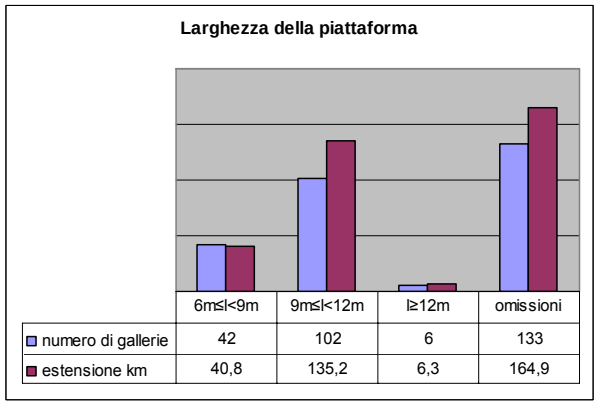


Figura 60 – Censimento: larghezza della piattaforma

Numero di corsie per fornice

La maggior parte dei fornici presenta due corsie.

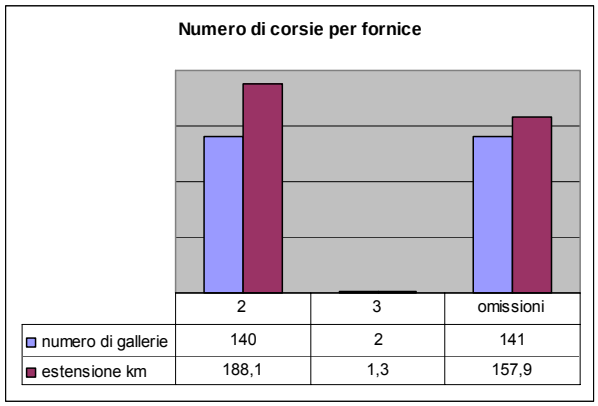


Figura 61 – Censimento: numero di corsie per fornice

Sviluppo plano-altimetrico

Raggio minimo di curvatura

Il raggio minimo delle curve orizzontali è risultato variabile tra 50 m e 4'197m.

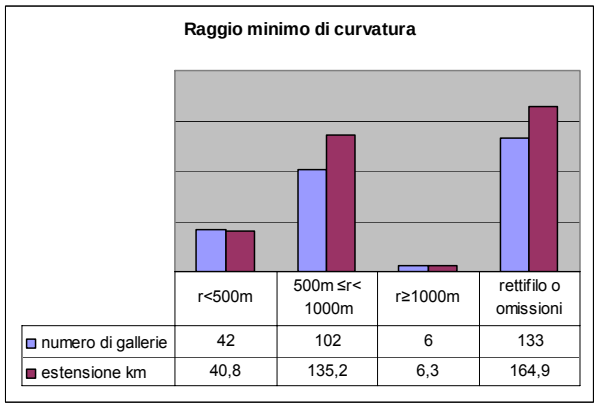


Figura 62 – Censimento: raggio minimo di curvatura planimetrica

Pendenza longitudinale massima

La pendenza longitudinale massima è risultata pari al 6% e non sempre si presenta costante per l'intero sviluppo della galleria.

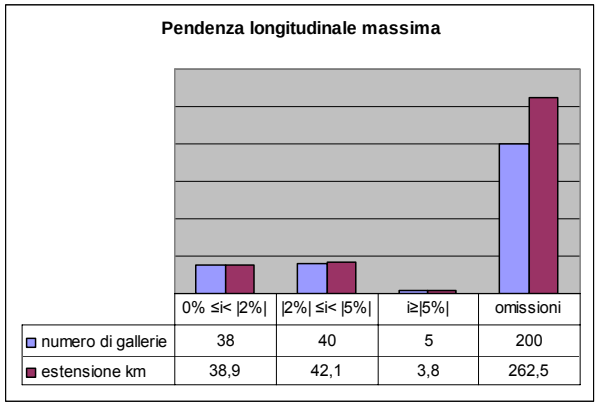


Figura 63 – Censimento: pendenza longitudinale massima

Distanza di visibilità per l'arresto

Sulla base dei parametri qui rilevati (tipo di strada, raggio di curvatura, caratteristiche della sezione trasversale, pendenza longitudinale) si è stimata un'ulteriore informazione ritenuta interessante: il confronto tra la distanza di visibilità disponibile e la distanza di visibilità per l'arresto richiesta dalle normative geometriche e funzionali. Nella maggior parte delle gallerie in curva (ovvero dove sono disponibili dati geometrici) la distanza di visibilità per l'arresto non è garantita.

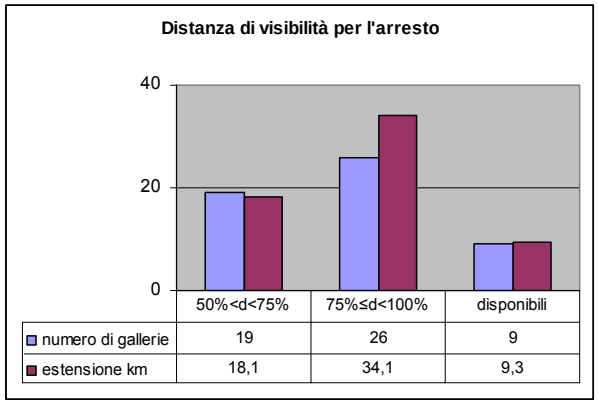


Figura 64 – Elaborazione: distanza di visibilità per l'arresto

- Sezione n° 3

Impianti di illuminazione

Impianto di illuminazione

L'impianto d'illuminazione in galleria è necessario per consentire all'utente la percorrenza in condizioni di sicurezza paragonabili a quelle esterne. Oltre alla presenza, è rilevante la tipologia dell'impianto stesso e la presenza o meno del tratto di rinforzo all'imbocco per consentire un passaggio graduale dai livelli di luminosità naturale a quelli di luminanza artificiale. Inoltre, è interessante sapere se e come, attraverso l'individuazione del regime notturno, diminuisca il livello di luminanza garantita dall'impianto nel passaggio dal giorno alla notte.

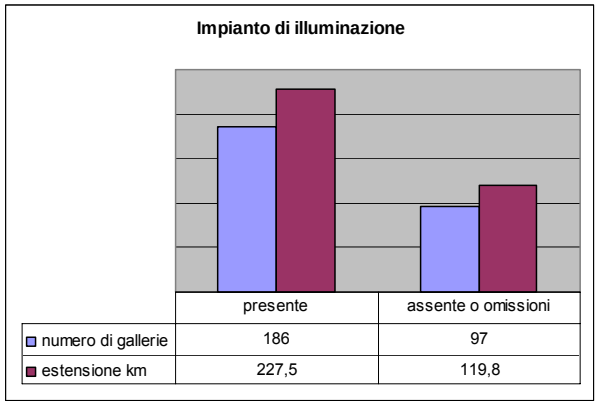


Figura 65 – Censimento: presenza dell'impianto d'illuminazione

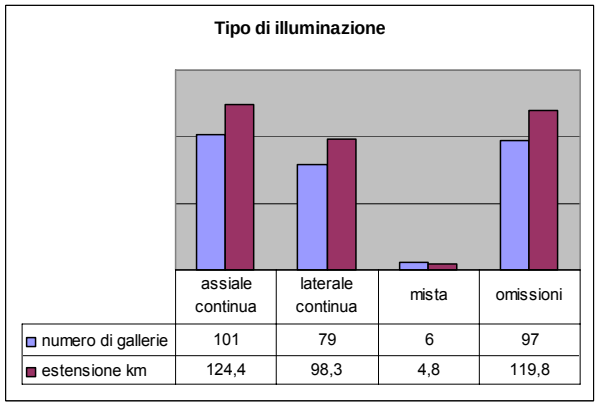


Figura 66 – Censimento: tipologia dell'impianto d'illuminazione

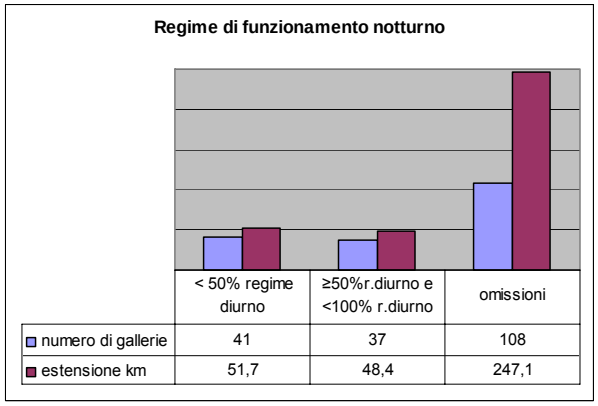


Figura 67 – Censimento: regime di funzionamento notturno

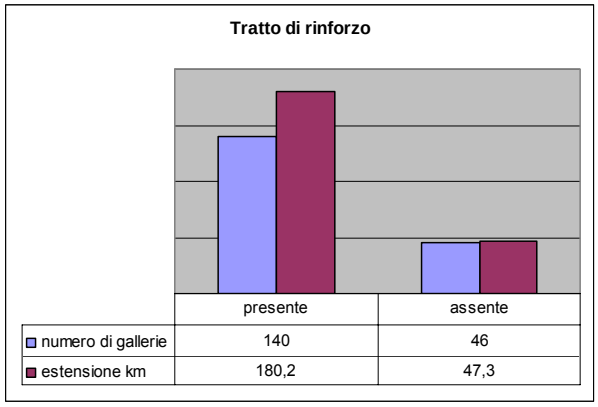


Figura 68 – Censimento: presenza del tratto di rinforzo

Impianti di ventilazione

La ventilazione in galleria è di estrema importanza, oltre che nelle condizioni ordinarie, anche in caso di incendio per limitare la propagazione dei fumi. Anche in questo caso, quindi, è rilevante conoscere la presenza e la tipologia dell'impianto.

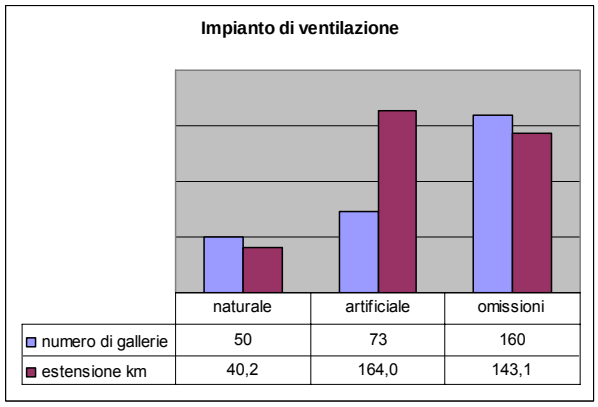


Figura 69 – Censimento: presenza dell'impianto di ventilazione

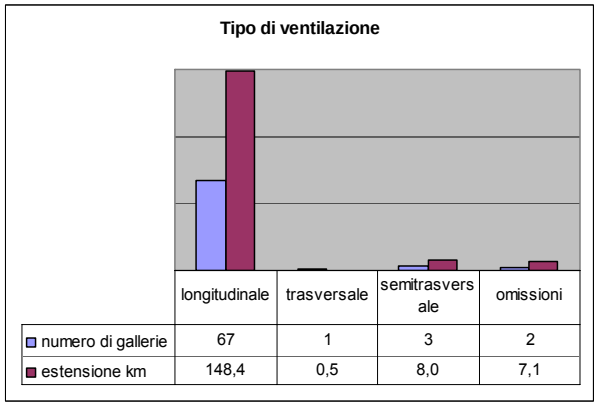


Figura 70 – Censimento: tipologia dell'impianto di ventilazione

Semafori

Gli impianti semaforici in galleria possono essere posizionati agli imbocchi o all'interno della stessa con funzione di preavviso o di regolamentazione della circolazione.

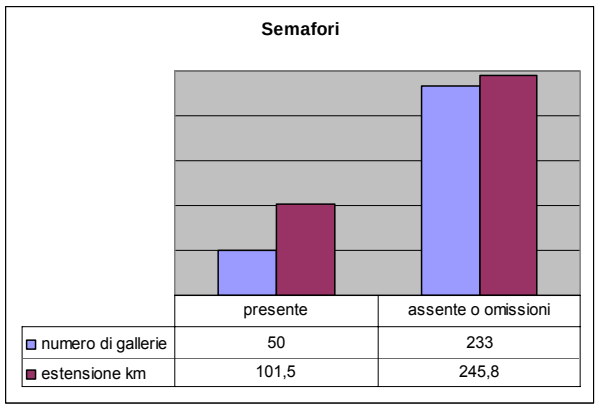


Figura 71 – Censimento: presenza di semafori

Estrazione fumi e vie di fuga

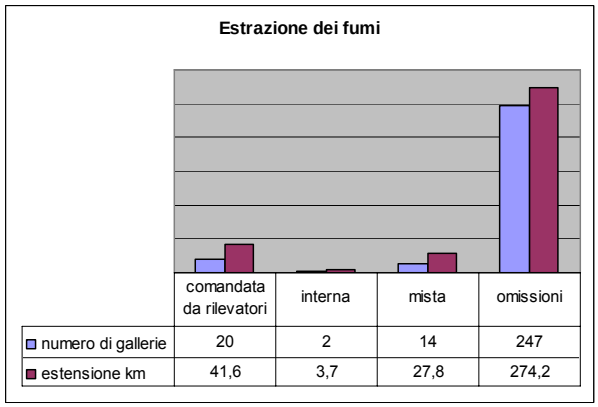


Figura 72 – Censimento: tipologia d'estrazione dei fumi

Le dotazioni di sicurezza antincendio, sotto sinteticamente riportate, sono costituite da vie di fuga, piazzole, nicchie, rifugi, colonnine sos, segnali di guida luminosa ed indicazioni dell'uscita più vicina.

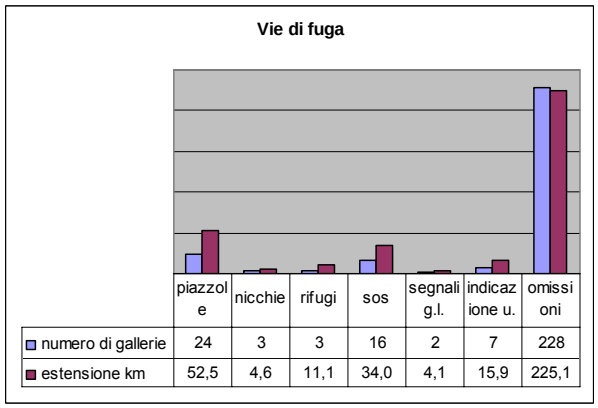


Figura 73 – Censimento: tipologia delle vie di fuga

A-2. Confronto con i requisiti minimi di cui alla Direttiva EU 2004/54/CE

Lo stato di fatto delle gallerie ANAS in esercizio, descritto nel censimento di cui sopra, non è precisamente rapportabile a quanto richiesto dalla normativa nazionale ed europea in termini di requisiti minimi di sicurezza, a causa di una certa disparità dei parametri considerati.

Volendo confrontare le informazioni, che sono principalmente quelle delle dotazioni impiantistiche e di sicurezza, il risultato è di seguito riportato.

Si noti, comunque, che molte delle informazioni richieste non risultano rilevate nella formazione della banca dati per parte delle 283 gallerie e, di conseguenza, è stato necessario trattarle in forma campionaria.

Inoltre, per ogni requisito è stata considerata (ai fini del confronto) la prescrizione normativa maggiormente rilevante.

