

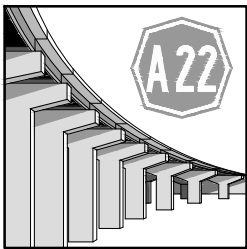
ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROV. DI TRENTO  
  
dott. ing. MARCO ZOCCHIO  
ISCRIZIONE ALBO N° 2799 - Sezione A

R.U.P.: dott. ing. Marco Zocchio

# autostrada del brennero

MANUTENZIONE STRAORDINARIA  
DI BARRIERE DI SICUREZZA  
NEL TRATTO COMPRESO TRA  
AFFI (VR) E MANTOVA NORD

|          |   |
|----------|---|
| 01.02.00 | RELAZIONI<br>Relazione tecnica sulle barriere di sicurezza<br>— |
|----------|---|

|                  |         |   |  |   |              |               |
|------------------|---------|---|--|---|--------------|---------------|
| 0                | 09/2023 | EMISSIONE   |  | I. SORAPERRA  | I. SORAPERRA | C. COSTA      |
| REVISIONE:       | DATA:   | DESCRIZIONE:  |  | REDAZIONE:  | VERIFICA:    | APPROVAZIONE: |
| DATA PROGETTO:   |         |  | <div>SERVIZIO<br/>CENTRI DI SICUREZZA<br/>AUTOSTRADALE</div> | PROGETTISTA:  |              |               |
| SETTEMBRE 2023   |         |   |  | <div>ORDINE DEGLI INGEGNERI<br/>DELLA PROV. DI BOLZANO<br/>Dott. Ing. CARLO COSTA<br/>Nr. 891<br/>INGENIEURKAMMER<br/>DER PROVINZ BOZEN</div> |              |               |
| NUMERO PROGETTO: |         |   |  |   |              |               |
| 100/23           |         |   |  |   |              |               |



**Autostrada del Brennero SpA**  
**Brennerautobahn AG**

**MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI BARRIERE  
DI SICUREZZA NEL TRATTO COMPRESO  
TRA AFFI (VR) E MANTOVA NORD**

**RELAZIONE TECNICA SULLE  
BARRIERE DI SICUREZZA**

## INDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. PREMESSA</b>  | <b>1</b>  |
| <b>2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO</b>                                       | <b>2</b>  |
| 2.1 Barriere di sicurezza .....   | 2         |
| 2.2 Materiali .....   | 4         |
| 2.3 Considerazioni sulle normative .....  | 4         |
| <b>3. CRITERI DI SCELTA DELLE BARRIERE DI SICUREZZA</b>                         | <b>6</b>  |
| 3.1 Analisi del rischio .....   | 6         |
| 3.2 Definizione delle classi dei dispositivi di sicurezza .....                 | 7         |
| 3.3 Forza media d'impatto e deformazioni dei dispositivi di sicurezza .....     | 9         |
| 3.4 Analisi delle caratteristiche del tracciato e dei livelli di traffico ..... | 10        |
| 3.5 Scelta delle barriere di sicurezza .....                                    | 11        |
| <b>4. PROGETTO DELLE BARRIERE DI SICUREZZA</b>                                  | <b>14</b> |
| 4.1 Generalità .....  | 14        |
| 4.2 Bordo laterale autostradale .....   | 15        |
| 4.3 Bordo autostradale su opere d'arte .....                                    | 16        |
| 4.4 Spartitraffico autostradale .....   | 17        |
| 4.5 Sovrappassi autostradali .....  | 18        |
| 4.6 Barriere antirumore .....   | 18        |
| 4.7 Bordo laterale delle piste di svincolo autostradali .....                   | 19        |
| 4.8 Aree di servizio e parcheggi .....  | 19        |
| 4.9 Punti singolari .....   | 20        |
| 4.9.1 Generalità .....  | 20        |
| 4.9.2 L'urto più probabile .....  | 20        |
| 4.9.3 Tipologie e descrizione dei punti singolari .....                         | 21        |
| <b>5. ELEMENTI DI PROTEZIONE COMPLEMENTARE</b>                                  | <b>22</b> |
| 5.1 Transizioni .....   | 22        |
| 5.2 Elementi Terminali: Terminali semplici .....                                | 23        |
| <b>6. CONCLUSIONI</b>   | <b>24</b> |

## 1. PREMESSA

La conformazione dell'infrastruttura autostradale ha un ruolo determinante nel ridurre la gravità delle conseguenze di molti incidenti, in particolare quelli che derivano dalla perdita del controllo del veicolo, con conseguente tendenza dello stesso a fuoriuscire dalla carreggiata stradale. I dispositivi di ritenuta posti lungo il tracciato e sulle piste autostradali, e tra essi in primo luogo le barriere di sicurezza stradale, giocano un ruolo importantissimo nel campo della riduzione del rischio per l'utenza in transito.

Già a partire dagli anni '90 Autostrada del Brennero Spa si è impegnata nella progettazione sperimentale di proprie barriere di sicurezza di tipo deformabile in acciaio (anziché di tipo rigido che possono compromettere la sicurezza delle persone a bordo delle autovetture, soprattutto delle utilitarie), investendo cospicue risorse a beneficio della sicurezza dei propri utenti.

Il funzionamento dei sistemi di ritenuta è fortemente condizionato da molteplici aspetti, quali la velocità del mezzo impattante, l'angolo di incidenza, le caratteristiche fisico-meccaniche del veicolo, la reazione del conducente, la dinamica dell'incidente, ecc. E' quindi evidente come, sia a livello normativo sia a livello di scelte progettuali, si debba fare riferimento a degli standard convenzionali diversi in relazione al tipo di dispositivo e all'impiego dello stesso.

Le normative in materia identificano e classificano a livello prestazionale i dispositivi di sicurezza stradali, le modalità di esecuzione delle prove in scala reale (crash test) ed i relativi criteri di accettazione, mentre, ferme restando le limitazioni minime di legge, è demandata al progettista delle barriere di sicurezza la scelta delle caratteristiche dei sicurvia da adottare. In particolare il tecnico identificherà la tipologia, la classe, il livello di contenimento, l'indice di severità, i materiali, le dimensioni, i vincoli, la larghezza di lavoro, ecc., tenendo conto delle caratteristiche geometriche del tratto stradale considerato e del traffico veicolare previsto. La scelta progettuale delle tipologie di barriere di sicurezza da adottare è in definitiva dunque legata ad un'analisi complessiva di rischio di fuoriuscita dei veicoli in transito.

Il progetto dei dispositivi di ritenuta fornisce le indicazioni per l'installazione delle barriere di sicurezza lungo i bordi laterali, nello spartitraffico, sulle opere d'arte e nei punti del tracciato che necessitano di una specifica protezione per la presenza di ostacoli potenzialmente esposti all'urto da parte di veicoli in svio.

## 2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

### 2.1 BARRIERE DI SICUREZZA

Il caposaldo normativo è costituito sostanzialmente dal D.M. n. 223 del 18/02/1992 - “Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza” e dalle sue successive modifiche e/o integrazioni. Le maggiori novità sono state poi introdotte dal D.M. 2367 del 21/06/2004 - “Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale” che ha sostanzialmente recepito le norme europee UNI EN 1317 (parti 1, 2, 3 e 4), armonizzando di fatto le norme italiane a quelle continentali.