Pendenza longitudinale massima

Il requisito richiesto per l'andamento altimetrico del tracciato in galleria è il contenimento della pendenza al di sotto del 4% (D.M. 5/11/2001). Si noti che solo il 31% del database totale (cioè 88 gallerie su 283) sono assimilabili alle tipologie previste dal suddetto decreto e solo il 41% di esse (36 su 88) riportano l'informazione in esame; di queste ultime, infine, il 78% (28 su 36) mostra andamenti altimetrici al di sotto del 4%:

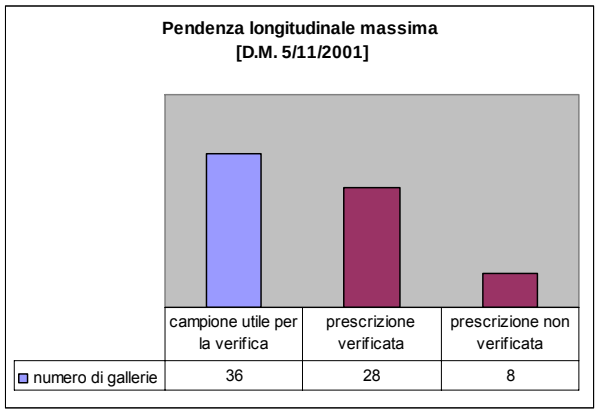


Figura 74 – Confronto: pendenza longitudinale massima rispetto al D.M. 5/11/2001

Impianto di illuminazione

La Circolare ANAS 7735/99 considera l'illuminazione artificiale obbligatoria per tutte le gallerie con lunghezza superiore ai 125 m, prevedendo rinforzi agli imbocchi e livelli di luminanza secondo le relative norme tecniche (CIE 88/90 e la più recente UNI 11095/2003 [30]).

Risultano, quindi, da adeguare 97 gallerie su 283 in cui l'impianto è totalmente assente: si tratta, cioè, del 34% del totale per un estesa chilometrica di 120 km circa. Nel 25% circa delle gallerie con impianto si dovrebbero adeguare gli imbocchi con un'idonea illuminazione di rinforzo.

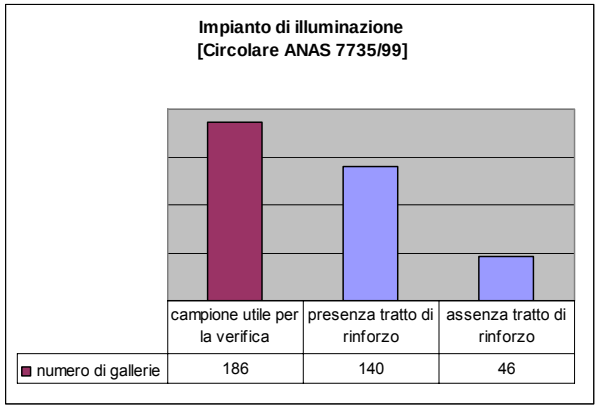


Figura 75 – Confronto: impianto di illuminazione rispetto alla Circolare ANAS

Impianto di ventilazione

In tema di ventilazione, la Circolare ANAS e la Direttiva riportano le seguenti prescrizioni in funzione, principalmente, della lunghezza della galleria in esame:

Circolare ANAS 7735/99	L<1000m tutte le gallerie	1000<L<3000m gallerie a 2 fornici (monodirezionali)
	impianto non obbligatorio	obbligatorio impianto longitudinale
	L>1000m gallerie ad 1 fornice (bidirezionali)	L>3000m gallerie a 2 fornici (monodirezionali)
	ove non presente impianto, redazione obbligatoria di idoneo progetto di diluizione degli inquinanti e dei fumi	ove non presente impianto, redazione obbligatoria di idoneo progetto di diluizione degli inquinanti e dei fumi

Tabella 48 – Prescrizioni per impianti di ventilazione secondo la Circolare ANAS

	L>1000m con T.G.M.>2000 veicoli/corsia	L>3000m con T.G.M.>2000 veicoli/corsia e centro di controllo
Direttiva EU 54/2004	obbligatorio impianto longitudinale	obbligatorio impianto (semi)trasversale

Tabella 49 – Prescrizioni per impianti di ventilazione secondo la Direttiva

Al fine di constatare lo stato di fatto, si è ritenuta opportuna l'estrazione di due campioni caratterizzati da L>1000m (il primo) e da T.G.M.>2000 veicoli per corsia (il secondo) , comprendenti gallerie ad uno ed a 2 fornici.

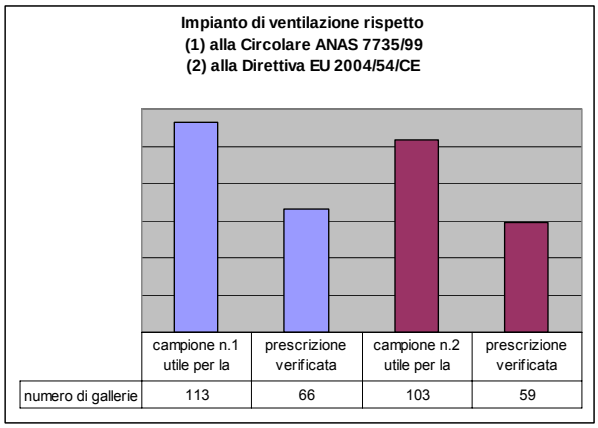


Figura 76 – Confronto: impianto di ventilazione rispetto alla Circolare ANAS ed alla Direttiva

I campioni mostrano entrambi la necessità di adeguare oltre il 40% delle gallerie (rispettivamente: 47 su 113 e 44 su 103) per uno sviluppo superiore a 70 km.

Impianti semaforici

Sono considerati obbligatori gli impianti semaforici agli imbocchi per tutte le gallerie con L>1000m sia dalla Circolare ANAS che dalla Direttiva.

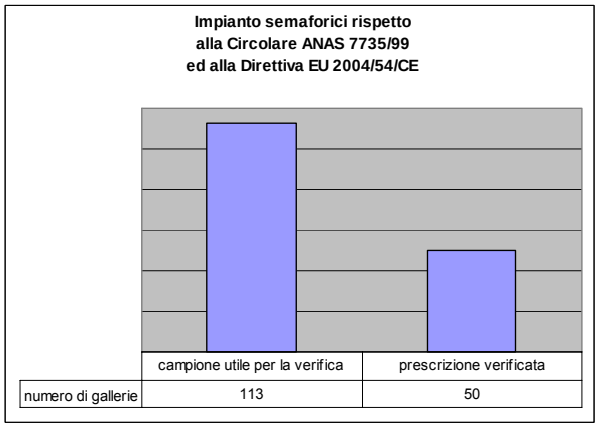


Figura 77 – Confronto: impianti semaforici rispetto alla Circolare ANAS ed alla Direttiva

Dal confronto si evince che su 113 gallerie con L>1000m il 56% è da adeguare per un totale di circa 96 km.

Piazzole di sosta

Il D.M. del 2001 e la Direttiva riportano, in merito alle piazzole di sosta, le seguenti prescrizioni in funzione, ancora una volta, della lunghezza della galleria in esame:

	L>1000m
D.M. 5/11/2001	obbligatorie d ≤ 600m

Tabella 50 – Prescrizioni per piazzole di sosta secondo il D.M. 5/11/2001

	(*) L>1500m con T.G.M.>2000 veicoli/corsia	(**) L>1500m con T.G.M.>2000 veicoli/corsia
Direttiva EU 54/2004	obbligatorie con distanza ≤ 1000m (*) riferito alle nuove gallerie bidirezionali	non obbligatorie se non realizzabili all'interno della piattaforma esistente (**) riferito alle gallerie esistenti

Tabella 51 – Prescrizioni per piazzole di sosta secondo la Direttiva

Si è ritenuta opportuna l'estrazione di due campioni, anche in questo, caratterizzati, il primo da L>1000m, il secondo da L>1500m.

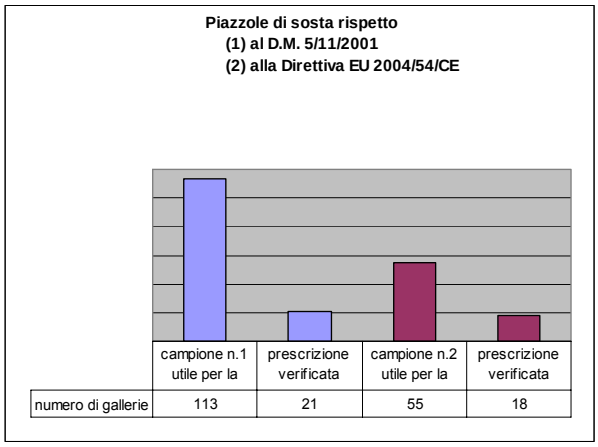


Figura 78 – Confronto: piazzole di sosta rispetto al D.M. 5/11/2001 ed alla Direttiva

Si rileva che l'81% delle gallerie (92 su 113, pari a 179km) sono da adeguare al D.M. mentre il 67% alla Direttiva (37 su 55).

Ulteriori dispositivi di sicurezza

A causa della esigua corrispondenza alle prescrizioni, si riportano gli ulteriori dispositivi di sicurezza in un'unica tabella riassuntiva:

Requisiti e prescrizioni	Numero di gallerie
Nicchie	
Circolare ANAS 7735/99	
campione utile per la verifica	113
prescrizione verificata	1
Direttiva EU 2004/54/CE	
campione utile per la verifica	283
prescrizione verificata	3
Armadietto di sicurezza	
Circolare ANAS 7735/99	
campione utile per la verifica	283
prescrizione verificata	1
Rifugio	
Direttiva EU 2004/54/CE	
campione utile per la verifica	283
prescrizione verificata	3
Impianto S.O.S.	
Circolare ANAS 7735/99	
campione utile per la verifica	283
prescrizione verificata	16
Segnali di guida luminosi	
Circolare ANAS 7735/99	
campione utile per la verifica	113
prescrizione verificata	7
Direttiva EU 2004/54/CE	
campione utile per la verifica	283
prescrizione verificata	9

Tabella 52 – Prescrizioni per gli ulteriori dispositivi e confronto

In sintesi, una panoramica della rete da adeguare è di seguito riportata.

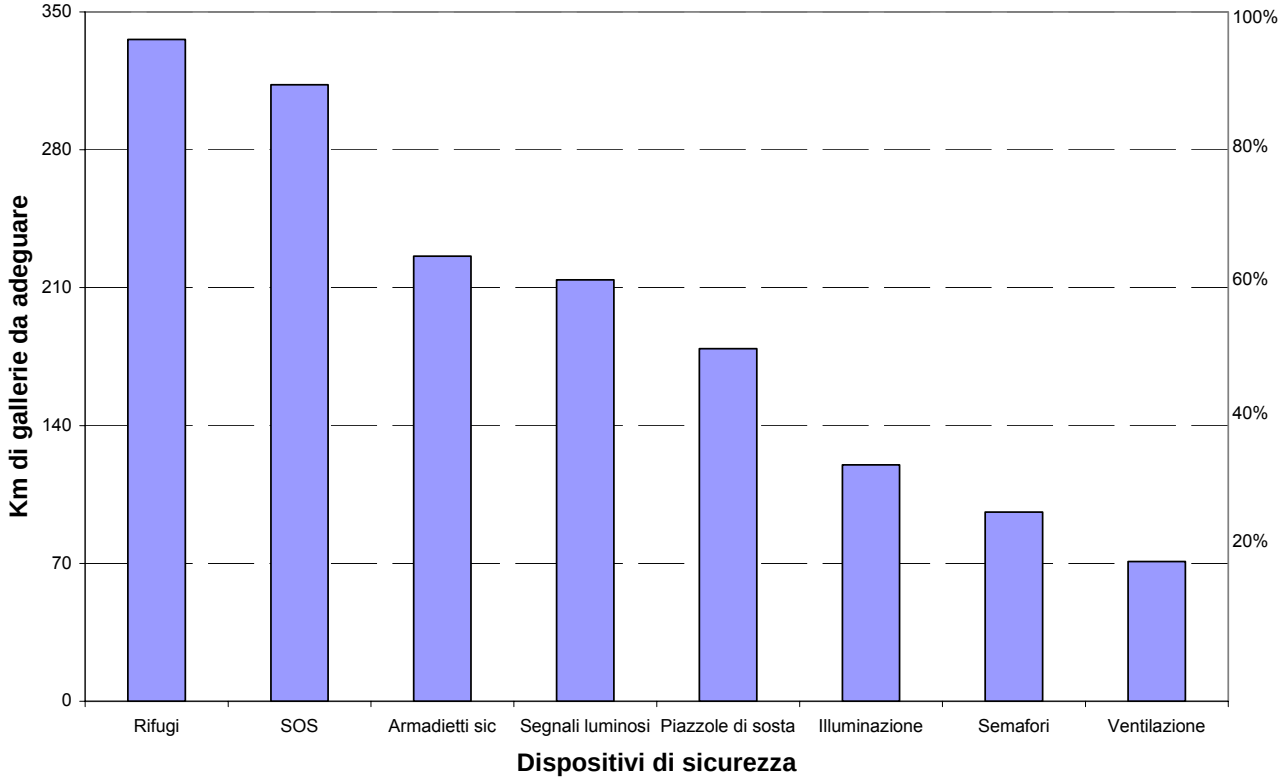


Figura 79 – Sintesi della rete da adeguare

Appendice B

B-1. Data base Anas

La banca dati (contente solo le 283 gallerie con lunghezza superiore a 500 m) è stata riportata nella forma tabellare di seguito illustrata.

gallerie con L >500m	compartimento	denominazione	strada	provincia	comune	fornice	presenza di pregalleria	anno di apertura al traffico	lunghezza totale (inclusa pregalleria) [m]		anno di riferimento
									fornice unico o destro	fornice sinistro	
1	Ancona	albacina	ss76	ancona	fabriano	1	1	1974	529		1989
2	Ancona	arli 1	ss4	ascoli piceno	acquasanta terme	1	0	1977	767		1989
3	Ancona	balzette	ss76	ancona	fabriano	2	0	1995	507	493	1989
4	Ancona	burano	ss76	ancona	fabriano	2	0	1995	595	566	1989
5	Ancona	cagli	ss3	pesaro	cagli	1	0		680		1989
6	Ancona	colle paganello	ss76	ancona	fabriano	2	0	1995	611	600	1989
7	Ancona	colle s.silvestro	ss76	ancona	serra s.quirico	1	1	1971	554		1989
8	Ancona	fossato di vico	ss76	ancona	fabriano	1	0	1966	885		1989
9	Ancona	furlo	ss3	pesaro	fermignano	2	0	1985	3395	3391	1989
10	Ancona	gola della rossa	ss76	ancona	serra s.quirico	1	1	1971	664		1989
11	Ancona	madonna del sasso	ss77	macerata	caldarola	2	0	1990	647	647	1985
12	Ancona	malvaioli	ss76	ancona	fabriano	2	0	1995	1232	1189	1989
13	Ancona	montagnola	ss16	ancona	ancona	1	0	1979	1432		1989
14	Ancona	monticelli	ss76	ancona	fabriano	2	0	1995	1100	1135	1989
15	Ancona	passo delle fornaci	ss209	macerata	visso	1	0	1971	580		1985
16	Ancona	pian del ponte	e78	pesaro	fossombrone	2	0	1978	620	620	1985
17	Ancona	s.giuseppe	ss4	ascoli piceno	ascoli piceno	1	1	1992	1010		1989
18	Ancona	sassi rossi 2	ss76	ancona	genga	1	1	1972	572		1989
19	Ancona	valgarizia	ss4	ascoli piceno	acquasanta terme	1	1	1993	1141		1989
20	Ancona	valtreara	ss76	ancona	genga	1	0	1972	825		1989
21	Aosta	pontaillod	ss26	aosta	la thuile	1	0	1966	594		1990
22	Bari	palombari	ss89	foggia	mattinata	1	0		2585		1985
23	Bari	monte s.nicola	ss89	foggia	vico del gargano	1	0	1994	798		2000
24	Bari	monte saraceno	ss89	foggia	monte s.angelo	1	1	1983	2172		2000
25	Bari	papone	ss89	foggia	mattinata	1			7200		1985
26	Bari	passo del lupo	ss17	foggia	volturara appula	1		1970	1373		1985
27	Bari	s.benedetto	ss89	foggia	mattinata	1			9890		1985