Di seguito si riporta il quadro normativo italiano di riferimento per la progettazione dell'utilizzo della barriere di sicurezza stradali:

- Decreto Ministeriale n. 223 - 18/02/1992 - “Regolamento Recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza”;
- Circolare Ministeriale n. 2595 - 09/06/1995 - “Barriere stradali di sicurezza. Decreto Ministeriale 18 febbraio 1992, n. 223”;
- Circolare Ministeriale n. 2357 - 16/05/1996 - “Fornitura e posa in opera di beni inerenti la sicurezza della circolazione stradale”;
- Circolare Ministeriale n. 4622 - 15/10/1996 - “Istituti autorizzati all'esecuzione di prove d'impatto in scala reale su barriere stradali di sicurezza”;
- Decreto Ministeriale n. 4621 - 15/10/1996 - “Aggiornamento del decreto ministeriale 18 febbraio 1992, recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza”;
- Decreto Ministeriale 03/06/1998 - “Ulteriore aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e delle prescrizioni tecniche per le prove ai fini dell'omologazione”;
- Decreto Ministeriale 11/06/1999 - “Integrazione e modifiche al decreto ministeriale 3 giugno 1998 – ulteriore aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e delle prescrizioni tecniche per le prove ai fini dell'omologazione”;
- Circolare Ministeriale n. 2424 - 06/04/2000 - “Art. 9 del Decreto Ministeriale 18 febbraio 1992, n. 223 e successive modifiche: Aggiornamento della circolare recante l'elenco degli istituti autorizzati alle prove di impatto al vero ai fini dell'omologazione”;
- Decreto Ministeriale n. 4785 - 02/08/2001 - “Proroga dei termini previsti dall'articolo 3 del decreto ministeriale 11 giugno 1999, relativo alle barriere di sicurezza stradali”;
- Circolare Ministeriale n. 296 - 28/05/2002 - “Comunicazione dell'avvenuta omologazione di due barriere stradali di sicurezza per la classe H2, destinazione “bordo laterale” ai sensi dell'art. 9 del D.M. 18 febbraio 1992, n. 223”;
- Circolare Ministeriale n. 401 - 29/05/2002 - “Comunicazione dell'avvenuta omologazione di due barriere stradali di sicurezza per la classe H3, destinazione “bordo laterale” ai sensi dell'art. 9 del D.M. 18 febbraio 1992, n. 223”;

- Circolare Ministeriale n. 402 - 29/05/2002 - “Comunicazione dell’avvenuta omologazione di tre barriere stradali di sicurezza per la classe H4, destinazione “bordo laterale” ai sensi dell’art. 9 del D.M. 18 febbraio 1992, n. 223”;
- Circolare Ministeriale n. 1173 - 04/07/2002 - “Comunicazione dell’avvenuta omologazione di tre barriere stradali di sicurezza per la classe H4, destinazione “spartitraffico” ai sensi dell’art. 9 del D.M. 18 febbraio 1992, n. 223”;
- Circolare Ministeriale n. 3278 - 02/12/2002 - “Comunicazione dell’avvenuta omologazione di tre barriere stradali di sicurezza per la classe H1, destinazione “bordo laterale” ai sensi dell’art. 9 del D.M. 18 febbraio 1992, n. 223.”
- Decreto Ministeriale n. 3639 - 23/12/2002;
- Circolare Ministeriale n. 1958 - 27/05/2004 - “Comunicazione dell’avvenuta omologazione di tre barriere stradali di sicurezza per la classe H2, destinazione “spartitraffico” ai sensi dell’art. 9 del D.M. 18 febbraio 1992, n. 223”;
- Circolare Ministeriale n. 1959 - 27/05/2004 - “Comunicazione dell’avvenuta omologazione di tre barriere stradali di sicurezza per la classe H3, destinazione “spartitraffico” ai sensi dell’art. 9 del D.M. 18 febbraio 1992, n. 223”;
- Circolare Ministeriale n. 1960 - 27/05/2004 - “Comunicazione dell’avvenuta omologazione di tre barriere stradali di sicurezza per la classe N2, destinazione “bordo laterale” ai sensi dell’art. 9 del D.M. 18 febbraio 1992, n. 223”;
- Decreto Ministeriale n. 2367 - 21/06/2004 - “Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l’omologazione e l’impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale”;
- Direttiva Ministeriale n. 3065 - 25/08/2004 - “Criteri di progettazione, installazione, verifica e manutenzione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali”;
- Circolare Ministeriale n. 3533 - 20/09/2005 - “Direttive inerenti le procedure ed i documenti necessari per le domande di omologazione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali ai sensi del D.M. 21 giugno 2004 n. 2367”;
- Circolare Ministeriale n. 753 - 02/03/2006 - “Direttive inerenti le procedure ed i documenti necessari per le domande di omologazione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali ai sensi del D.M. 21 giugno 2004 n. 2367 – Integrazioni alla circolare n. 3533”;
- UNI EN 1317 - parte 1 - “Barriere di sicurezza stradali – Terminologia e criteri generali per i metodi di prova”;
- UNI EN 1317 - parte 2 - “Barriere di sicurezza stradali – Classi di prestazione, criteri di accettazione delle prove d’urto e metodi di prova per le barriere di sicurezza”;
- UNI EN 1317 - parte 3 - “Barriere di sicurezza stradali – Classi di prestazione, criteri di accettabilità basati sulla prova di impatto per attenuatori d’urto”;
- UNI EN 1317 - parte 4 - “Barriere di sicurezza stradali – Classi di prestazione, criteri di accettazione per la prova d’urto e metodi di prova terminali e transizioni delle barriere di sicurezza”;
- UNI EN 1317 - parte 5 - “Barriere di sicurezza stradali – Requisiti di prodotto e valutazione di conformità per sistemi di trattenimento veicoli”;
- Direttiva 89/106/CEE (Consiglio del 21 dicembre 1988 – G.U.C.E. 11 febbraio 1989 – L40 e G.U.C.E. 30 agosto 1993 – L220) - “CPD - Direttiva Prodotti da Costruzione”;
- D.P.R. 21 aprile 1993 - “Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione”;

- D.M. 08 aprile 2010 del Ministero dello Sviluppo Economico – “Elenco riepilogativo di norme concernenti l’attuazione della direttiva 89/106/CE relativa ai prodotti da costruzione”;
- Regolamento (UE) n. 305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 9 marzo 2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/204/CEE del Consiglio.

## 2.2 MATERIALI

Relativamente all’acciaio S355J0WP, principale materiale costituente le barriere di sicurezza tipo “Autobrennero”, si è fatto riferimento alle seguenti normative tecniche:

- CNR UNI 10011 - “Costruzioni in acciaio. Istruzioni per il collaudo, l’esecuzione, il collaudo e la manutenzione”;
- UNI EN 10025-1 - “Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali – Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura”;
- UNI EN 10025-5 - “Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali – Parte 5: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali con resistenza migliorata alla corrosione atmosferica”.

## 2.3 CONSIDERAZIONI SULLE NORMATIVE

Le seguenti considerazioni sono relative al quadro normativo attualmente in vigore per le barriere di sicurezza riassunto nel paragrafo 2.1.

Come già anticipato, l’impianto normativo generale per le barriere di sicurezza è ancora quello definito dal D.M. 18 febbraio 1992, seppur successivamente più volte aggiornato soprattutto relativamente alle Istruzioni Tecniche allegate al decreto.

Con D.M. 03 giugno 1998 è stata introdotta una serie di elementi estremamente utili al progettista per la definizione delle classi minime delle barriere da adottare e delle relative modalità di prova per l’omologazione. Il medesimo disposto normativo ha inoltre individuato chiaramente le zone da proteggere con i dispositivi di ritenuta: i bordi delle opere d’arte, lo spartitraffico, i bordi laterali nelle sezioni in rilevato con pendenza  $\geq 2/3$ , gli ostacoli fissi e situazioni con esigenze particolari di contenimento.

Il D.M. 21 giugno 2004, nel merito, ha contribuito con maggiore precisione alla definizione dei criteri progettuali ai quali il progettista dell’installazione deve riferirsi.

Una delle principali novità comprese nel citato disposto normativo è costituita inoltre dal fatto che, per le strade esistenti o per gli allargamenti in sede delle strade esistenti, come nel caso in oggetto, viene introdotto il concetto di “spazio di lavoro” delle barriere (inteso come larghezza del varco a tergo della barriera) necessario per la deformazione più probabile negli “incidenti abituali” della strada da proteggere, indicato come una frazione del valore della massima deformazione dinamica rilevato nei crash test.

Questo nuovo principio, che di fatto lascia una maggiore discrezionalità al progettista, si basa sulla definizione di “deformazione più probabile” e di “incidente abituale”, sull’utilizzo di dati statistici per la determinazione della massa del mezzo impattante, dell’angolo e della velocità d’urto associati ad una determinata probabilità di superamento ed infine sulla valutazione della deformata associabile all’incidente abituale come “frazione” della deformazione dinamica registrata in occasione dei crash test.

Va inoltre ricordato che il D.M. 8 aprile 2010 del Ministero dello Sviluppo Economico – *“Elenco riepilogativo di norme concernenti l’attuazione della direttiva 89/106/CE relativa ai prodotti da costruzione”* ha ufficializzato il recepimento della norma armonizzata UNI EN 1317-5 anche in Italia, fissando come data di scadenza del periodo di coesistenza delle norme nazionali e le norme europee il 1 gennaio 2011. Da tale data la presunzione di conformità è quindi basata sulle specifiche tecniche armonizzate e pertanto risulta obbligatoria l’installazione di sole barriere di sicurezza stradali provviste di marcatura CE.

Nel 2011 è stato emanato il Regolamento (UE) n. 305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio che ha fissato le condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che ha abrogato, sostituendola, la direttiva 89/204/CEE del Consiglio.



### 3. CRITERI DI SCELTA DELLE BARRIERE DI SICUREZZA

#### 3.1 ANALISI DEL RISCHIO

L'analisi del rischio in campo stradale diviene uno strumento importante ed indispensabile, non solo per identificare le cause ed i fattori che stanno alla base dell'evento "incidente", ma soprattutto per fornire informazioni utili per la prevenzione e riduzione degli stessi.

In generale, con "rischio" si intende il danno incerto a cui un dato soggetto si trova esposto in seguito a possibili eventi o concatenazione sfavorevole degli stessi. Dal punto di vista analitico esso può essere caratterizzato come la combinazione dei danni o delle conseguenze negative e delle probabilità ad esso associate.

Nell'ambito delle problematiche connesse all'incidentalità stradale non è possibile prescindere dal prendere in considerazione il binomio costituito dalle caratteristiche dell'infrastruttura e dal comportamento dell'utente. L'indice di rischio è dunque definibile come:

$$I_R = F \times S$$

dove:

- F è la frequenza di accadimento dell'incidente per fuoriuscita;
- S è il coefficiente di severità del sinistro.

E' evidente come tale definizione tenga in uguale conto sia le conseguenze provocate dall'incidente sia la probabilità che tale incidente possa verificarsi.

In relazione alla frequenza di accadimento dell'incidente F, si ritiene opportuno adottare un criterio che correli tale variabile all'entità del traffico veicolare sull'arteria, è infatti ovvio che al crescere delle portate veicolari s'incrementa la frequenza dei veicoli coinvolti in qualche tipologia di incidente.

In Tabella 3-1 si riporta la correlazione tra l'entità del traffico, espressa come Traffico Giornaliero Medio Equivalente (TGM)<sub>E</sub>, ed il rischio I<sub>R</sub> assunta nella presente trattazione.

| (TGM) <sub>E</sub> – veic/h | Indice di rischio I <sub>R</sub> | Livello di rischio |
|-----------------------------|----------------------------------|--------------------|
| 0 – 20.000                  | $0 < I_R \leq 0,2$               | Minimo             |
| 20.000 – 40.000             | $0,2 < I_R \leq 0,4$             | Medio              |
| 40.000 – 80.000             | $0,4 < I_R \leq 0,6$             | Alto               |
| $\geq 80.000$               | $0,6 < I_R \leq 1,0$             | Eccezionale        |

Tabella 3-1 Correlazione tra l'entità del traffico ed il rischio

Come parametro di riferimento si è assunto il Traffico Giornaliero Medio Equivalente inteso come TGM dei veicoli leggeri sommato al TGM dei veicoli pesanti moltiplicato per un coefficiente di equivalenza energetica E<sub>G</sub>.

Da un'analisi condotta sul parco italiano dei mezzi pesanti, considerando mediamente il peso di un veicolo leggero pari a 1.000 kg, è emerso come vi sia un rapporto di massa media tra mezzi pesanti e mezzi leggeri pari a 30.

L'energia cinetica posseduta da un qualsiasi veicolo al momento dell'impatto contro un ostacolo fisso è definita dalla seguente espressione:

$$E = \frac{1}{2} \cdot M \cdot V^2 \cdot \sin^2 \alpha$$

dove:

- M è la massa del veicolo;
- V è la velocità del veicolo al momento dell'urto;
- $\alpha$  è l'angolo d'impatto.

Il fattore di equivalenza energetico  $E_G$  è dunque definito dal seguente rapporto:

$$E_G = \frac{E_{PESANTE}}{E_{LEGGERO}} = \frac{\frac{1}{2} \cdot M_{PESANTE} \cdot V_{PESANTE}^2 \cdot \sin^2 \alpha_{PESANTE}}{\frac{1}{2} \cdot M_{LEGGERO} \cdot V_{LEGGERO}^2 \cdot \sin^2 \alpha_{LEGGERO}}$$

Considerando infine che statisticamente le velocità medie dei veicoli pesanti sono circa di 30-40 km/h inferiori rispetto a quelle dei veicoli leggeri si determina che il coefficiente  $E_G$  varia tra 12 e 18. Con buona approssimazione si può dunque assumere  $E_G = 15$ .

In definitiva il Traffico Giornaliero Medio Equivalente, a cui è correlata la frequenza di accadimento degli incidenti F e dunque l'indice di rischio  $I_R$ , risulta così definito:

$$(TGM)_E = (TGM)_{LEGGERI} + 15 \cdot (TGM)_{PESANTI}$$

### 3.2 DEFINIZIONE DELLE CLASSI DEI DISPOSITIVI DI SICUREZZA

Per la definizione delle classi di barriere da adottare in progetto risulta necessario definire, oltre alla classe funzionale ed alla destinazione delle protezioni (bordo rilevato, bordo ponte e spartitraffico), la classe di traffico a cui appartiene la strada oggetto di progettazione.