28	Bari	salsa	ss96	bari	gravina in puglia	1	1	2000	749,6		1985
29	Bari	sperlonga	ss89	foggia	mattinata	1			11240		1985
30	Bologna	quarto	e45	forlì	bagno di romagna	2	1		2494	2522	1995
31	Bologna	roccaccia	e45	forlì	bagno di romagna	2	1		1840	1840	1995
32	Bologna	monte coronaro	e45	forlì	verghereto	2	1		910	910	1995
33	Bologna	barberino	ss45	piacenza	bobbio	1	1		780		1985
34	Bologna	casina	ss63	reggio emilia	casina	1	1		1041		1985
35	Bologna	seminario	ss63	reggio emilia	carpineti	1	1		2497		1985
36	Bologna	riola	ss64	bologna	vergato	1	1		1800		1985
37	Bologna	porretta	ss64	bologna	castel di casio	1			820		1985
38	Campobasso	casa lorenzo	ss652	isernia	cerro al volturno	1	1	1985	908		2000
39	Campobasso	fonte vallone	ss86	isernia	belmonte del sannio	1		1986	961		1995
40	Campobasso	fossato	ss86	isernia	agnone	1			1204		1995
41	Campobasso	lama bianca	ss87	campobasso	campobasso	1		1960	847		2000
42	Campobasso	monte la russa	ss650	isernia	civitanova del sannio	1			1175		1995
43	Campobasso	nunziata lunga	ss6dir			1		1958	910		2000
44	Campobasso	paradiso	ss16	campobasso	termoli	2		1991	1316	1316	1995
45	Campobasso	sella venditto	ss650	isernia	sessano del molise	1			1836		1995
46	Campobasso	serre	ss650	isernia	pesche	1			1800		1995
47	Campobasso	vazzieri	ss87	campobasso	campobasso	1			534		2000
48	Genova	balzi rossi	ss1dir	imperia	ventimiglia	1		1964	557		1992
49	Genova	noceire	ss20	imperia	airole	1		1994	604		1992
50	Genova	bocche	ss1	imperia	ventimiglia	1		1994	603		1992
51	Genova	cima di rovere	ss20	imperia	airole	1		1994	1360		1992
52	Genova	s.bartolomeo	ss28	imperia	pieve di teco	1		1993	1865		1992
53	Genova	madonna degli angeli	ss28	imperia	chiusanico	1		1993	746		1992
54	Genova	baraccone	ss28	imperia	pontedassio	1		2002	675		1992
55	Genova	zerbino	ss28	imperia	cesio	1		1980	510		1992
56	Genova	bestagno	ss28	imperia	pontedassio	1		2002	1046		1992
57	Genova	cesio	ss28	imperia	cesio	1	1	1980	604		1992
58	Genova	poggio pezzato	ss45	genova	torriglia	1		1995	505		1992

59	Genova	scoffera	ss45	genova	torriglia	1		1975	1316		1992
60	Genova	modonna di montebruno	ss45	genova	torriglia	1		1998	1292		1992
61	L'Aquila	castellana	ss652	chieti	colledimezzo	1		1970	689		1992
62	L'Aquila	cinque miglia	ss17	l'aquila	rocca pia	1		1976	833		2001
63	L'Aquila	monteluco	ss17	l'aquila	l'aquila	1		1997	1802		2001
64	L'Aquila	fiore	ss17	l'aquila	castel di sangro	1		1983	1541		2001
65	L'Aquila	madonna della portella	ss17	l'aquila	rivisondoli	1		1983	648		2001
66	L'Aquila	ruzzi	ss81	chieti	fara filiorum petri	1		1980	603		2000
67	L'Aquila	s.giovanni	ss16	pescara	pescara	2			1357		2000
68	L'Aquila	s.pietro I	ss652	chieti	colledimezzo	1		1970	748		1990
69	L'Aquila	s.pietro II	ss652	chieti	colledimezzo	1		1970	619		1990
70	L'Aquila	santa croce	ss652	chieti	colledimezzo	1		1970	1666		1990
71	Perugia	biselli I	ss320			1			654		1990
72	Perugia	collecapretto	ss3bis	terni	san gemini	2			1191	1191	1990
73	Perugia	collevalenza	ss3bis	perugia	todi	2			699	694	1990
74	Perugia	contessa	ss452			1			1186		1995
75	Perugia	forca di cerro	nsa27	perugia	spoleto	1		1998	4030		1995
76	Perugia	madonna alta	ra01	perugia	perugia	2			563	563	1995
77	Perugia	magione	ra01	perugia	magione	2			900	900	1995
78	Perugia	pallotta	ra01			2			1094		1995
79	Perugia	prepo	ra01	perugia	perugia	2			950	950	1995
80	Perugia	s.pellegrino	ss204	terni	narni	2			1085	1085	1995
81	Perugia	s.egidio	ss318	perugia	perugia	2			750	741	1995
82	Perugia	s.donato	ra01	perugia	passignano sul trasimeno	2			645	645	1995
83	Perugia	triponzo	ss320			1			1213		1995
84	Perugia	volummi	ra01	perugia	perugia	2			520	560	1995
85	Roma	appia antica b	gra	roma	roma	2		1999	622,29	681,75	1992
86	Roma	capo di chino	ss509	frosinone	atina	1		1978	603		1992
87	Roma	gola del velino	ss4	rieti	posta	1	1		1270		1995
88	Roma	granara	ss578	rieti	pescorocchiano	1		1982	546		1985
89	Roma	monte porciano	ss155racc	frosinone	acuto	1		1970	672		1992

90	Roma	montelungo	ss675	rieti	labro	1		1991	2116		1985
91	Roma	prima porta	gra	roma	roma	2		1990	1240	1240	1992
92	Roma	s.antonio	ss4	rieti	rieti	2			590	590	1985
93	Roma	scarpone	ss213	latina	itri	1		1962	605		1985
94	Roma	sigillo	ss4	rieti	posta	1			710		1995
95	Roma	acilia	ss8	roma	roma	2			714	714	1985
96	Roma	spiaggia del lago	ss140	roma	castel gandolfo	1			500		1992
97	Roma	tempio di giove	ss7	latina	terracina	2		1985	2750	2750	1985
98	Roma	trepani	ss213	latina	sperlonga	1		1962	590		1985
99	Torino	barricate	ss21	cuneo	pietraporzio	1			830		1985
100	Torino	del tenda	ss20	cuneo	limone piemonte	1			3180		1995
101	Torino	cesana I	ss24	torino	cesana torinese	1		1950	500		1985
102	Torino	cesana II	ss24	torino	cesana torinese	1		1950	500		1985
103	Torino	montecrevola	ss33	verbania	crevoladossola	1			2248		1985
104	Torino	pontemaglio	ss659	verbania	crevoladossola	1			938		1985
105	Trieste	aquilinia	ss15			1			1500		1992
106	Trieste	coccau	ss13			1			520		1992
107	Trieste	dint	ss251			1			1015		1992
108	Trieste	fara	ss251			1			3953		1992
109	Trieste	interneppo	ss512			1			591		nd
110	Trieste	larghetti	ss52bis			1			592		nd
111	Trieste	s.caterina	ss13			1			873		1992
112	Cosenza (A3 - Campania)	deruititata	a3	salerno	casalbuono	2		1971	603		1992
113	Cosenza (A3 - Campania)	scargilelle	a3	salerno	casalbuono	2		1970	652	652	1992
114	Cosenza (A3 - Calabria)	paci I	a3	reggio calabria	scilla	2			628	628	1992
115	Cosenza (A3 - Calabria)	muro	a3	reggio calabria	bagnara calabra	2		1972	536	536	1992
116	Cosenza (A3 - Calabria)	catoiu	a3	reggio calabria	bagnara calabra	2			867	867	1992

117	Cosenza (A3 - Calabria)	torre falco	a3	cosenza	dipignano	2		1970	538	538	1992
118	Cosenza (A3 - Calabria)	colle vaccaro	a3	cosenza	castrovillari	2		1968	500	500	1992
119	Cosenza (A3 - Calabria)	cillarese	a3	cosenza	morano calabro	2		1969	778	778	1992
120	Cosenza (A3 - Calabria)	caccavo II	a3	catanzaro	s.mango d'aquino	2		1969	665	665	1992
121	Cosenza (A3 - Calabria)	monaco	a3	cosenza	altilia	2		1969	718	718	1992
122	Cosenza (A3 - Calabria)	parduna	a3	cosenza		2		1970	779	779	1992
123	Cosenza (A3 - Calabria)	garcito	a3	cosenza		2		1970	816	816	1992
124	Cosenza (A3 - Calabria)	paci II	a3	reggio calabria	scilla	2			822	822	1992
125	Cosenza (A3 - Calabria)	vardaru	a3	reggio calabria	bagnara calabra	2			946	946	1992
126	Cosenza (A3 - Calabria)	fuddeia I	a3	reggio calabria	bagnara calabra	2			649	649	1992
127	Cosenza (A3 - Calabria)	laria	a3	cosenza	mormanno	2		1968	555	555	1992
128	Cosenza (A3 - Calabria)	montecorno	a3	reggio calabria	reggio calabria	2			579	579	1992
129	Cosenza (A3 - Calabria)	fiego II	a3	cosenza		2		1970	533	533	1992
130	Cosenza (A3 - Basilicata)	serra rotonda	a3	potenza	lauria	2		1969	912	912	1992
131	Cosenza (A3 - Basilicata)	calanchi II	a3	potenza	nemoli	2		1969	770	770	1992
132	Cosenza (A3 - Basilicata)	calanchi I	a3	potenza	nemoli	2		1969	534	534	1992
133	Cosenza (A3 - Basilicata)	varcovalle	a3	potenza	nemoli	2		1969	597	597	1992
134	Cosenza (A3 - Basilicata)	bersaglio	a3	potenza	lagonegro	2		1969	690	690	1992
135	Cosenza (A3 -	renazza	a3	potenza	lagonegro	2		1969	726	726	1992

	Basilicata)										
136	Cosenza (A3 - Basilicata)	tempa pertusata	a3	potenza	lagonegro	2		1969	572	572	1992
137	Cosenza (A3 - Basilicata)	fossino	a3	potenza	lauria	2		1969	1675	1675	1992
138	Venezia		ss249	verona	malcesine	1	1	1983	1686		1992
139	Venezia	brenta	ss47	vicenza	cismon del grappa	1		1987	525		1992
140	Venezia	castei	ss203	belluno	la valle agordina	1		1996	1890		1992
141	Venezia	col di caralte	ss51	belluno	perarolo di cadore	1		1983	1383		1992
142	Venezia	comelico	ss52	belluno	auronzo di cadore	1		1985	4000		1992
143	Venezia	cortella pontet	ss50	belluno	sovramonte	1		1974	1231		1992
144	Venezia	delle anime	ss346	belluno	cencenighe agordino	1		1947	1140		1992
145	Venezia	montericco	ss51bis	belluno	pieve di cadore	1		1995	890		1992
146	Venezia	pedesalto	ss50	belluno	fonzaso	1		1970	829		1992
147	Venezia	pirago	ss251	belluno	longarone	1		1995	880		1992
148	Venezia	pulz	ss50	belluno	sovramonte	1		1985	660		1992
149	Venezia	s.antonio	ss251	belluno	castello lavazzo	1		1956	643		1992
150	Venezia	s.vito	ss50bis			1		1992	3077		1992
151	Venezia	s.giovanni	ss251	belluno	forno di zoldo	1	1	1958	560		1992
152	Venezia	termine	ss51	belluno	pieve di cadore	1		1995	2253		1992
153	Venezia	val osna	ss50	belluno	sovramonte	1		1974	770		1992
154	Catanzaro	s.giovanni	ss106	reggio calabria	bova marina	1			755		1995
155	Catanzaro	palizzi	ss106	reggio calabria	palizzi	1		1994	547		1995
156	Catanzaro	guardiola	ss107	cosenza	paola	1		1970	569		1995
157	Catanzaro	crocetta	ss107	catanzaro	san fili	1		1971	1426		1995
158	Catanzaro	fago del soldato	ss107	cosenza	celico	1			750		1995
159	Catanzaro	tasso	ss107	cosenza	spezzano della sila	1			531		1995
160	Catanzaro	castelsilano	ss107	crotone	castelsilano	1		1974	1420		1995
161	Catanzaro	viniciolo	ss18	cosenza	praia a mare	1	1		750		1990
162	Catanzaro	s.leonardo	ss18	cosenza	acquappesa	1	1		1009		1990

163	Catanzaro	s.pietro e paolo	ss18	cosenza	guardia piemontese	1	1		1224		1990
164	Catanzaro	marcellinara	ss280	catanzaro	marcellinara	2	1	1975	725	695	1989
165	Catanzaro	sansinato	ss280	catanzaro	catanzaro	2	1	1965	928	989	1989
166	Catanzaro	gianfilippo	ss283	cosenza	acquappesa	1			625		1995
167	Catanzaro	san lauro	ss283	cosenza	fagnano castello	1			660		1995
168	Firenze	le chiavi	ss2	siena	radicofani	1	1		965		1990
169	Firenze	paganico casal di pari	ss223	grosseto	civitella paganico	1			1560		1985
170	Firenze	signorino	ss64	pistoia	pistoia	1			1106		1985
171	Milano	blevio I	ss583	como	blevio	1			590		1992
172	Milano	blevio I	ss583			1			600		1992
173	Milano	borbino	ss36	lecco	abbadia lariana	2			1285	1135	1985
174	Milano	brasa	ss45bis	brescia	tremosine	1	1		1900		1995
175	Milano	brienno	ss340	como	brienno	1			1000		1985
176	Milano	campione	ss45bis			1			2462		1995
177	Milano	campo	ss36			1			511		1985
178	Milano	capanne	ss294			1			818		1992
179	Milano	castagneti	ss294			1			1693		1992
180	Milano	castelveccana	ss394			1			594		1985
181	Milano	cernobbio	ss340			1			2400		1995
182	Milano	corenno	ss36	lecco	dervio	2			786	726	1985
183	Milano	cornello	ss470	bergamo	camerata cornello	1			1666		1992
184	Milano	corte	ss36	lecco	colico	2			1140	1140	1985
185	Milano	costa volpino	ss42	bergamo	costa volpino	1			2315		1985
186	Milano	dervio	ss36	lecco	dervio	2			2784	2751	1985
187	Milano	dorio	ss36	lecco	dorio	2			2110	2111	1985
188	Milano	efialti	ss45bis			1			1163		nd
189	Milano	fiumelatte	ss36	lecco	varenna	2			1609	1619	1985
190	Milano	anfo	ss237			1			980		1992
191	Milano	goggia	ss470			1			658		1992
192	Milano	le capanne	ss294	bergamo	colere	1			850		1992
193	Milano	le prese	ss38			1			984		1992