Il citato Decreto Ministeriale 21 giugno 2004, limitandosi al caso autostradale o di strade extraurbane principali, fissa le seguenti classi minime di barriere in funzione del tipo di traffico e destinazione (Tabella 3-2):

| TIPO DI STRADA                                     | TIPO DI TRAFFICO | BARRIERE SPARTITRAFFICO | BARRIERE BORDO LATERALE | BARRIERE BORDO PONTE <sup>(1)</sup> |
|--|------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| Autostrada (A) e strade extraurbane principali (B) | I                | H2                      | H1                      | H2                                  |
|  | II               | H3                      | H2                      | H3                                  |
|  | III              | H3-H4 <sup>(2)</sup>    | H2-H3 <sup>(2)</sup>    | H3-H4 <sup>(2)</sup>                |

**Tabella 3-2 Classi minime di barriere in funzione del tipo di traffico e destinazione**

(1) Per ponti o viadotti si intendono opere di luce superiore a 10 m; per luci minori sono equiparabili a bordo laterale;

(2) La scelta tra le due classi sarà determinata dal progettista;

Il tipo di traffico di un dato arco si definisce in funzione del Traffico Giornaliero Medio (TGM) e della prevalenza dei mezzi pesanti (massa > 3,5 ton) che lo compongono (Tabella 3-3):

| TIPO DI TRAFFICO | TGM    | % VEICOLI CON MASSA > 3,5 T |
|------------------|--------|-----------------------------|
| I                | ≤ 1000 | Qualsiasi                   |
| I                | > 1000 | ≤ 5                         |
| II               | > 1000 | 5 < n ≤ 15                  |
| III              | > 1000 | > 15                        |

**Tabella 3-3 Definizione del tipo di traffico in funzione del TGM e percentuale di mezzi pesanti**

Limitandosi alle classi previste per le barriere autostradali i livelli di contenimento garantiti dai sistemi di ritenuta definiti dalle norme sono di seguito riportati (Tabella 3-4):

| CLASSE DEL DISPOSITIVO | TIPO DI CONTENIMENTO            | LIVELLO DI CONTENIMENTO LC (kJ) |
|------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| H1                     | Normale                         | 127                             |
| H2                     | Elevato                         | 288                             |
| H3                     | Elevatissimo                    | 463                             |
| H4 (H4b)               | Per tratti ad altissimo rischio | 572 (725)                       |

**Tabella 3-4 Livelli di contenimento garantiti dai sistemi di ritenuta**

Correlando infine il livello di rischio prima definito con le classi di barriere contenute nel citato dispositivo normativo, si può ottenere il seguente quadro riassuntivo riportante per ciascuna destinazione la classe ed il livello di contenimento  $L_c$  in funzione di  $I_R$  (Tabella 3-5):

| INDICE DI RISCHIO    | LIVELLI DI RISCHIO | Autostrada (A) e strade extraurbane principali (B) |              |                |        |             |              |
|----------------------|--------------------|--|--------------|----------------|--------|-------------|--------------|
|                      |                    | Spartitraffico                                     |              | Bordo Laterale |        | Bordo Ponte |              |
| $0 < I_R \leq 0,2$   | Minimo             | H3   | 463 kJ       | H1             | 127 kJ | H2          | 288 kJ       |
| $0,2 < I_R \leq 0,4$ | Medio              | H3   | 463 kJ       | H2             | 288 kJ | H3          | 463 kJ       |
| $0,4 < I_R \leq 0,6$ | Alto               | H3   | 463 kJ       | H2             | 288 kJ | H3          | 463 kJ       |
| $0,6 < I_R \leq 1,0$ | Eccezionale        | H4(b)  | 572 (725) kJ | H3             | 463 kJ | H4(b)       | 572 (725) kJ |

Tabella 3-5 Livello di contenimento  $L_C$  in funzione di  $I_R$

### 3.3 FORZA MEDIA D'IMPATTO E DEFORMAZIONI DEI DISPOSITIVI DI SICUREZZA

Con riferimento alle indicazioni della norma europea UNI EN 1317 – parte 1, recepita di fatto dall'Italia per mezzo del Decreto Ministeriale 21 giugno 2004 la forza media d'impatto su di un dispositivo di sicurezza può essere determinata mediante un approccio cinematico, energetico o come funzione dello spostamento della barriera. Quest'ultimo metodo è quello assunto nella presente relazione.

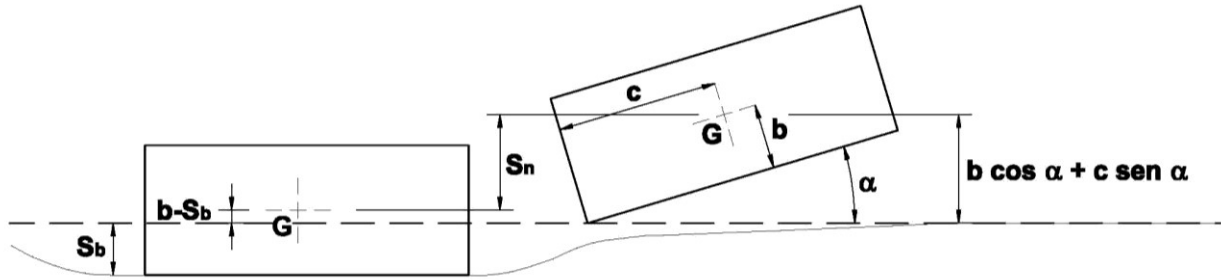


Figura 3-1 Rappresentazione schematica dei parametri per la determinazione della forza media di impatto

Con riferimento alla Figura 3-1, la componente ortogonale alla barriera della velocità di impatto  $V$  del centro di gravità del veicolo  $G$  decresce fino a 0 partendo dal suo valore iniziale pari a:

$$V_{ON} = V \cdot \sin \alpha$$

Se con  $S_n$  ed  $a_n$  si identificano rispettivamente lo spostamento e l'accelerazione media del baricentro del veicolo nella direzione ortogonale alla barriera, si può osservare che:

$$a_n = \frac{V_{ON}^2}{S_n}$$

e che la forza media agente sulla massa  $M$  del veicolo vale conseguentemente:

$$F_m = M \cdot a_n = \frac{M \cdot V_{ON}^2}{S_n}$$

Lo spazio percorso dal centro di massa  $S_n$  risulta:

$$S_n = (c \cdot \sin \alpha + b \cdot \cos \alpha) + S_b - b = c \cdot \sin \alpha + b \cdot (\cos \alpha - 1) + S_b$$

La forza media può essere dunque esplicitata come:

$$F_m = \frac{M \cdot (V \cdot \sin \alpha)^2}{2 \cdot (c \cdot \sin \alpha + b \cdot (\cos \alpha - 1) + S_b)}$$

La citata norma UNI EN 1317 - parte 1 propone, in funzione dell'energia cinetica e del livello di contenimento associata a ciascuna classe, i valori della forza media calcolata per alcuni spostamenti significativi. In Tabella 3-6 seguente si riportano tali informazioni per le classi di barriere di interesse autostradale.

| L <sub>c</sub> | Energia cinetica (kJ) | Deflessione del lato verso il traffico della barriera (m) |       |       |       |       |       |
|----------------|-----------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|
|                |                       | 0,10  | 0,40  | 0,80  | 1,20  | 1,60  | 2,00  |
|                |                       | Forza media F <sub>m</sub> (kN)                           |       |       |       |       |       |
| H1             | 126,6                 | 93,6  | 76,6  | 61,7  | 51,6  | 44,4  | 38,9  |
| H2             | 287,5                 | 133,0   | 116,8 | 100,4 | 88,1  | 78,5  | 70,8  |
| H3             | 462,1                 | 266,4   | 227,1 | 189,8 | 162,0 | 142,9 | 127,1 |
| H4a            | 572,0                 | 311,3   | 267,6 | 225,4 | 194,7 | 171,4 | 153,1 |
| H4b            | 724,6                 | 269,1   | 242,1 | 213,6 | 191,1 | 172,8 | 157,8 |

Tabella 3-6 Valori di forza media calcolata per alcuni spostamenti proposti dalla norma UNI EN 1317 - parte 1

E' possibile osservare come, a parità di spostamento, le barriere aventi maggiore rigidità (e maggiore livello di contenimento) richiedano una maggiore forza media di reazione, il che corrisponde ad una maggiore capacità di assorbimento dell'energia per una medesima condizione d'urto.

### 3.4 ANALISI DELLE CARATTERISTICHE DEL TRACCIATO E DEI LIVELLI DI TRAFFICO

Le caratteristiche geometriche dell'infrastruttura sono determinanti ai fini della valutazione dei possibili angoli di impatto tra veicoli e barriere di sicurezza e, conseguentemente, dell'energia cinetica di impatto e della classe di contenimento dei dispositivi.

Per quanto riguarda l'asta autostradale Brennero-Modena, un recentissimo studio di traffico, redatto nell'ambito del progetto per la realizzazione della terza corsia dell'Autostrada del Brennero nel tratto Verona – Modena, ha evidenziato come, nello *scenario attuale*, i veicoli teorici giornalieri medi annui (VTGMA) bidirezionali siano quantificabili in 44.000 unità, con una percentuale del 30% circa di mezzi pesanti (percentuale che si riduce nel periodo estivo). Tale valore si traduce nei seguenti valori di TGM unidirezionali:

$$(TGM)_{LEGGERI} = 642 \text{ veic./h}$$

$$(TGM)_{PESANTI} = 275 \text{ veic./h}$$

e dunque, per quanto riportato in precedenza:

$$(TGM)_E = 642 + 15 \times 275 = 4.767 \text{ veic./h}$$

che corrisponde ad un livello di rischio classificabile come "minimo" ( $0 < I_R \leq 0,2$ ).

Dal medesimo studio trasportistico preso a riferimento, considerando lo *scenario progettuale* che contempla la realizzazione della maggior parte delle opere infrastrutturali viarie del Nord-Est (terza corsia

di A22 compresa), per il 2035 è atteso un sensibile incremento del volume dei transiti. In particolare i veicoli teorici giornalieri medi annui bidirezionali attesi sono pari a circa 76.000 unità, con una percentuale di mezzi pesanti maggiore rispetto all'attuale, pari a circa il 35%. Considerando tale scenario il Traffico Giornaliero Medio Equivalente risulterà dunque pari a:

$$(TGM)_E = 1.029 + 15 \times 554 = 9.339 \text{ veic./h}$$

che corrisponde comunque ancora ad un livello di rischio definito come "minimo".

Per quanto concerne invece i rami di svincolo è evidente come i livelli di traffico siano notevolmente inferiori e soprattutto le velocità di percorrenza dei veicoli in transito siano estremamente ridotte, riducendo di fatto a valori prossimi a zero l'indice di rischio.

A questo va aggiunto che l'apparato normativo italiano (e precisamente il Decreto Ministeriale 18 febbraio 1992) prevede come campo di applicazione i progetti delle strade pubbliche urbane ed extraurbane con velocità di progetto maggiore o uguale a 70 km/h.

Tuttavia, pur avendo livelli di traffico e velocità di percorrenza molto modesti, si ritiene opportuno applicare ai rami di svincolo i medesimi criteri progettuali assunti per l'asta autostradale principale, fatto salvo per la valutazione specifica di eventuali punti singolari di cui si tratterà in seguito.

### 3.5 SCELTA DELLE BARRIERE DI SICUREZZA

In base ai valori dell'indice di rischio  $I_R$  determinati nel paragrafo precedente (oggi e al 2.035) ed in base alla correlazione illustrata in precedenza di questi ultimi con le classi di barriere (per ciascuna destinazione), si ottengono delle prime indicazioni relative alle classi minime di barriere di progetto da installare, di seguito riportate (Tabella 3-7):

| INDICE DI RISCHIO  | LIVELLI DI RISCHIO | Autostrada (A) e strade extraurbane principali (B) |        |                |        |             |        |
|--------------------|--------------------|--|--------|----------------|--------|-------------|--------|
|                    |                    | Spartitraffico                                     |        | Bordo Laterale |        | Bordo Ponte |        |
| $0 < I_R \leq 0,2$ | Minimo             | H3   | 463 kJ | H1             | 127 kJ | H2          | 288 kJ |

Tabella 3-7 Classi minime di barriere di progetto da installare in funzione dei valori di  $I_R$

In base invece alle indicazioni normative (basate sulla tipologia di strada e sul tipo di traffico atteso; nel nostro caso tipo III: TGM bidirezionale annuo > 1000 e percentuale mezzi pesanti > 15%) le classi minime previste per ciascuna destinazione da adottare risultano superiori a quelle appena indicate ed in particolare così riassumibili:

| TIPO DI STRADA                                     | TIPO DI TRAFFICO | BARRIERE SPARTITRAFFICO | BARRIERE BORDO LATERALE | BARRIERE BORDO PONTE(1) |
|--|------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Autostrada (A) e strade extraurbane principali (B) | III              | H3-H4 <sup>(2)</sup>    | H2-H3 <sup>(2)</sup>    | H3-H4 <sup>(2)</sup>    |

Tabella 3-8 Classi minime di barriere di progetto da installare secondo la normativa

(1) Per ponti o viadotti si intendono opere di luce superiore a 10 m; per luci minori sono equiparabili a bordo laterale;

(2) La scelta tra le due classi sarà determinata dal progettista.

Ovviamente, essendo le indicazioni normative più vincolati rispetto a quanto determinato dall'analisi di rischio condotta, saranno le prime quelle prese a riferimento per la progettazione del sistema complessivo delle barriere di sicurezza.

Autostrada del Brennero Spa ha progettato, sviluppato e sottoposto a crash-test in ottemperanza a quanto previsto dal Decreto Ministeriale 21 giugno 2004 varie barriere di sicurezza in acciaio autopassivante S355J0WP, ottenendo risultati estremamente positivi. In particolare le classi e le destinazioni sviluppate in questi anni sono di seguito riassunte:

- Classe H2 Bordo Laterale
- Classe H3 Bordo Laterale - Spartitraffico su rilevato
- Classe H3 Bordo Ponte - Spartitraffico su cordolo
- Classe H3 Bordo Ponte "integrata" con barriera antirumore
- Classe H3 Bordo Ponte "compatibile" con barriera antirumore (\*)
- Classe H3 Spartitraffico su rilevato in curva
- Classe H3 Spartitraffico su cordolo in curva
- Classe H4b Bordo Ponte
- Classe H4b Bordo Laterale
- Classe H4b Spartitraffico monofilare su rilevato in rettilineo
- Classe H4b Spartitraffico monofilare su cordolo in rettilineo
- Classe H4b Spartitraffico monofilare su rilevato in curva
- Classe H4b Spartitraffico monofilare su cordolo in curva
- Classe H4b Bordo Ponte "integrata" con barriera antirumore

(\*) Di fatto questa barriera è esattamente identica alla barriera H4b Bordo Ponte, ma è stata sottoposta ai crash test previsti per la classe H3 per verificarne il differente e, ovviamente migliore, comportamento deformativo e comprovarne quindi la compatibilità con l'installazione della barriera antirumore.