194	Milano	lenna	ss470			1			2300		1992
195	Milano	lezzeno	ss36	lecco	bellano	2			1271	1227	1985
196	Milano	lovere	ss42	bergamo	lovere	1			2860		1985
197	Milano	luzzeno	ss36	lecco	mandello del lario	2			1264	1020	1985
198	Milano	m.covolo (cab.3)	ss45bis	brescia	villanuova sul clisi	1		2000	1832		1995
199	Milano	m.covolo (cab.1)	ss45bis	brescia	villanuova sul clisi	1		2000	1832		1995
200	Milano	madonna s.bernardino	ss344	varese	induno olona	1			554		1995
201	Milano	mondadizza	ss38			1			1484		1985
202	Milano	montebarro	ss36	lecco	civate	2		1999	3310	3350	1985
203	Milano	monte piazzo	ss36	lecco	colico	2			2548	2548	1985
204	Milano	montecognolo	ss510	brescia	iseo	1			1800		nd
205	Milano	montepiano	ss42	brescia	breno	1			600		1985
206	Milano	monte di campo	ss36	sondrio	verceia	1			511		1985
207	Milano	moviallo	ss340dir			1			627		1985
208	Milano	nobiallo	ss340	como	menaggio	1			635		1985
209	Milano	parè	ss583	lecco	valmadrera	1			1000		1992
210	Milano	parè di valmadrera	ss583			1			1600		1992
211	Milano	porlezza	ss340	como	porlezza	1			1080		1985
212	Milano	portirone	ss469			1			1110		1992
213	Milano	prevalle	ss45bis	brescia	prevalle	1			500		1995
214	Milano	rainelli	ss45bis	brescia	tignale	1	1		1347		1995
215	Milano	regoledo	ss36	lecco	bellano	2			2978	2978	1985
216	Milano	riva di solto	ss469	bergamo	riva di solto	1			500		1992
217	Milano	rogoleto	ss36			1			3229		1985
218	Milano	riovina dei cani	ss294	bergamo	colere	1			1200		1992
219	Milano	s.antonio	ss38	sondrio	val di sotto	1			2360		1985
220	Milano	s.biagio	ss45bis	brescia	villanuova sul clisi	1			525		1995
221	Milano	s.carlo	ss510			1			667		nd
222	Milano	s.nicolao	ss340dir			1			1049		1985
223	Milano	s.stefano	ss42			1			1280		1992
224	Milano	s.zeno	ss11	brescia	lonato	1			1640		1992

225	Milano	s.martino	ss36	lecco	lecco	2		1999	2080	2010	1985
226	Milano	s.stefano	ss42	brescia	cividate camuno	1			1280		1985
227	Milano	sasso galletto	ss394			1			1000		1992
228	Milano	sassorancio	ss340dir	como	s.maria rezzonico	1			636		1985
229	Milano	scoglio	ss36	lecco	varenna	2			2781	2631	1985
230	Milano	somana	ss36	lecco	lierna	2			1952	1987	1985
231	Milano	sottopasso lecco	ss36			2			2220	2750	1985
232	Milano	svincolo per abbadia l.	ss36			1			503		1985
233	Milano	tavernola	ss469	bergamo	tavernola bergamasca	1			675		1992
234	Milano	teti	ss45bis			1			925		nd
235	Milano	tola-cepina	ss38	sondrio	val di sotto	1			5600		1985
236	Milano	torno (nuova)	ss583	como	torno	1			576		1992
237	Milano	tremosine	ss45bis			1	1		2100		1995
238	Milano	trenta passi	ss510	brescia	pisogne	1			1698		nd
239	Milano	valmaggiore-bolladore	ss38	sondrio	sondalo	1			2228		1985
240	Milano	verceia	ss36	sondrio	verceia	1			800		1985
241	Milano	verzedo	ss38			1			2376		1985
242	Milano	villatico	ss36	como	colico	2			571	571	1995
243	Potenza	acqua del signore	ss94			1			856		1992
244	Potenza	acqua del signore	ss94dir	potenza	vietri di potenza	1			850		nd
245	Potenza	albano	ss407			2			583	583	1992
246	Potenza	albano	ss407	potenza	albano di lucania	2			588	495	1992
247	Potenza	alvaro	ss407	matera	ferrandina	2			698	624	1992
248	Potenza	alvaro francesco	ss407			1			624		1992
249	Potenza	alvaro francesco	ss407			1			698		1992
250	Potenza	carvotto	ss407	matera	accettura	2			847	808	1992
251	Potenza	casotto	ss407			1			778		1992
252	Potenza	castel di lepre	ss598	potenza	marsico nuovo	1			971		1992
253	Potenza	cavotto	ss407			1			818		1992
254	Potenza	cessuta	ss103	potenza	moliterno	1			1105		1992
255	Potenza	cirigliano	ss103	matera	cirigliano	1			565		1992

256	Potenza	del marmo	ra05	potenza	vietri di potenza	2			566	555	1992
257	Potenza	montagnola	ss103 / ra05 ?	potenza	potenza	2			768	797	nd
258	Potenza	serra delle macine	ss95	potenza	tito	1			905		1992
259	Potenza	serra san vito	ss95	potenza	satriano di lucania	1			1467		1992
260	Potenza	tentazione	ss407 / ss555 ?	potenza	albano di lucania	2			595	504	nd
261	Potenza	vetranico	ra05			1			601		1992
262	Potenza	vetranico	ss94	potenza	vietri di potenza	1			850		1992
263	Potenza	vetranico	ra05	potenza	vietri di potenza	2			622	622	1992
264	Cagliari	GENNA silana	ss125	NUORO	URZULEI	1			950		1992
265	Cagliari	Ghighizzu	ss131	SASSARI	SASSARI	2		1972	830	800	1992
266	Cagliari	S.Antine	ss131 DIR.-CENTR.	ORISTANO	SEDILO	2			956	956	1992
267	Cagliari	S. Francesco	ss131 DIR.-CENTR.	NUORO	SINISCOLA	2		1975	875	1540	1992
268	Cagliari	S'iscada	ss131 DIR.-CENTR.	NUORO	BUDONI	2		1990	1454	1454	1992
269	Cagliari	Beruiles	ss131 DIR.-CENTR.	NUORO	BUDONI	2		1990	593	593	1992
270	Cagliari	Teulargiu	ss 389	NUORO	ORANI	1			760		1992
271	Cagliari	Correboi	ss 389	NUORO	FONNI	1			1800		1992
272	Napoli	Varano	SS 145	NAPOLI	CASTELLAMMARE DI STABIA	1		1990	1160		1992
273	Napoli	Privati	SS 145	NAPOLI	CASTELLAMMARE DI STABIA	1		1990	1940		1992
274	Napoli	Vico Equenze	SS 145	NAPOLI	VICO EQUENSE	1			1500		1992
275	Napoli	Monte Pergola	RA 2	AVELLINO	SERINO	2		1964	2280	2280	1992
276	Napoli	Montagnola	RA 5	SALERNO	BUCCINO	2		1978	790	790	1992
277	Napoli	Montegranaio	SS 517	SALERNO	SANTA MARINA	1		1972	600		1992
278	Napoli	S.ANTONIO	SS 517	SALERNO	SANZA	1			540		1992
279	Napoli	Santa Lucia	SS 7	CASERTA	CASERTA	1		1987	510		1990
280	Napoli	NON SPECIFICATA(CASCANO)	SS 7	CASERTA	SESSA AURUNCA	1			1180		1992
281	Napoli	Avellola	SS 7	BENEVENTO	BENEVENTO	2		1971	828	830	1990

282	Napoli	Salza Irpina	SS 7	AVELLINO	SALZA IRPINA	1		1969	720		1992
283	Napoli	Malopasso	SS 7	NAPOLI	ACERRA	1		1969	823		1992

Tab. 2 di 4

gallerie con L >500m	compartimento	n° veicoli	n° veicoli per corsia	n° veicoli per corsia al 2005	% traffico pesante	quota media s.l.m. (m)	grado di sismicità	innevamento	ventosità	superficie sezione utile (mq)	carreggiata destra		
											larghezza totale piattaforma	larghezza	n° corsie
1	Ancona	8557	4279	5873	15,23	250	9	1	3	54	9,7	7,1	2
2	Ancona	8084	4042	5549	6,9	270	9	1	3	43	9,5	7,5	2
3	Ancona	8557	4279	5873	15,23	385	9	1	3	58	9,3	7,1	2
4	Ancona	8557	4279	5873	15,23	315	9	1	3	58	9,3	7,1	2
5	Ancona	28682	14341	19687	5,2	295	9	1	3	51	9	7,5	2
6	Ancona	8557	4279	5873	15,23	380	9	1	3	58	9,3	7,1	2
7	Ancona	8557	4279	5873	15,23	190	9	1	3	54	9,7	7	2
8	Ancona	8557	4279	5873	15,23	585	9	1	3	50	9,8	6,1	2
9	Ancona	28682	14341	19687	5,2	180	9	1	3	51	9	8,1	2
10	Ancona	8557	4279	5873	15,23	185	9	1	3	54	9,7	7	2
11	Ancona	5257	2629	3906	14,78	310	9	1	3	55	9,75	7,25	2
12	Ancona	8557	4279	5873	15,23	375	9	1	3	58	9,3	7,1	2
13	Ancona	2143	1072	1471	11,7	135	9	1	3	55	8	7,5	2
14	Ancona	8557	4279	5873	15,23	380	9	1	3	58	9,3	7,1	2
15	Ancona	3246	1623	2412	11,67	785	9	1	3	53	9,25	7,15	2
16	Ancona	14636	7318	10874	10,28	120	9	1	3	52	9	7,5	2
17	Ancona	8084	4042	5549	6,9	205	9	1	3	53	9,7	8	2
18	Ancona	8557	4279	5873	15,23	235	9	1	3	54	9,7	7	2
19	Ancona	8084	4042	5549	6,9	510	9	1	3	43	9,5	7,5	2
20	Ancona	8557	4279	5873	15,23	245	9	1	3	54	9,7	7	2
21	Aosta	7935	3968	5340	27,4	1430					7,4	7,4	2
22	Bari	7241	3621	5380	5,9					59	9,7	7,5	2

23	Bari	1059	530	585	7	300	9			62	10,2	8,5	2
24	Bari	2060	1030	1137	17	20	9			59	9,7	7,5	2
25	Bari	7241	3621	5380	5,9					59	9,7	7,5	2
26	Bari	4906	2453	3645	17,8	730	9			45	8,8	7	2
27	Bari	7241	3621	5380	5,9						9,7	7,5	2
28	Bari	3716	1858	2761	15	410					9,48	8	2
29	Bari	7241	3621	5380	5,9						9,7	7,5	2
30	Bologna	8787	4394	5356	21,4	306				54	9,6	7,5	2
31	Bologna	8787	4394	5356	22,4	300				54	9,6	7,5	2
32	Bologna	8787	4394	5356	23,4						9,2	7,5	2
33	Bologna	6938	3469	5155	3,5	250				74,9	11	7,5	2
34	Bologna	8832	4416	6562	5,4	577				63,91	8,9	7	2
35	Bologna	6339	3170	4710	7,1	863				73,98	9,4	7,5	2
36	Bologna	10095	5048	7500	7,8	270					9,6	7,5	2
37	Bologna	10095	5048	7500	7,8	375					10	7,5	2
38	Campobasso	4148	2074	2290	12	550				60	9,2	8	2
39	Campobasso	6410	3205	3907	12,4	800	9	1	5	88	9,45	7,65	2
40	Campobasso	6410	3205	3907	12,4	700	9	1	5		9,8	8	2
41	Campobasso	1400	700	773	8	788				47,5	9,6	7,5	2
42	Campobasso	6410	3205	3907	12,4								
43	Campobasso	6823	3412	3767	15	250				90	9,8	8,8	2
44	Campobasso	8731	4366	5322	12,5	39			5	69	9,08	10,7	2
45	Campobasso	6410	3205	3907	12,4								
46	Campobasso	6410	3205	3907	12,4								
47	Campobasso	1200	600	662	3	697				47,5	9,5	7,5	2
48	Genova	2144	1072	1387							14,4	10	2
49	Genova	2680	1340	1733		82				66	10	8	2
50	Genova	2680	1340	1733		64				66	10	8	2
51	Genova	2680	1340	1733		108				66	10	8	2
52	Genova	2144	1072	1387						66	9,6	6,8	2
53	Genova	2144	1072	1387						66	9,6	7,6	2

54	Genova	2144	1072	1387						68	10	7,5	2
55	Genova	2144	1072	1387						66	9,5	6,8	2
56	Genova	2144	1072	1387						68	10	7,5	2
57	Genova	2144	1072	1387						66	9,35	6,65	2
58	Genova	2144	1072	1387		750				66	9,8	7,75	2
59	Genova	4288	2144	2773		650				66	9,4	6,7	2
60	Genova	4288	2144	2773		800				66	9,7	7,84	2
61	L'Aquila	4288	2144	2773		350				60	10,5		
62	L'Aquila	15000	7500	8118	20	1200		1		55,04	9,5		
63	L'Aquila	15000	7500	8118	20	700	3	1					
64	L'Aquila	15000	7500	8118	20	957				55,04	9,5		
65	L'Aquila	15000	7500	8118	20	1240		1		55,04	9,5		
66	L'Aquila	8137	4069	4492	6,17						11,5	7,5	
67	L'Aquila	33397	16699	18436	4,3	65				52,9	9,5	7,5	
68	L'Aquila	4860	2430	3270	16,5	300				62	10,7		
69	L'Aquila	4860	2430	3270	17,5					65	10,7		
70	L'Aquila	4860	2430	3270	18,5	350				62	10,8		
71	Perugia	4860	2430	3270	19,5								
72	Perugia	10720	5360	7214	16,2					42,5	10	8	2
73	Perugia	10720	5360	7214	16,2					42	10	7,8	2
74	Perugia	5184	2592	3160	5,6								
75	Perugia	5184	2592	3160	6,6					43	10	7,6	2
76	Perugia	31098	15549	20897	7								
77	Perugia	31098	15549	20897	7								
78	Perugia	31098	15549	20897	7								
79	Perugia	31098	15549	20897	7								
80	Perugia	31098	15549	18954	7					38,78	9,65	7,14	2
81	Perugia	8433	4217	5140	5,6					56,29	9,7	8	2
82	Perugia	31098	15549	20897	7								
83	Perugia	31098	15549	18954	8								
84	Perugia	31098	15549	20897	9								

85	Roma	68223	22741	29418		74		1	5		15	15	3
86	Roma	4288	2144	2773			6		3		10,55	10,55	
87	Roma	24703	12352	15056	4,3		6	3	5	49	8,2	7,8	2
88	Roma	15727	7864	11685	9,5		9	2	5			7,9	2
89	Roma	4824	2412	3120			6				7,6	7,6	
90	Roma	24879	12440	18484	5,5			2	4	37	8,1	7,1	2
91	Roma	22512	11256	14561					2	83,02	10,25	7	2
92	Roma	24879	12440	18484	5,5		6	2	4	34	7,4	6,8	2
93	Roma	7443	3722	5530	10,4		6		4		12,75	10	
94	Roma	24703	12352	15056	4,3		6	2	5	40,22	8	7,6	2
95	Roma	27584	9195	13663	9				3	67,5		11,5	3
96	Roma	4288	4288	5547			6		4	45,32	9,5	3,15	1
97	Roma	11140	5570	8277	7,9		6		3	48,93	9,9	8,2	2
98	Roma	7443	3722	5530	10,4		6		4	57	12,3	10	2
99	Torino	914	457	679	22,8	1300				63	10	10	
100	Torino	17724	8862	10803	6,7	1321				23,6	6,2		
101	Torino	8725	4363	6482	12							7,5	2
102	Torino	8725	4363	6482	12						7,5	7,5	2
103	Torino	25932	12966	19267	6,6	360		2	5	88,6	9,72	8	2
104	Torino	25932	12966	19267	6,6	350				88,6	9,72	8	
105	Trieste	6968	3484	4507									
106	Trieste	16080	8040	10401									
107	Trieste	7504	3752	4854									
108	Trieste	7504	3752	4854									
109	Trieste	nd	nd	nd									
110	Trieste	nd	nd	nd									
111	Trieste	9648	4824	6240									
112	Cosenza (A3 - Campania)	26800	13400	19678							7,7		
113	Cosenza (A3 - Campania)	26800	13400	19678							9,64		