In Tabella 3-9 sono riportate, per ciascuna barriera, i parametri principali determinati durante i vari crash test condotti, che caratterizzano i singoli dispositivi di sicurezza "tipo Autobrennero".

| CLASSE E<br>DESTINAZIONE<br>BARRIERA                   | LIVELLO<br>LC | ASI | DEFLESSIONE.<br>PERMANENTE<br>MASSIMA | DEFLESSIONE<br>DINAMICA<br>MASSIMA | LARGHEZZA<br>DI LAVORO |
|--|---------------|-----|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------|
| H2 - Bordo Laterale                                    | 288 kJ        | 1,1 | 1,1 m                                 | 1,2 m                              | 1,3 m (W4)             |
| H3 - Bordo Laterale –<br>Spartitraffico su<br>rilevato | 463 kJ        | 1,3 | 0,79 m                                | 0,9 m                              | 1,3 m (W4)             |
| H3 - Bordo Ponte –<br>Spartitraffico su<br>cordolo     | 463 kJ        | 1,3 | 0,84 m                                | 0,9 m                              | 1,3 m (W4)             |
| H3 Bordo Ponte<br>su cordolo di 20 cm                  | 463 kJ        | 1,3 | 0,4 m                                 | 0,5 m                              | 1,2 m (W3)             |
| H3 compatibile con<br>B.A.                             | 463 kJ        | 1,3 | 0,49 m                                | 0,5 m                              | 1,0 m (W3)             |

|   |        |         |               |             |                             |
|---|--------|---------|---------------|-------------|-----------------------------|
| H4b/ H3 Bordo Laterale (urto classe H3)   | 463 kJ | 1,4     | 0,7 m         | 0,8 m       | 1,1 m (W4)                  |
| H3 spartitraffico curva rilevato (0-40)   | 463 kJ | 1,3     | 0,56m/0,3 m * | 0,6m/0,4m * | 1,2 m (W4)/<br>1,0 m (W3)   |
| H3 spartitraffico curva cordolo (> 40)    | 463 kJ | 1,4     | 0,41m/0,3m*   | 0,42m/0,4m* | 1,0 m (W3)/<br>1,0 m (W3)   |
| H4b Bordo Ponte                           | 725 kJ | 1,4     | 0,68 m        | 0,7 m       | 1,2 m (W4)                  |
| H4b Bordo Ponte su cordolo di 20 cm       | 725 kJ | 1,6     | 0,4 m         | 0,5 m       | 1,0 m (W3)                  |
| H4b/H3 Bordo Laterale (Urto H4b)          | 725 kJ | 1,4     | 0,8 m         | 0,9 m       | 1,3 m (W4)                  |
| H4b spartitraffico rettilineo su rilevato | 725 kJ | 1,3     | 0,9 m         | 1,0 m       | 1,5 m (W5)                  |
| H4b spartitraffico rettilineo su cordolo  | 725 kJ | 1,2     | 0,8 m         | 0,8 m       | 1,3 m (W4)                  |
| H4b spartitraffico curva rilevato (0-40)  | 725 kJ | 1,3/1,8 | 0,77 m/0,6 m* | 0,9m/1,2 m* | 1,6 m (W5 ) /<br>1,3 m (W4) |
| H4b spartitraffico curva cordolo (0- 40)  | 725 kJ | 1,4/1,8 | 0,44m/0,4 m*  | 0,5m/0,5m*  | 1,1 m (W4 ) /<br>1,0 m (W3) |
| Integrata H4b                             | 725 kJ | 1,1     | 1,01 m        | 1,2 m       | 2,1 m (W6)                  |
| Integrata H3                              | 463 kJ | 1,1     | 0,51 m        | 0,7 m       | 1,3 m (W4)                  |

**Tabella 3-9 Parametri principali determinati durante i vari crash test per ciascuna barriera**

\*i dati separati da / sono relativi ai risultati ottenuti dalle prove di crash eseguite a monte e a valle della barriera spartitraffico.

Le procedure di ottenimento della marcatura CE di tutte le barriere di sicurezza “tipo Autobrennero” sono state completate.

Il presente progetto, all’interno del quale sono previste sostituzioni e/o nuove installazioni di barriere di sicurezza stradali, è stato redatto prevedendo il montaggio di sicurvita tipo Autobrennero rispettando le classi minime precedentemente determinate.



## 4. PROGETTO DELLE BARRIERE DI SICUREZZA

### 4.1 GENERALITÀ

Le barriere di sicurezza stradale sono poste in opera al fine di evitare la fuoriuscita dalla piattaforma stradale dei veicoli in svio, limitando gli effetti sugli occupanti del veicolo stesso e evitando l'interessamento di persone o cose poste all'esterno dell'infrastruttura.

Le protezioni devono riguardare:

- Il margine esterno stradale dove il dislivello tra il colmo dell'arginello e il piano campagna è maggiore o uguale a 1 metro, quando la pendenza della scarpata è maggiore o uguale a 2/3;
- Lo spartitraffico nelle strade a carreggiate separate;
- I margini di tutte le opere d'arte quali ponti, viadotti, sovrappassi e muri di sostegno;
- Gli ostacoli fissi che potrebbero costituire un pericolo per gli utenti della strada in caso d'urto come pile da ponti, sezioni di avvio dei muri di controripa, pali di illuminazione e supporti della segnaletica non cedevoli, ovvero aventi un momento di plasticizzazione alla base superiore a 5,7 kNm;

Nella scelta dei dispositivi di sicurezza da installare in particolare in corrispondenza di singolarità puntuali rigide, si considera, secondo l'approccio tecnico vigente, la larghezza operativa (parametro W).

La scelta delle singole tipologie di barriere, a seconda della loro destinazione, è stata operata considerando le particolarità di ogni nuova installazione/sostituzione prevedendo il dispositivo di sicurezza più idoneo in virtù delle sue caratteristiche, capacità di contenimento e larghezza di lavoro in primo luogo. Nei paragrafi seguenti si riportano, per ciascuna destinazione, tutte le scelte progettuali assunte in merito alle barriere di sicurezza.

Per quanto attiene allo sviluppo delle "ali" il D.M. 21.6.2004 prevede che "Le protezioni dovranno in ogni caso essere effettuate per una estensione almeno pari a quella indicata nel certificato di crash, ponendone circa due terzi prima dell'ostacolo, integrando lo stesso dispositivo con eventuali ancoraggi e con i terminali semplici indicati nel certificato di omologazione, salvo diversa prescrizione del progettista secondo i criteri indicati nell'art. 6".

La circolare 62032/2010 chiarisce altresì che "l'estensione minima pari a quella indicata nel certificato di omologazione" ha valore prescrittivo mentre il posizionamento di due terzi prima ha carattere indicativo.

Il progettista può stabilire lo sviluppo di barriera da porre a monte dell'ostacolo, tenendo conto delle modalità con cui sono state effettuate le prove sulla barriera per l'omologazione e della morfologia della strada.

Nelle strade a senso unico di marcia la barriera dovrà in tutti i casi essere estesa oltre l'ultimo punto da proteggere, in modo da assicurare che le condizioni di funzionamento siano soddisfacenti in tutto il tratto di interesse.

Per quanto attiene alla distanza tra il punto d'urto e l'elemento iniziale della barriera la norma EN1317-2 prevede che l'urto avvenga in un punto a circa un terzo della lunghezza della barriera di sicurezza dall'estremità di avvicinamento.

Pertanto la misura di "ala prima" minima strettamente necessaria è stimabile in 1/3 della lunghezza minima di funzionamento (Lf) salvo durante la prova di crash l'urto sia avvenuto a una distanza superiore dal punto di inizio della barriera.

Il valore di Lf (lunghezza di funzionamento) è stato adottato in progetto pari alla lunghezza di ciascuna barriera utilizzata nei crash test effettuati nei campi prova per la certificazione.