114	Cosenza (A3 - Calabria)	13936	6968	10233									
115	Cosenza (A3 - Calabria)	13936	6968	10233		280	6				7,5		
116	Cosenza (A3 - Calabria)	13936	6968	10233		328	6		3				
117	Cosenza (A3 - Calabria)	10720	5360	7871		415	9		2		7,5		
118	Cosenza (A3 - Calabria)	10720	5360	7871		667	9	3	9		7,5		
119	Cosenza (A3 - Calabria)	10720	5360	7871		947	9	3	7		7,5		
120	Cosenza (A3 - Calabria)	10720	5360	7871		116	9	3	3		8,5		
121	Cosenza (A3 - Calabria)	10720	5360	7871		196	9	3	3		7,5		
122	Cosenza (A3 - Calabria)	10720	5360	7871		494	9	3	3		7,5		
123	Cosenza (A3 - Calabria)	10720	5360	7871		523	9	3	3		7,5		
124	Cosenza (A3 - Calabria)	13936	6968	10233							7,5		
125	Cosenza (A3 - Calabria)	13936	6968	10233		445	6		3		7,5		
126	Cosenza (A3 - Calabria)	13936	6968	10233		474	6		3		7,5		
127	Cosenza (A3 - Calabria)	10720	5360	7871		510	9	3	4		7,5		
128	Cosenza (A3 - Calabria)	13936	6968	10233		84	6		3		7,5		
129	Cosenza (A3 - Calabria)	10720	5360	7871		520	9		3		7,5		
130	Cosenza (A3 - Basilicata)	10720	5360	7871							10,32		
131	Cosenza (A3 - Basilicata)	10720	5360	7871							9,69		
132	Cosenza (A3 -	10720	5360	7871							9,81		

	Basilicata)												
133	Cosenza (A3 - Basilicata)	10720	5360	7871							9,72		
134	Cosenza (A3 - Basilicata)	10720	5360	7871							9,84		
135	Cosenza (A3 - Basilicata)	10720	5360	7871							9,66		
136	Cosenza (A3 - Basilicata)	10720	5360	7871							9,46		
137	Cosenza (A3 - Basilicata)	10720	5360	7871		740	9	3	4		7,5		
138	Venezia	5856	2928	3788								8,2	
139	Venezia	22512	11256	14561							11,255	9,4	2
140	Venezia	5937	2969	3840							10	7,9	2
141	Venezia	8040	4020	5200							9,95	6,56	2
142	Venezia	4599	2300	2975							9,83	8	2
143	Venezia	nd	nd	nd							10	7,7	2
144	Venezia	3631	1816	2349							9,87	5,85	2
145	Venezia	nd	nd	nd							10,16	6,82	2
146	Venezia	nd	nd	nd							8,5	7,5	2
147	Venezia	nd	nd	nd							9,8	7,9	2
148	Venezia	nd	nd	nd							9,7	8	2
149	Venezia	nd	nd	nd							6,346	6,7	2
150	Venezia	nd	nd	nd							11,5	9,8	2
151	Venezia	1742	871	1127							9,9	8	2
152	Venezia	8040	4020	5200							9,8	7,4	2
153	Venezia	nd	nd	nd							9,8	8	2
154	Catanzaro	30095	15048	18343	1,5	19,4	9		4		9,4	8	2
155	Catanzaro	30095	15048	18343	2,5	15	9		4		9,2	7,5	2
156	Catanzaro	13138	6569	8008	3,1	380	9	3	3	68	9,5	7,5	2
157	Catanzaro	13138	6569	8008	4,1	770	9	1	7	68	9,9	7	2
158	Catanzaro	13138	6569	8008	5,1	1430	9	3	3	64	9,85	8,1	2

159	Catanzaro	13138	6569	8008	6,1	1380	9	3	3	64	10	8	
160	Catanzaro	13138	6569	8008	7,1	800	9	3	3	64	9,5	8,5	2
161	Catanzaro	8767	4384	5900	7,7	750	9		6	64	7,5		
162	Catanzaro	8767	4384	5900	8,7	45	9		3	64	7,2		
163	Catanzaro	8767	4384	5900	9,7		3		3	64	7,2		
164	Catanzaro	29499	14750	20248	5,64	230	9		3	61,54	9,5	7,5	2
165	Catanzaro	29500	14750	20249	5,48	170	9		3	61,54	9,35	7	2
166	Catanzaro	4034	2017	2459	2,9	750		1	6	58	8,2	7,5	2
167	Catanzaro	4034	2017	2459	3,9	550			5	65	8,6	7,2	2
168	Firenze	1016	508	684	10,4							7	2
169	Firenze	7697	3849	5719	9,3							7,24	2
170	Firenze	3495	1748	2597	10,9							7,6	2
171	Milano	3752	1876	2427									
172	Milano	3752	1876	2427									
173	Milano	21572	10786	16027	6,4								
174	Milano	6580	3290	4010								7,07	2
175	Milano	12342	6171	9170	1								
176	Milano	6580	3290	4010									
177	Milano	21572	10786	16027									
178	Milano	4288	2144	2773									
179	Milano	4288	2144	2773									
180	Milano	17246	8623	12813	3,2								
181	Milano	20108	10054	12256	1,8								
182	Milano	21572	10786	16027	6,4								
183	Milano	2044	1022	1322							13,285	11,246	2
184	Milano	21572	10786	16027	6,4								
185	Milano	24369	12185	18106	8,1							7,5	2
186	Milano	21572	10786	16027	6,4								
187	Milano	21572	10786	16027	6,4								
188	Milano	nd	nd	nd									
189	Milano	21572	10786	16027	6,4								

190	Milano	16080	8040	10401									
191	Milano	16080	8040	10401							9,976	7,996	2
192	Milano	4288	2144	2773								9	2
193	Milano	13936	6968	9014									
194	Milano	16080	8040	10401							13,384	6,778	2
195	Milano	21572	10786	16027	6,4								
196	Milano	24369	12185	18106	8,1							8	2
197	Milano	21572	10786	16027	6,4								
198	Milano	6580	3290	4010								7,8	2
199	Milano	6580	3290	4010								7,4	2
200	Milano	16453	8227	10028	3,9								
201	Milano	15350	7675	11405	6,1								
202	Milano	21572	10786	16027	6,4								
203	Milano	21572	10786	16027	6,4								
204	Milano	nd	nd	nd								7,8	2
205	Milano	24369	12185	18106	8,1							7,5	2
206	Milano	10382	5191	7714	8,8								
207	Milano	10296	5148	7650	2,5								
208	Milano	12342	6171	9170	1								
209	Milano	3752	1876	2427									
210	Milano	3752	1876	2427									
211	Milano	12343	6172	9171	1								
212	Milano	13936	6968	9014								6,5	2
213	Milano	6580	3290	4010								8,2	2
214	Milano	6580	3290	4010								7,12	2
215	Milano	21572	10786	16027	6,4								
216	Milano	13936	6968	9014								6,5	2
217	Milano	21572	10786	16027	6,4								
218	Milano	4288	2144	2773								8,5	2
219	Milano	15350	7675	11405	6,1								
220	Milano	6580	3290	4010								8,06	2

221	Milano	nd	nd	nd									
222	Milano	10296	5148	7650	2,5								
223	Milano	8576	4288	5547									
224	Milano	19296	9648	12481								7,6	2
225	Milano	21572	10786	16027	6,4								
226	Milano	24369	12185	18106	8,1							7	2
227	Milano	10720	5360	6934									
228	Milano	10296	5148	7650	2,5								
229	Milano	21572	10786	16027	6,4								
230	Milano	21572	10786	16027	6,4								
231	Milano	21572	10786	16027	6,4								
232	Milano	21572	10786	16027	6,4								
233	Milano	13936	6968	9014								6,5	2
234	Milano	nd	nd	nd									
235	Milano	15350	7675	11405	6,1								
236	Milano	3752	1876	2427									
237	Milano	6580	3290	4010								7,11	2
238	Milano	nd	nd	nd								8,5	2
239	Milano	15350	7675	11405	6,1								
240	Milano	10382	5191	7714	8,8								
241	Milano	15350	7675	11405	6,1								
242	Milano	18328	9164	11171									
243	Potenza	1072	536	693									
244	Potenza	nd	nd	nd									
245	Potenza	4074	2037	2635									
246	Potenza	4074	2037	2635									
247	Potenza	4074	2037	2635									
248	Potenza	4074	2037	2635									
249	Potenza	4074	2037	2635									
250	Potenza	4074	2037	2635									
251	Potenza	4074	2037	2635									

252	Potenza	1822	911	1178									
253	Potenza	4074	2037	2635									
254	Potenza	1608	804	1040									
255	Potenza	1992	1608	2080									
256	Potenza	5360	2680	3467									
257	Potenza	nd	nd	nd									
258	Potenza	3216	1608	2080									
259	Potenza	3216	1608	2080									
260	Potenza	nd	nd	nd									
261	Potenza	5360	2680	3467									
262	Potenza	1072	536	693									
263	Potenza	5360	2680	3467									
264	Cagliari	6646	3323	4299									
265	Cagliari	8576	4288	5547						142,5	9,7	7,5	2
266	Cagliari	6432	3216	4160	1	350		1			8		2
267	Cagliari	6432	3216	4160									
268	Cagliari	6432	3216	4160								7,9	2
269	Cagliari	6432	3216	4160								7,9	2
270	Cagliari	1930	965	1248							8,1	4,02	2
271	Cagliari	1930	965	1248							8,3	4,15	2
272	Napoli	16080	8040	11807									2
273	Napoli	16080	8040	11807									2
274	Napoli	16080	8040	11807									2
275	Napoli	40000	20000	29371									2
276	Napoli	40000	20000	29371									2
277	Napoli	1286	643	832									2
278	Napoli	1286	643	832		550				62	8,5		
279	Napoli	21440	10720	14428		60							2
280	Napoli	21440	10720	13867	9	213	11			61	9		
281	Napoli	20100	10050	13526	10	500	11						2
282	Napoli	15080	7540	9754	10	600	111						2

283	Napoli	21440	10720	13867	10	600	111						2

Tab. 3 di 4

gallerie con L >500m	compartimento	raggio minimo di curvatura			pendenza longitudinale unica			pendenza longitudinale variabile						tipo		regime		presenza tratto di rinforzo
								in entrata %		interna %		in uscita %						
		in entrata	interno	in uscita	in entrata %	interna %	in uscita %	da	a	da	a	da	a	assiale continuo	laterale continuo	notturno	% diurno	
1	Ancona	300	2000		-1	-1	-1							1		1	50	1
2	Ancona	800			-2,5	-2,5	-2,5								1	1	0	
3	Ancona	650	650		0,3	0,3	0,3							1		1	0	1
4	Ancona		1300	1300	-1,1	-1,1	-1,1							1		1	0	1
5	Ancona	2000	750	750	0,5		0			0,5	-0,5				1	1	50	1
6	Ancona				-1	-1	-1							1		1	0	1
7	Ancona	2000	5000	5000	0,9		0,4			0,9	-0,4			1		1	50	1
8	Ancona	220						-3	3	-3	1	1	-4	1	1	1	50	1
9	Ancona	1000	1000	1000	-0,2		-1,6			-0,2	-1,6				1	1	50	1
10	Ancona	5000	500	525	-0,4	-0,4	-2							1	1	1	50	1
11	Ancona		720	970	-0,8	-0,8	-0,8							1		1		1
12	Ancona		1200		0,3					0,3	-2	-2	0,6	1		1		1
13	Ancona	1000		750	3	-1,5	-3							1	1	1		1
14	Ancona			1600	0,6	1,9	1,9							1		1		1
15	Ancona		250					2	4	0	2	0	-2	1		1		1
16	Ancona				0	0	0								1	1	50	1
17	Ancona		1000	450	2,9					2,9	-16	-1,6	0,9	1		1	65	1
18	Ancona				1	1	1							1	1	1		1
19	Ancona	208	1600	400	-5					-5	-3,5	-3,5	-1	1		1		1
20	Ancona			2000	3					3	-2,8	-2,8	-1,3	1		1	50	1
21	Aosta		100	100	0	1	0								1	1	20	
22	Bari				3,4													
23	Bari							2	3	2	3	2	3		1	1		1
24	Bari														1	1		1

25	Bari														1	1		
26	Bari							1	2	1	2	1	2		1	1		1
27	Bari																	
28	Bari	750												1		1		1
29	Bari																	
30	Bologna		960	960			-1,73	0	-1,73	0	-1,73				1	1		1
31	Bologna				3	3	3								1	1		1
32	Bologna														1	1		
33	Bologna														1	1		1
34	Bologna	1000	550	550	-3,14		-4,49			-3,14	-4,49				1	1		1
35	Bologna	1450	1000		-2,95		-2,95			1,46	-2,95			1		1		1
36	Bologna															1		1
37	Bologna														1	1		
38	Campobasso													1		1		1
39	Campobasso													1		1		
40	Campobasso																	
41	Campobasso														1	1	100	1
42	Campobasso																	
43	Campobasso														1	1		1
44	Campobasso	1000	350	350	0,2		3,2			0,74	3,2							
45	Campobasso																	
46	Campobasso													1		1		
47	Campobasso					3										1		
48	Genova	350	350	350	1	1	1							1		1	100	1
49	Genova		700	700	3	3	3							1		1	50	1
50	Genova	1000	1000		5	5	5							1		1	50	1
51	Genova			500	2,2	2,2	2,2							1		1	50	1
52	Genova													1		1	70	1
53	Genova		500		0	0	0							1		1	100	1

54	Genova		580		0,3		3			0,3	3			1		1	80	1
55	Genova	500	500	500	0	0	0							1		1	100	1
56	Genova			580	2,5		0,3			0,3	2,5			1		1	80	1
57	Genova				2	2	2							1		1	100	1
58	Genova		500		3,5		5			3,5	5			1		1	50	1
59	Genova			500	2,5	2,5	2,5							1		1	100	1
60	Genova		500		3	3	3							1		1	50	1
61	L'Aquila	300	300											1		1		
62	L'Aquila				5	5										1		1
63	L'Aquila																	
64	L'Aquila	780	550	550	4,71	4,71								1		1		1
65	L'Aquila													1	1	1		1
66	L'Aquila					3								1		1		
67	L'Aquila													1		1		1
68	L'Aquila				2	2								1		1		
69	L'Aquila																	
70	L'Aquila				2	2												
71	Perugia																	
72	Perugia			4196,35						3,6	2,5							
73	Perugia	751,45		346,3				2	0,4	0,4	-1,4				1	1	50	1
74	Perugia																	
75	Perugia	940		600						2,4	-1				1	1		
76	Perugia																	
77	Perugia																	
78	Perugia																	
79	Perugia																	
80	Perugia		476	519,43	-4,4	-4,4						-3	-4,4		1	1		1
81	Perugia	884	884	882	1,8					1,8	-0,2	-0,2	-0,1					
82	Perugia																	
83	Perugia																	
84	Perugia																	

85	Roma					0,2												
86	Roma				0,5	3	3,5								1	1		1
87	Roma																	
88	Roma													1		1		1
89	Roma													1		1		
90	Roma		800	800	2	2	2							1		1		1
91	Roma	350	600		0,76	1	1,99								1	1	95	1
92	Roma				1	1	1							1		1	20	1
93	Roma				1	1	1							1	1	1		
94	Roma	600			2	2	2							1		1	30	1
95	Roma		2000		2,2					2,9	2,2				1	1	100	1
96	Roma														1	1	70	1
97	Roma				2	2	2							1		1		1
98	Roma													1		1		
99	Torino				3,5	3,5	3,5								1	1	100	1
100	Torino	300		50	0,5		1			1	3				1	1	100	
101	Torino																	
102	Torino																	
103	Torino	1000		510	2,24	2,24	2,24								1	1	100	1
104	Torino	900	320	320	0,07		3,44			0,07	3,44				1	1	100	
105	Trieste																	
106	Trieste																	
107	Trieste																	
108	Trieste																	
109	Trieste																	
110	Trieste																	
111	Trieste																	
112	Cosenza (A3 - Campania)																	
113	Cosenza (A3 - Campania)													1		1		

114	Cosenza (A3 - Calabria)																	
115	Cosenza (A3 - Calabria)				3,42									1		1		
116	Cosenza (A3 - Calabria)				4,1													
117	Cosenza (A3 - Calabria)					4									1	1		
118	Cosenza (A3 - Calabria)					2,78									1	1		
119	Cosenza (A3 - Calabria)					2,91									1	1		
120	Cosenza (A3 - Calabria)					3,5									1	1		
121	Cosenza (A3 - Calabria)					4									1	1		
122	Cosenza (A3 - Calabria)					4									1	1		
123	Cosenza (A3 - Calabria)					2,5									1	1		
124	Cosenza (A3 - Calabria)					0,99									1	1		
125	Cosenza (A3 - Calabria)					2,5								1		1		
126	Cosenza (A3 - Calabria)					4												
127	Cosenza (A3 - Calabria)					5									1	1		
128	Cosenza (A3 - Calabria)					0,2									1	1		
129	Cosenza (A3 - Calabria)					4,5									1	1		
130	Cosenza (A3 - Basilicata)													1		1		
131	Cosenza (A3 - Basilicata)														1	1		
132	Cosenza (A3 -														1	1		

	Basilicata)																	
133	Cosenza (A3 - Basilicata)													1		1		
134	Cosenza (A3 - Basilicata)																	
135	Cosenza (A3 - Basilicata)													1		1		
136	Cosenza (A3 - Basilicata)													1		1		
137	Cosenza (A3 - Basilicata)					2,2									1	1		
138	Venezia																	
139	Venezia														1	1		1
140	Venezia																	
141	Venezia														1	1		1
142	Venezia														1	1		1
143	Venezia														1	1		1
144	Venezia														1	1		1
145	Venezia														1	1		1
146	Venezia														1	1		1
147	Venezia														1	1		1
148	Venezia													1		1		1
149	Venezia																	
150	Venezia														1	1		1
151	Venezia													1		1		1
152	Venezia														1	1		1
153	Venezia														1	1		
154	Catanzaro				1,4	1,4	1,4											
155	Catanzaro				0	0	0								1	1		
156	Catanzaro														1	1		1
157	Catanzaro				3,06		3,86			3,06	3,86			1		1	100	1
158	Catanzaro				1	1	1								1	1		1

159	Catanzaro														1	1		1
160	Catanzaro				2,6	2,6	2,6								1	1	100	1
161	Catanzaro														1	1	100	
162	Catanzaro													1		1	100	
163	Catanzaro														1	1	100	
164	Catanzaro														1	1	70	1
165	Catanzaro	250	250	250	2	2	2								1	1	70	1
166	Catanzaro		250	250	5	5	5								1	1		
167	Catanzaro				4	4	4											
168	Firenze														1	1	100	1
169	Firenze				1		-2			1	-2				1	1	100	1
170	Firenze													1		1	100	1
171	Milano													1		1		1
172	Milano																	
173	Milano													1		1	50	1
174	Milano													1		1		1
175	Milano														1	1		1
176	Milano																	
177	Milano																	
178	Milano																	
179	Milano																	
180	Milano																	
181	Milano																	
182	Milano													1		1	50	1
183	Milano														1	1		
184	Milano														1	1		1
185	Milano													1		1		1
186	Milano													1		1	50	1
187	Milano													1		1	50	1
188	Milano																	
189	Milano													1		1	50	1

190	Milano																	
191	Milano													1		1		1
192	Milano													1		1		1
193	Milano													1		1	100	1
194	Milano													1		1		1
195	Milano													1		1	50	1
196	Milano														1	1		1
197	Milano													1		1	50	1
198	Milano													1		1	5	1
199	Milano													1		1	5	1
200	Milano														1	1	100	1
201	Milano													1		1	100	1
202	Milano													1		1	50	1
203	Milano													1		1	50	1
204	Milano													1		1		1
205	Milano													1		1		1
206	Milano													1		1		1
207	Milano																	
208	Milano													1		1		1
209	Milano													1		1		1
210	Milano																	
211	Milano													1		1		1
212	Milano														1	1		1
213	Milano														1	1	5	
214	Milano													1		1		1
215	Milano													1		1	50	1
216	Milano														1	1		
217	Milano																	
218	Milano													1		1		1
219	Milano													1		1	100	1
220	Milano													1		1	5	1

221	Milano																	
222	Milano																	
223	Milano																	
224	Milano													1		1	50	1
225	Milano														1	1	50	1
226	Milano													1		1	10	1
227	Milano																	
228	Milano													1		1		1
229	Milano													1		1	50	1
230	Milano													1		1	50	1
231	Milano														1	1	50	1
232	Milano																	
233	Milano														1	1		1
234	Milano																	
235	Milano													1		1	100	1
236	Milano													1		1		1
237	Milano													1		1		1
238	Milano													1		1		1
239	Milano													1		1	100	1
240	Milano													1		1		1
241	Milano													1		1	100	1
242	Milano													1		1		1
243	Potenza																	
244	Potenza																	
245	Potenza																	
246	Potenza																	
247	Potenza																	
248	Potenza																	
249	Potenza																	
250	Potenza																	
251	Potenza																	

252	Potenza																	
253	Potenza																	
254	Potenza																	
255	Potenza																	
256	Potenza																	
257	Potenza																	
258	Potenza																	
259	Potenza																	
260	Potenza																	
261	Potenza																	
262	Potenza																	
263	Potenza																	
264	Cagliari																	
265	Cagliari	500	500	541	1,89	1,89	1,89							1				1
266	Cagliari													1		1	0	1
267	Cagliari	300		300											1	1	100	1
268	Cagliari			300								0,8	0,9	1		1	100	1
269	Cagliari													1		1	100	1
270	Cagliari														1	1	0	
271	Cagliari																	
272	Napoli																	
273	Napoli																	
274	Napoli																	
275	Napoli																	
276	Napoli																	
277	Napoli																	
278	Napoli																	
279	Napoli																	
280	Napoli	1498,5	1498,5					2,36	5,25	2,36	5,25				1			
281	Napoli																	
282	Napoli																	

283	Napoli																		

Tab. 4 di 4

gallerie con L >500m	compartimento	ventilazione		tipo ventilazione			con controsoffitti	semafori			estrazione fumi				guide alle vie di fuga					
		naturale	artificiale	longitudinale	trasversale	mista		preavviso	agli imbocchi	interni	condotta separata	com. da rilevatori	automatica	interna	piazzole	nicchie	rifugi	sos	s. guida + luminoso	in. Usc. + vicina
1	Ancona	1			1		1													
2	Ancona	1							1											
3	Ancona	1																		
4	Ancona	1																		
5	Ancona	1								1										
6	Ancona	1																		
7	Ancona	1																		
8	Ancona	1																		
9	Ancona		1	1																
10	Ancona	1																		
11	Ancona	1																		
12	Ancona		1	1																
13	Ancona		1	1					1											
14	Ancona		1	1																
15	Ancona	1							1											
16	Ancona	1																		
17	Ancona		1	1																
18	Ancona	1																		
19	Ancona		1	1					1											
20	Ancona	1																		
21	Aosta	1																		
22	Bari		1	1																
23	Bari	1																		
24	Bari		1	1					1			1								

25	Bari		1	1																
26	Bari																			
27	Bari		1	1																
28	Bari															1				1
29	Bari		1	1																
30	Bologna		1	1				1	1						1					1
31	Bologna	1													1			1		1
32	Bologna	1																		
33	Bologna	1																		
34	Bologna	1																		
35	Bologna		1	1				1	1			1								
36	Bologna		1	1																
37	Bologna	1																		
38	Campobasso																			
39	Campobasso	1																		
40	Campobasso																			
41	Campobasso		1	1																
42	Campobasso																			
43	Campobasso																			
44	Campobasso																			
45	Campobasso		1																	
46	Campobasso																			
47	Campobasso																			
48	Genova	1												1						
49	Genova	1																		
50	Genova	1																		
51	Genova		1	1				1	1			1								
52	Genova		1	1					1			1	1	1						
53	Genova	1																		
54	Genova	1																		
55	Genova	1																		

56	Genova																			
57	Genova	1																		
58	Genova	1																		
59	Genova	1																		
60	Genova		1	1					1	1		1								
61	L'Aquila		1	1																
62	L'Aquila																			
63	L'Aquila		1	1																
64	L'Aquila		1	1																
65	L'Aquila																			
66	L'Aquila																			
67	L'Aquila		1	1					1											
68	L'Aquila																			
69	L'Aquila																			
70	L'Aquila		1																	
71	Perugia																			
72	Perugia																			
73	Perugia																			
74	Perugia																			
75	Perugia		1	1					1			1								
76	Perugia																			
77	Perugia																			
78	Perugia																			
79	Perugia																			
80	Perugia																			
81	Perugia																			
82	Perugia																			
83	Perugia																			
84	Perugia																			
85	Roma																			
86	Roma	1																		

87	Roma																			
88	Roma																			
89	Roma																			
90	Roma		1						1											
91	Roma	1																		
92	Roma																			
93	Roma	1		1																
94	Roma																			
95	Roma	1																		
96	Roma															1				
97	Roma		1	1				1	1											
98	Roma	1																		
99	Torino																			
100	Torino		1	1				1	1					1	1			1	1	1
101	Torino	1																		
102	Torino	1																		
103	Torino	1	1	1					1						1					
104	Torino																			
105	Trieste																			
106	Trieste																			
107	Trieste																			
108	Trieste																			
109	Trieste																			
110	Trieste																			
111	Trieste																			
112	Cosenza (A3 - Campania)																			
113	Cosenza (A3 - Campania)																			
114	Cosenza (A3 - Calabria)																			
115	Cosenza (A3 -																			

	Calabria)																			
116	Cosenza (A3 - Calabria)																			
117	Cosenza (A3 - Calabria)																			
118	Cosenza (A3 - Calabria)																			
119	Cosenza (A3 - Calabria)																			
120	Cosenza (A3 - Calabria)																			
121	Cosenza (A3 - Calabria)																			
122	Cosenza (A3 - Calabria)																			
123	Cosenza (A3 - Calabria)																			
124	Cosenza (A3 - Calabria)																			
125	Cosenza (A3 - Calabria)																			
126	Cosenza (A3 - Calabria)																			
127	Cosenza (A3 - Calabria)																			
128	Cosenza (A3 - Calabria)																			
129	Cosenza (A3 - Calabria)																			
130	Cosenza (A3 - Basilicata)																			
131	Cosenza (A3 - Basilicata)																			
132	Cosenza (A3 - Basilicata)																			
133	Cosenza (A3 - Basilicata)																			

134	Cosenza (A3 - Basilicata)																			
135	Cosenza (A3 - Basilicata)																			
136	Cosenza (A3 - Basilicata)																			
137	Cosenza (A3 - Basilicata)		1	1																
138	Venezia																			
139	Venezia		1	1					1											
140	Venezia		1	1																
141	Venezia		1	1				1	1											
142	Venezia		1			1														
143	Venezia																			
144	Venezia																			
145	Venezia																			
146	Venezia	1		1																
147	Venezia																		1	
148	Venezia																			
149	Venezia																			
150	Venezia		1	1				1	1	1										
151	Venezia																			
152	Venezia		1	1					1											
153	Venezia																			
154	Catanzaro																			
155	Catanzaro																			
156	Catanzaro																			
157	Catanzaro																			
158	Catanzaro																			
159	Catanzaro																			
160	Catanzaro																			
161	Catanzaro	1																		

162	Catanzaro	1																		
163	Catanzaro	1																		
164	Catanzaro	1																		
165	Catanzaro	1																		
166	Catanzaro																			
167	Catanzaro																			
168	Firenze		1	1																
169	Firenze		1	1				1	1			1	1							
170	Firenze																			
171	Milano								1											
172	Milano																			
173	Milano		1	1				1	1			1						1		
174	Milano																			
175	Milano		1	1								1	1							
176	Milano																			
177	Milano																			
178	Milano																			
179	Milano																			
180	Milano																			
181	Milano																			
182	Milano														1			1		
183	Milano		1			1														
184	Milano																			
185	Milano		1	1				1	1											
186	Milano		1	1				1	1			1			1			1		
187	Milano		1	1				1	1			1			1			1		
188	Milano																			
189	Milano		1	1				1	1			1			1			1		
190	Milano																			
191	Milano																			
192	Milano																			

193	Milano		1	1				1	1			1	1		1					
194	Milano		1			1			1			1								
195	Milano		1	1				1	1			1			1			1		
196	Milano		1	1				1	1											
197	Milano		1	1				1				1						1		
198	Milano		1	1					1			1								
199	Milano		1	1					1			1								
200	Milano		1	1								1	1	1						
201	Milano		1	1				1	1			1	1		1					
202	Milano		1	1					1			1	1		1	1	1	1		1
203	Milano		1	1				1	1			1			1			1		
204	Milano		1	1					1											
205	Milano																			
206	Milano																			
207	Milano																			
208	Milano																			
209	Milano																			
210	Milano																			
211	Milano		1	1					1			1	1		1					
212	Milano																			
213	Milano																			
214	Milano																			
215	Milano		1	1				1	1			1			1			1		
216	Milano	1																		
217	Milano																			
218	Milano																			
219	Milano		1	1				1	1			1	1		1					
220	Milano																			
221	Milano																			
222	Milano																			
223	Milano																			

224	Milano		1	1					1			1			1					
225	Milano		1	1					1			1			1			1		1
226	Milano		1	1				1	1											
227	Milano																			
228	Milano																			
229	Milano		1	1				1	1			1			1			1		
230	Milano		1	1				1	1			1						1		
231	Milano		1	1					1		1	1	1		1		1	1		1
232	Milano																			
233	Milano																			
234	Milano																			
235	Milano		1	1				1	1		1	1	1		1		1			
236	Milano																			
237	Milano																			
238	Milano																			
239	Milano		1	1				1	1			1	1		1					
240	Milano																			
241	Milano		1	1				1	1			1	1		1					
242	Milano																			
243	Potenza																			
244	Potenza																			
245	Potenza																			
246	Potenza																			
247	Potenza																			
248	Potenza																			
249	Potenza																			
250	Potenza																			
251	Potenza																			
252	Potenza																			
253	Potenza																			
254	Potenza																			

255	Potenza																			
256	Potenza																			
257	Potenza																			
258	Potenza																			
259	Potenza																			
260	Potenza																			
261	Potenza																			
262	Potenza																			
263	Potenza																			
264	Cagliari																			
265	Cagliari																			
266	Cagliari																			
267	Cagliari	1		1																
268	Cagliari																			
269	Cagliari																			
270	Cagliari																			
271	Cagliari																			
272	Napoli		1																	
273	Napoli		1																	
274	Napoli		1																	
275	Napoli	1																		
276	Napoli																			
277	Napoli	1																		
278	Napoli	1													1					
279	Napoli																			
280	Napoli		1	1								1		1						
281	Napoli																			
282	Napoli																			
283	Napoli																			

Appendice C

C-1. Approfondimenti sugli impianti

In generale gli impianti all'interno di una galleria sono distinguibili in 3 categorie:

1) impianti di illuminazione;
2) impianti di ventilazione;
3) impianti antincendio.

C-1.1 Impianti d'illuminazione

L'illuminazione delle gallerie stradali ha lo scopo di garantire agli utenti condizioni di comfort e di sicurezza pari a quelle dei tratti all'aperto che precedono e seguono la galleria.

Ai soli fini della loro illuminazione, le gallerie si distinguono in *lunghe* e *corte* [18][12].

Le gallerie lunghe, differiscono dalle corte, per il fatto che il guidatore posto ad una distanza dall'imbocco pari alla distanza d'arresto non vede il portale d'uscita.

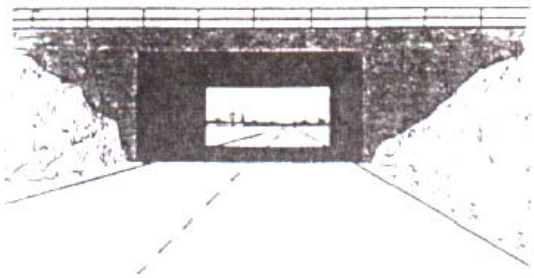


Figura 80 – Galleria *corta*

Non essendo possibile né conveniente tecnicamente ed economicamente, realizzare in un galleria un'illuminazione pari a quella esterna, è almeno necessario individuare i livelli minimi di cui dotare ogni tratto caratteristico in cui viene divisa la galleria:

1) tratto di *rinforzo* (dopo l'imbocco);
2) tratto di *transizione*;
3) tratto *interno*;
4) tratto *terminale*.