Secondo l'art. 3 delle istruzioni tecniche allegate al del D.M. 21.6.2004, lo sviluppo complessivo della barriera installata non deve essere comunque inferiore alla lunghezza di funzionamento (Lf).

L'art. 6 delle istruzioni tecniche allegate al D.M. 21.6.2004 prevede che, laddove non sia possibile installare un dispositivo con una lunghezza minima pari a quella effettivamente testata (per esempio ponti o ponticelli aventi lunghezze in alcuni casi sensibilmente inferiori all'estensione minima del dispositivo) è possibile installare una estensione di dispositivo inferiore a quella effettivamente testata, provvedendo però a raggiungere la estensione minima attraverso un dispositivo diverso (per esempio testato con pali infissi nel terreno), ma di pari classe di contenimento garantendo inoltre la continuità strutturale.

L'estensione minima che il tratto di dispositivo "misto" dovrà raggiungere è costituita dalla maggiore delle lunghezze di funzionamento dei due tipi di dispositivo da impiegare.

Per realizzare un dispositivo "misto" deve essere garantita la continuità strutturale degli elementi longitudinali strutturalmente "resistenti", ovvero la lama principale a doppia onda, e i profilati aventi funzione strutturale. Non sono considerati elementi strutturali "resistenti" i correnti superiori con esclusiva funzione di antiribaltamento ed i correnti inferiori scansaruota.

Sulla tratta autostradale, oggetto del presente progetto esecutivo, si è previsto di installare esclusivamente barriere di tipo Autobrennero per mezzo delle quali è garantita la continuità strutturale.

## 4.2 BORDO LATERALE AUTOSTRADALE

Considerando il bordo laterale autostradale, per il quale è prevista l'installazione minima di barriere H2 o H3 a discrezione del progettista, si è scelto cautelativamente di montare sicurvia di classe H3, anche laddove la piattaforma autostradale non presenta combinazioni fra l'altezza e la pendenza del rilevato particolarmente pericolose e laddove non sono presenti ostacoli fissi tali da necessitare la riduzione della larghezza di lavoro della barriera.

Ogniqualvolta la configurazione della piattaforma autostradale risulta tale da presentare qualche fattore di criticità (presenza di ostacoli fissi o di manufatti all'interno dello spazio di lavoro della barriera H3, ecc.) si può prevedere l'installazione della barriera Autobrennero di classe H3 con doppio corrimano installata su rilevato, avente larghezza di lavoro inferiore (barriera H4b/H3\_Bordolaterale).

### 4.3 BORDO AUTOSTRADALE SU OPERE D'ARTE

La destinazione "Barriere bordo ponte" della normativa si riferisce solo ad *"opere di luce superiore a 10 metri; per luci minori sono equiparate al bordo laterale"*, indipendentemente dalla loro altezza sul piano campagna.

Come chiarito dalla Circolare 62032/2010 i muri di sostegno, che sono evidentemente opere di luce nulla, sono da equiparare anch'essi al bordo laterale, indipendentemente dall'altezza sul piano campagna e dalla loro estensione. In ogni caso i muri e le opere d'arte presenti lungo l'arteria autostradale, indipendentemente dalla loro luce e dalla loro altezza sul piano campagna, devono essere sempre protetti con barriere di classe H3.

Si evidenzia che il criterio definito dalla norma si riferisce alla luce dell'opera e non alla lunghezza

dell'eventuale cordolo soprastante, che può interessare anche eventuali muri andatori. Nel caso in cui la barriera sia da installare su cordolo in cemento armato, la tipologia di barriera dovrà essere del tipo "da bordo opera d'arte" sebbene della classe corrispondente al bordo laterale, quindi già provata su cordolo in cemento armato (non una barriera provata su terra, installata successivamente su cordolo in cemento armato, circostanza che ne modificherebbe in modo sostanziale il funzionamento).

Sulle opere d'arte autostradali (classe minima da normativa pari ad H3 o H4 a discrezione del progettista), si è scelto di installare barriere di classe H3 Bordo Ponte laddove l'opera di scavalco non presenta una combinazione altezza/sviluppo particolarmente critica, mentre in corrispondenza delle opere d'arte principali, ad una o più campate (quali viadotti, ponti su corsi d'acqua importanti, ecc.), si è prevista l'installazione della barriera H4b Bordo Ponte in modo tale da garantire la massima capacità di contenimento dei veicoli in svio e dunque la massima sicurezza per gli utenti in transito.

In corrispondenza delle opere di sostegno (ad esempio i muri in c.a. per le piazzole di sosta per l'emergenza) si è scelta, di norma, l'installazione della barriera H3 Bordo Ponte, optando altresì per la barriera H4b Bordo Ponte solo qualora l'altezza del muro risulti particolarmente elevata ovvero vi sia la presenza di una criticità nell'area adiacente all'opera di sostegno autostradale, quale, ad esempio, il parallelismo con un'altra strada o con un tracciato ferroviario.

Se in corrispondenza dell'opera d'arte è prevista la realizzazione di una barriera antiumore è possibile, per ridurre le dimensioni dei cordoli delle opere di scavalco, installare le barriere di sicurezza (di classe H3 o H4b) nelle configurazioni "integrate" con i pannelli fonoassorbenti.

Ai sensi del D.M. 21.06.2004 le barriere di sicurezza devono essere installate conformemente con quanto realizzato in occasione dei crash test effettuati per il rilascio della marcatura CE ai sensi delle norme EN1317.

I cordoli sui cui si va a installare la barriera di sicurezza da bordo opera d'arte devono avere le seguenti caratteristiche:

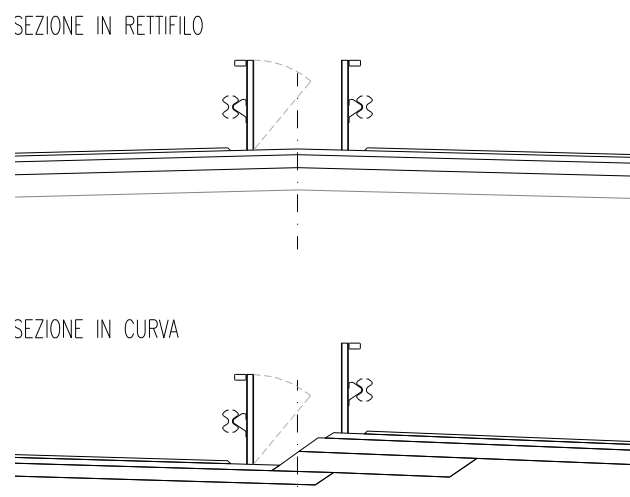
- Larghezza  $\geq 55$  cm
- Calcestruzzo con classe di resistenza  $R_{ck} \geq 35$  MPa.
- Sporgenza rispetto alla pavimentazione compresa tra 0 e 20 cm.

Per rispettare la modalità di installazione della prova di crash, le barriere da bordo opera d'arte devono essere installate con infissione del montante nel cordolo in calcestruzzo per una profondità  $\geq 250$  mm e ponendo il fronte delle lame delle barriere (filo fisso) sporgente 5 cm rispetto al fronte lato strada del cordolo di coronamento delle opere d'arte. Nel caso particolare dell'installazione in corrispondenza della barriera antirumore il fronte delle lame delle barriere deve sporgere 8 cm rispetto al cordolo.

#### 4.4 SPARTITRAFFICO AUTOSTRADALE

Per lo spartitraffico autostradale, a fronte di una classe di contenimento minima pari ad H3 o H4 a scelta del progettista, si sono previste due diverse soluzioni progettuali per le barriere di sicurezza a seconda della piattaforma autostradale esistente.