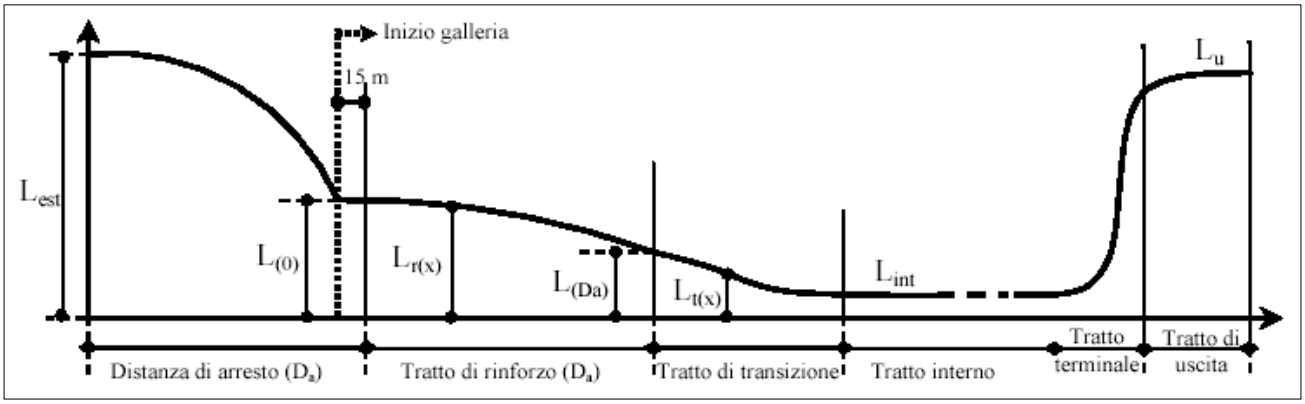


Figura 81 – Livello di luminanza per tratti.[12]

I primi due tratti sono quelli più importanti; in essi, infatti, attraverso la determinazione del livello di luminanza (cd/mq) da realizzare nel tratto iniziale (e per quale lunghezza) e, successivamente, di quello necessario ad adattare gradualmente la vista, si può garantire al guidatore la percezione della presenza di eventuali ostacoli all'interno del tunnel evitando l'effetto *buco nero* di un interno con luminosità troppo bassa rispetto all'esterno (che diventa effetto *abbagliamento* all'uscita).

Figura 82 – Effetto *buco nero*

Figura 83 – Effetto abbagliamento

Le possibili soluzioni illuminotecniche sono classificabili in tre gruppi:

- longitudinale a flusso contrario;
- longitudinale a flusso simmetrico;
- trasversale a flusso simmetrico.

Il sistema longitudinale a flusso contrario è costituito da proiettori installati sul soffitto della galleria in corrispondenza dell'asse di mezzeria della corsie di marcia. L'inclinazione del fascio luminoso genera, incidendo sulla pavimentazione, una superficie verticale rischiarata che funge da sfondo luminoso per gli ostacoli, percepiti per contrasto scuro su chiaro.

Il problema di questo sistema d'illuminazione è che l'ombra di un veicolo viene proiettata su quello che lo segue: nel caso di un mezzo pesante, la sua ombra può completamente inglobare l'auto che lo segue. Per ridurre tale effetto negativo è necessario che una parte del fascio luminoso sia direzionata contro le pareti.

Il sistema longitudinale a flusso simmetrico è di diretta derivazione stradale e si realizza con proiettori che diffondono la luce lateralmente alla perpendicolare all'asse stradale e comporta, causa il mancato illuminamento delle pareti, il suddetto problema delle ombre dei veicoli.

Il privilegio, infine, dell'illuminazione delle pareti laterali si ha con il sistema trasversale a flusso simmetrico.

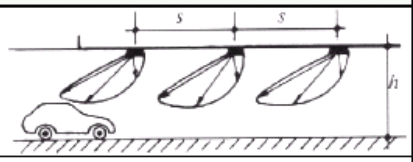
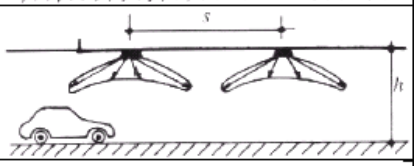
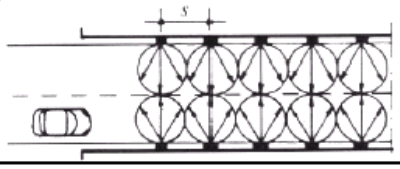
Soluzioni illuminotecniche		Rapporto max interdistanza (s) ed altezza (h) di sospensione: s/h	Lampade impiegate	Efficienza: cd/W
Longitudinale a flusso contrario		2 – 2.5	Vapori di sodio ad alta pressione con bulbo trasparente	4.5
Longitudinale a flusso simmetrico		3.5	Vapori di sodio a bassa pressione	4.5
		4	Vapori di sodio ad alta pressione	3.5 – 4
Trasversale a flusso simmetrico		1.5	Tubi fluorescenti	2
			Vapori di sodio a bassa pressione	4
		2	Vapori di sodio ad alta pressione	2.8

Figura 84 – Soluzioni illuminotecniche.[12]

Le *gallerie corte*, se non illuminate in maniera adeguata all'esterno possono apparire non come un buco nero ma come una *cornice nera* [18]:

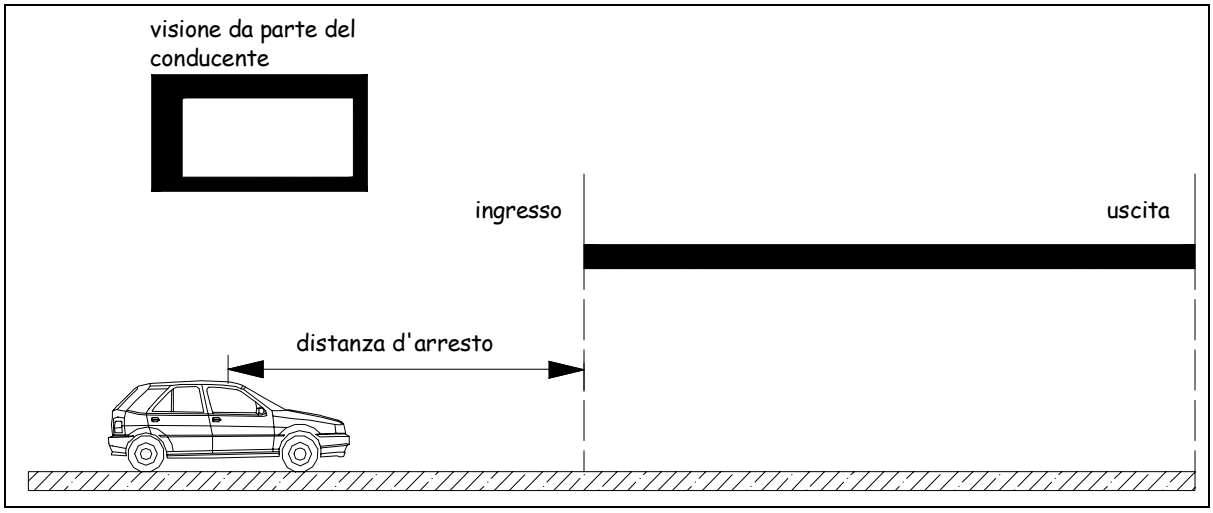


Figura 85 – Galleria *corta*, visione d'ingresso.

È anche vero, però, che a differenza delle gallerie lunghe, gli ostacoli risultano quasi tutti visibili, in particolare, come sagome scure sul fondo chiaro del portale d'uscita. Questo tipo di gallerie vengono diversamente illuminate secondo la lunghezza L :

- L>100m: stessa illuminazione di quelle lunghe;
- 50<L<100m per gallerie rettilinee e L>25m per gallerie in curva: illuminazione artificiale costante pari ad 1/10 di quella esterna;
- L<50m in rettilineo e <25m in curva: va spezzata la cornice attraverso l'inserimento di una striscia luminosa trasversale di luminanza pari a quella esterna.

C-1.2 . Impianti di ventilazione

I veicoli stradali immettono nell'atmosfera i prodotti della combustione dei rispettivi carburanti. La miscela comburente, infatti, formulata per ottenere un giusto rapporto tra ossigeno e carbonio in condizioni ottimali, produce, lontano da esse, diversi tipi di inquinanti.

In galleria la diminuzione di ossigeno e l'aumento della temperatura rispetto alle condizioni ambientali del resto del tracciato stradale, creano una non perfetta combustione che produce (invece che la sola anidride carbonica ed il vapor d'acqua) ossido di carbonio (CO) ed un pulviscolo di particelle di carbonio incombusto (HC o fumi neri).
Tali inquinanti provocano, oltre che il danno estetico dell'annerimento delle pareti della galleria, una riduzione di visibilità per l'opacità dell'aria ed un ristagno di sostanze nocive.

In fase di progettazione di una galleria, queste considerazioni sono necessarie per la collocazione degli sbocchi rispetto alla sensibilità di eventuali ricettori posti in prossimità di essa; in fase di esercizio, rendono necessaria una diluizione tale da assicurare buone condizioni di sicurezza sia dal punto di vista fisiologico che dell'opacità dell'aria.

Per la diluizioni degli inquinanti, in gallerie di modesta lunghezza ed a basso traffico, può essere sufficiente la ventilazione naturale (dovuta alle condizioni atmosferiche e all'effetto pistone prodotto dai veicoli stessi sull'aria della galleria).

Per le gallerie lunghe e per quelle comunque interessate da forte traffico, è necessaria una ventilazione meccanica per la cui progettazione vanno presi in considerazione tutti i parametri rappresentativi della galleria:

l'ambito territoriale in cui ricade;

la tipologia;

la geometria longitudinale e trasversale;

le caratteristiche del traffico.

In generale, le tipologie di impianti di ventilazione che si possono realizzare in galleria sono le seguenti [12]:

1) longitudinale;
2) semitrasversale;
3) trasversale;
4) sistemi misti.

L'impianto di ventilazione longitudinale è costituito da ventilatori assiali singoli o in coppie appesi alla volta della galleria ed intervallati in modo regolare. Tali ventilatori sono in realtà degli acceleratori, detti anche *jet-fans*, che inducono un flusso d'aria all'interno della galleria: essi, infatti, sfruttano il principio aerodinamico dell'*induzione*, cioè l'influenza sull'area della pressione e della velocità del veicolo stesso; tali ventilatori, quindi, aiutano il flusso d'aria già indotto dai veicoli attraverso l' effetto pistone.

Questo sistema si usa maggiormente per le gallerie monodirezionali perché in quelle bidirezionali ci sarebbe una parte del flusso veicolare favorevole ed una contraria al moto dell'aria con una conseguente resistenza.

La progettazione di tale impianto di ventilazione è basata, quindi, sulla base del valore di *spinta* da realizzare più che sulla *portata*.

Figura 86 – Impianto di ventilazione longitudinale. Fonte [12]

L'impianto di ventilazione semitrasversale può essere di tipi: in mandata o in ripresa.

L'impianto in mandata immette aria fresca da griglie poste lateralmente lungo lo sviluppo della galleria, mentre l'aria inquinata esce per sovrappresione dalle camere di ventilazione; nel secondo tipo, invece, si estrae l'aria inquinata dalle griglie mentre l'aria fresca entra per depressione dall'alto.

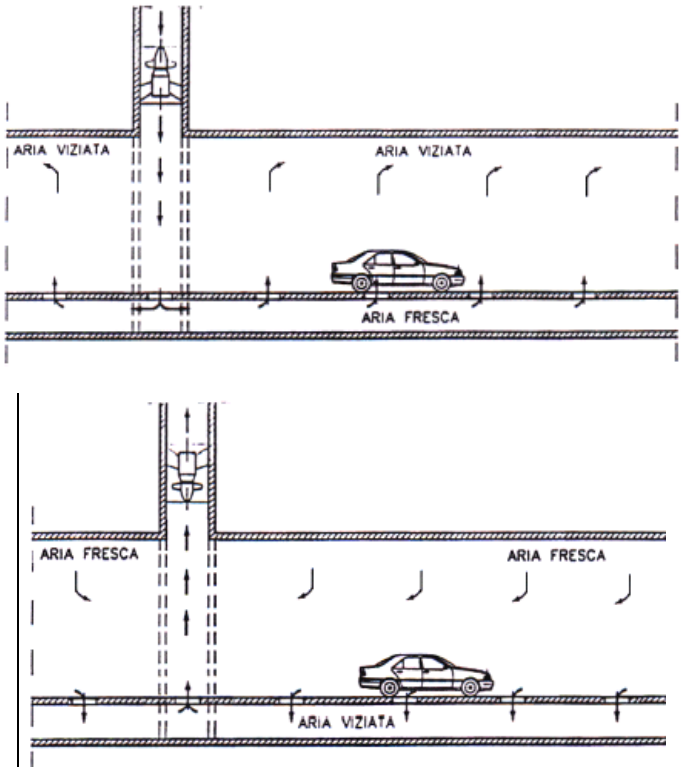


Figura 87 – Impianto di ventilazione semitrasversale in mandata ed in ripresa. Fonte [12]

Nell'impianto di ventilazione trasversale, utilizzato in prevalenza per gallerie lunghe ad una canna, e con traffico intenso se urbane, l'aria fresca viene immessa da bocchette disposte regolarmente lungo un condotto parallelo all'asse della galleria; l'aria viziata viene, poi, estratta attraverso uguali bocchette di un ulteriore condotto.

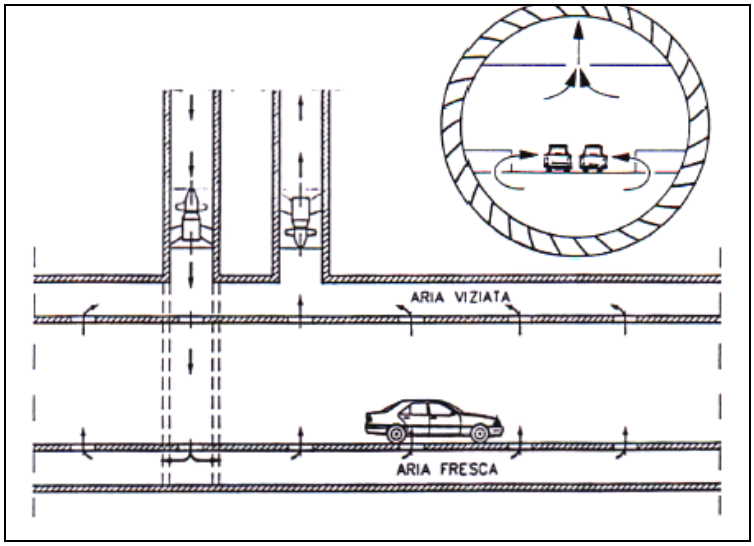


Figura 88 – Impianto di ventilazione trasversale. Fonte [12]

Le differenze economiche tra i tre tipi di impianti sono dovute essenzialmente dalla necessità per gli ultimi due tipi di ulteriori opere civili dedicate (i canali di ventilazione, ad esempio) che non sempre sono ricavabili dallo sfruttamento di una parte non utilizzata della galleria:

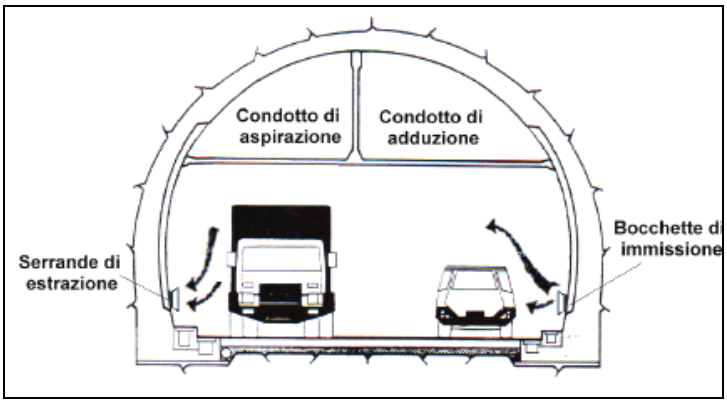


Figura 89 – Sezione provvista di impianto di ventilazione trasversale con i condotti alloggiati superiormente. Fonte [12]

Un aspetto importante degli impianti di ventilazione è l'influenza sullo sviluppo e lo spegnimento degli incendi.

Se la potenza termica emessa e la durata di un incendio dipendono dai materiali coinvolti, lo sviluppo dell'incendio dipende, infatti, in modo sensibile dalla velocità dell'aria.

Il tempo necessario per lo sviluppo di un incendio, dall'innesco, è limitato a 7-10 minuti, di conseguenza il tempo disponibile per l'evacuazione è limitato ulteriormente dal degrado della visibilità prodotto dai fumi.

A tal proposito, un notevole risultato ottenuto dalla ricerca, in campo svizzero- austriaco, è la verifica dell'effetto *stratificazione* [12]. In condizioni di velocità longitudinale ridotta dell'aria (<0.5m/s) e modesta pendenza longitudinale, i fumi caldi tendono a salire riempiendo la sezione superiore della galleria, mantenendo, di conseguenza, la sezione inferiore libera per un certo lasso di tempo (8 minuti) ed una limitata estensione longitudinale (200m).

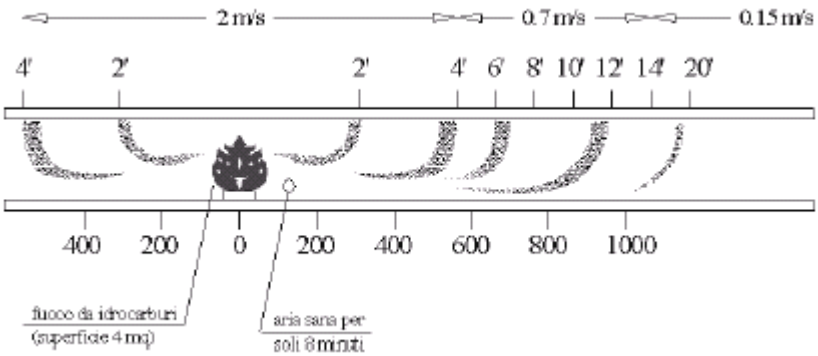


Figura 90 – Andamento della temperatura in galleria a seguito dell'incendio di un'autovettura. Fonte [12]

C-1.3 . Impianti antincendio

Un incendio in galleria è raramente, come già introdotto, la conseguenza di un tipo classico di incidente (collisione tra due veicoli o sbandamento di un veicolo con successivo urto contro la parete): è di frequente, invece, causato dalle fiamme generate da guasti meccanici e/o elettrici del veicolo.

La difesa, quindi, dagli incendi in galleria è soprattutto una difesa contro gli incidenti dei mezzi pesanti, maggiormente soggetti a guasti da usura, e dalle merci trasportate che il più delle volte contribuiscono ad alimentare il carico incendiabile.

Infatti, il carico d'incendio è quasi totalmente imputabile ai veicoli coinvolti, visto l'uso sempre più diffuso di materiale incombustibile usato dai progettisti.

La recente Circolare del 6/12/1999, n.7938, obbliga gli enti proprietari e concessionari di strade ad attrezzare tutte le gallerie stradali extraurbane (L≥1000m) ed urbane (L≥500m) con dotazioni minime di sicurezza che, per l'antincendio, si articolano in:

- *estintori (a mano)* da collocare in corrispondenza delle piazzole di emergenza;
- *idranti* ogni 200m, per le gallerie con L≥2000m.

Figura 91 – Circolare 7938/1999- fig.II 178 art.135

Un sistema automatico, inoltre, di spegnimento degli incendi è costituito dagli *sprinklers*: serie di estintori automatici a pioggia che, collegati ad una rete idrica, coprono l'intera galleria; ogni getto si apre separatamente dagli altri, su segnalazione di un rilevatore d'incendio, che mette in funzione il sistema d'allarme.

C-1.4 . Ulteriori misure

Le ulteriori misure che agiscono sulla sicurezza dei tunnel stradali possono avere natura progettuale e/o impiantistica.

Di natura progettuale sono le misure relative a:

- *vie di fuga* e *piazzole d'emergenza* ;
- *by-pass* (ogni 400m per le gallerie a doppio foro con L>1000m);
- *luoghi sicuri* a prova di fumo e fuoco in prossimità delle piazzole d'emergenza.

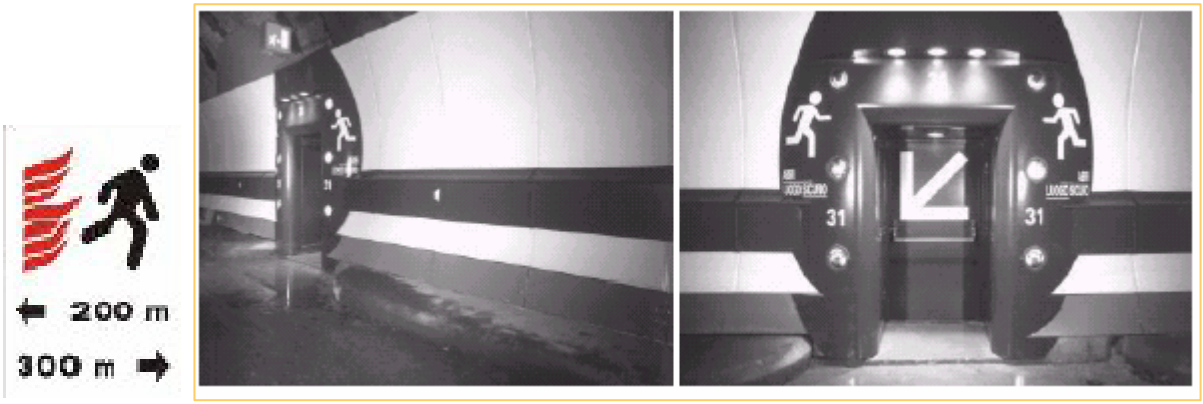


Figura 92 – Indicazione luoghi sicuri

Figura 93 – Esempio di *by-pass* in costruzione

Di natura impiantistica sono le misure relative a:

- *segnaletica* all'esterno ed all'interno della galleria;
- s*egnali luminosi* (per la regolazione del traffico e pannelli);
- monitoraggio dell'aria;
- monitoraggio del traffico.

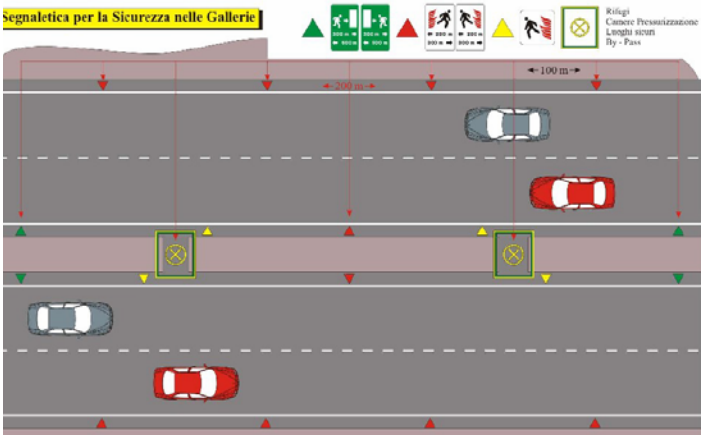


Figura 94 – Segnaletica in galleria. Fonte :3M.

Bibliografia

Letteratura di settore

[1]. M.L. De Guglielmo, R. Lamberti (2006) – *Analisi del rischio in galleria: due casi di studio* – XXV Convegno Nazionale Stradale, AIPCR –Napoli, 4/7 Ottobre 2006.

[2]. M.L. De Guglielmo, R. Lamberti, A. Montella (2006) – *Valutazione critica delle gallerie italiane rispetto alla Direttiva EU 2004/54 ed alle normative nazionali* – XXV Convegno Nazionale Stradale, AIPCR –Napoli, 4/7 Ottobre 2006.

[3]. L. Verde (2006) – *L'analisi quantitativa di rischio come strumento di scelte operative e di progetto nella costruzione di gallerie ferroviarie* – Strade & Autostrade 1-2006.

[4]. M.L. De Guglielmo, R. Lamberti (2005) – *Probabilistic risk analysis in road tunnel safety* – III International S.I.I.V. Congress "People, Land, Environment and Transport Infrastructures "– Bari, 22/24 settembre 2005.

[5]. E. Galatola (2005) – *L'applicazione delle tecniche di analisi del rischio industriale alla sicurezza stradale: una proposta metodologica ed operativa* – XXI CONVEGNO 3ASI "L'analisi dei rischi come strumento di supporto alle decisioni" - Roma, 22/23 novembre 2005.

[6]. Zio E. (2005) - *Risk and Risk Analysis: Concepts and Techniques* - HKARMS Risk Management Workshop - Hong Kong, November 30, 2005.

[7]. M. Caira, A. Ghibellini (2004) – *Applicazione del Fault Tree dinamico alla manutenzione* - Convegno nazionale "Valutazione e Gestione del Rischio negli insediamenti civili ed industriali" – Pisa, 19/21 ottobre 2004.

[8]. Snam progetti - *Analisi di rischio ed affidabilità dei sistemi di allarme e blocco* – WORKSHOP "Sistemi di sicurezza nell'industria di processo. Impatto della norma EN CENELEC 61508 e Standard IEC 61511 sulla progettazione, installazione e utenti finali" ENI ITO1.

[9]. www.iee.org/Policy/Areas/Health/hsb26a.cfm

[10]. www.relexsoftware.it

[11]. M. Caira, M. Carcassi, A. Carpignano, F. Castiglia, E.Zio (2004) – *Le incertezze dell'analisi del rischio* – Convegno nazionale "Valutazione e Gestione del Rischio negli insediamenti civili ed industriali" – Pisa, 19/21 ottobre 2004.

[12]. Canale S., Leopardi S. (2003)- *Appunti di teoria delle infrastrutture viarie* (capitolo 9) - Università degli Studi di Catania, Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale, Collana quaderni didattici n°5.

[13]. A. Carpignano (2002) – *Il rischio tecnologico* – Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

[14]. A. Simone, K. Biasuzzi (2002) – *Indagine della sicurezza in galleria in relazione al comportamento del conducente* – XII Convegno S.I.I.V., Parma 2002.

[15]. AIPCR, XXIV Convegno Nazionale Stradale. (2001)- *Raccomandazioni del Gruppo di Esperti sulla sicurezza nelle gallerie stradali emanate dalle Nazioni Unite*, ECE.

[16]. S. Canale, S. Leonardi (2001) – *Nuove aspettative di sicurezza per le gallerie stradali: il contributo della ricerca scientifica* – XI Convegno S.I.I.V., Verona 28/30 novembre 2001.

[17]. Pacilio N., Sacripanti A. (2001) – *Tunnel intelligenti. Gallerie dinamiche e analisi del rischio variabile nel tempo* – Progetto FIT, ENEA.

[18]. CETU (2000) - *Dossier pilote des tunnels*- Centre d'études des tunnels- France.

[19]. Canale S.,Leopardi S., Fabiano C. (1998) – *Il concetto di rischio e gli ambiti applicativi dell'analisi del rischio* – Quaderno N. 100, Istituto di Strade Ferrovie ed Aeroporti – Catania.

[20]. Spadoni G. (1999) – *Il rischio d'area* – Convegno "Rischio ed ambiente", Torino 16/17 marzo 1999.

[21]. Canale S.,Leopardi S., Nicosia F. (1998) – *Pericolosità stradale ed interventi per ottenere l'isorischio di percorrenza* – Convegno SIIV "Adeguamento funzionale e manutenzione delle infrastrutture viarie"- Milano, 19/20 ottobre 1998.

[22]. U.S. Nuclear Regulatory Commission (1981) – Fault tree handbook – NUREG 0492

[23]. www.crfproject-eu.org

Riferimenti normativi

[24]. Decreto Legislativo 5/10/2006 – "Attuazione della direttiva 2004/54/CE in materia di sicurezza per le gallerie della rete stradale transeuropea" – G.U. n. 235 del 9/10/2006, suppl. ordinario n. 195.

[25]. Parlamento e Consiglio Europeo - Direttiva 2004/54/CE del 29/04/2004 "Requisiti minimi di sicurezza per le gallerie della Rete Stradale Transeuropea".

[26]. Direttiva Seveso II (96/82/CE) recepita dal D.Lg.vo 334/99 e modificata dalla Direttiva Seveso Ter (2003/105/CE) recepita dal D.Lg.vo 238/2005.

[27]. ANAS – Circolare interna n.33 del 2005 "Sagome interne e principali dotazioni infrastrutturali delle gallerie stradali" . Scaricabile dal sito www.stradeanas.it, su richiesta.

[28]. Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - D. M. 14/09/2005, n.3476 "Norme di illuminazione delle gallerie stradali".

[29]. Parlamento e Consiglio Europeo- Direttiva 2004/54/CE del 29/04/2004 "Requisiti minimi di sicurezza per le gallerie della Rete Stradale Transeuropea".

[30]. Commissione Luce ed Illuminazione - Norma Tecnica UNI 11095: 2003 del 01/12/2003 "Illuminazione delle gallerie".

[31]. Ministero dei Lavori Pubblici – D. M. 05/06/2001 "Sicurezza nelle gallerie stradali" .

[32]. Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - D. M. 05/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade".

[33]. Ministero dei Lavori Pubblici - Legge n.226 del 13/07/1999 "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 13/05/1999 n.132, recante interventi urgenti in materia di protezione civile".

[34]. ANAS – Circolare interna n.7735 del 08/09/1999 "Direttive per la sicurezza della circolazione nelle gallerie stradali"

[35]. Ministero dei Lavori Pubblici - Circolare n.7938 del 06/12/1999 "Sicurezza della circolazione nelle gallerie stradali con particolare riferimento ai veicoli che trasportano materiali pericolosi".

Fonte dei dati

[36]. www.aci.it - Annuario statistico 2005.

Cap III : Tab.III.1 "Consistenza del parco veicolare suddiviso per categoria" (anni da 1985 al 2004).

[37]. www.istat.it - Statistica degli incidenti stradali. Anni dal 1998 al 2004.

Capitolo 2 "Incidenti, persone infortunate e veicoli coinvolti" : Tavola 2.13 "Incidenti e persone infortunate per categoria di utenti della strada, secondo la conseguenza e la circostanza accertata o presunta dell'incidente".

[38]. Data base ANAS (2005) - "Censimento delle gallerie stradali in esercizio" - Direzione Centrale Lavori Ispettorato IV, Ufficio Tecnico di Roma - Supporto digitale.

[39]. Colantuoni L., De Guglielmo M.L., Lamberti R., Montella A. (2006)- Analisi degli incidenti in galleria - Progetto MIUR 12811 "Sistema robotizzato di spegnimento incendi e monitoraggio ambientale permanente per gallerie stradali e ferroviarie", Rapporto DIT-SPE-OR1-2.9.

[40]. Colantuoni L., De Guglielmo M.L., Lamberti R., Montella A. (2005)- Cause prevalenti degli incidenti in galleria - Progetto MIUR 12811 "Sistema robotizzato di spegnimento incendi e monitoraggio ambientale permanente per gallerie stradali e ferroviarie", Rapporto DIT-SPE-OR1-1.6.