Nel tratto autostradale compreso tra Verona e Modena, ove la larghezza dello spartitraffico autostradale è sufficientemente ampia da permettere l'installazione di due barriere di sicurezza ad una distanza reciproca tale da consentire la completa deflessione delle stesse, si prevede il montaggio di una doppia barriera di classe H3. Tali barriere dovranno essere ovviamente del tipo Bordo Laterale o del tipo Bordo Ponte a seconda che ci si trovi su rilevato o su un'opera d'arte.



**Figura 4-1 Installazione barriere di sicurezza dove la larghezza dello spartitraffico è sufficientemente ampia**

Per lo spartitraffico autostradale, a fronte di una classe di contenimento minima pari ad H3 o H4 a scelta del progettista, risultando la larghezza dello spartitraffico autostradale non sufficientemente ampia da permettere l'installazione di due barriere di sicurezza ad una distanza reciproca tale da consentire la completa deflessione delle stesse, si prevede il montaggio di una barriera spartitraffico monofilare. Tale barriera è stata sottoposta con successo ai crash test relativi alla classe H4b in tutte le sue possibili configurazioni, su rilevato e su cordolo sia in rettilineo sia in curva, ma poiché la classe minima di contenimento prevista dalla normativa vigente è pari alla classe H3, la stessa barriera è stata sottoposta anche alle prove d'urto previste per questa classe nella configurazione in curva (quella decisamente più svantaggiata in termini deformativi). In questi tratti autostradali si prevede quindi l'installazione della barriera spartitraffico monofilare di classe H3 (nelle varie configurazioni di vincolo possibili) tracciando la segnaletica orizzontale ad una distanza tale che, in caso d'urto, si possa sviluppare tutta la deflessione dinamica della barriera senza interessare alcun veicolo in transito sulla carreggiata opposta.

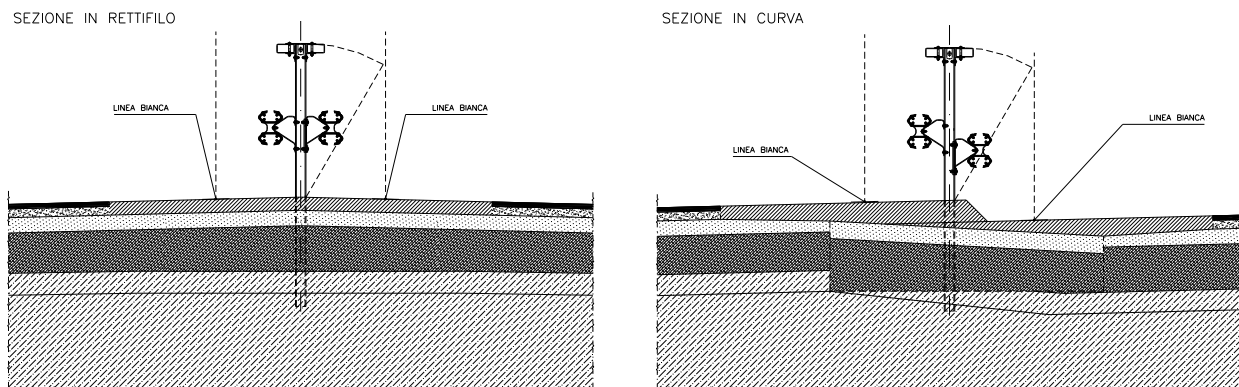


Figura 4-2 Installazione barriere di sicurezza dove la larghezza dello spartitraffico è ridotta

## 4.5 SOVRAPPASSI AUTOSTRADALI

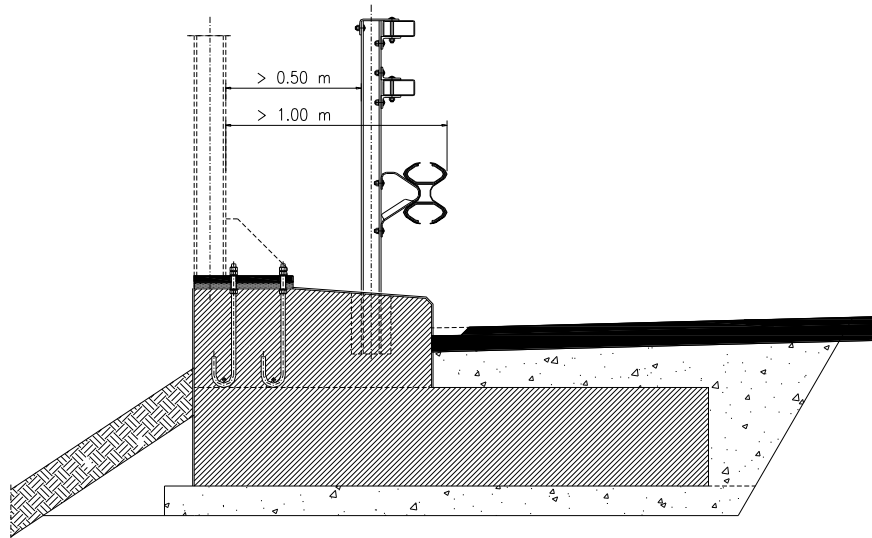
Sulle opere d'arte sovrappassanti il tracciato autostradale è prevista l'installazione di barriere di classe H3 Bordo Ponte.

## 4.6 BARRIERE ANTIRUMORE

La scelta della barriera di sicurezza da installare in corrispondenza delle barriere fonoassorbenti è da sempre un punto estremamente critico in quanto da un lato la barriera antirumore dovrebbe essere posizionata più vicina possibile alla fonte del rumore per ottenere un maggiore abbattimento dello stesso e dunque un funzionamento più efficace, ma dall'altro costituisce un ostacolo fisso che non può essere posizionato all'interno dell'area di deflessione della barriera di sicurezza, per non pregiudicarne le capacità di contenimento ed assorbimento dell'urto.

Stante la specificità di tale problematica Autostrada del Brennero Spa ha approfondito la compatibilità delle proprie barriere di sicurezza con le barriere fonoassorbenti (cercando la migliore soluzione tecnica "di compromesso" possibile) ed ha inoltre studiato e sviluppato delle barriere di sicurezza integrate con barriere antirumore mediante una serie di specifici crash test.

In corrispondenza di barriere antirumore di tipo "standard", realizzate cioè sul bordo del rilevato autostradale con una fondazione diretta in conglomerato cementizio armato, ovvero per quelle realizzate sulle opere d'arte caratterizzate da cordoli con dimensioni identiche a quelle della fondazione diretta, è prevista l'installazione della barriera H3 Bordo Ponte nella configurazione compatibile con la barriera fonoassorbente, posizionata ovviamente ad una distanza da quest'ultima tale da consentire la completa deformazione del sicurvia in caso d'urto.



**Figura 4-3** Installazione barriere di sicurezza in corrispondenza delle barriere antirumore

Tale barriera di sicurezza è, di fatto, la stessa già testata in classe H4b, ma poiché la classe minima prevista per il bordo autostradale è la classe H3, sono state ripetute le prove d'urto per determinare precisamente il comportamento deformativo di tale barriera in tali condizioni di severità e poter quindi posizionare al di fuori dello spazio di lavoro del sicurvia la barriera fonoassorbente, più vicina possibile però alla fonte del rumore.

Qualora la barriera antirumore si trovi su un viadotto sul quale non risulta possibile realizzare un cordolo di dimensioni tali da ospitare la barriera di sicurezza distinta da quella fonoassorbente, come già anticipato, si prevede l'installazione delle barriere di sicurezza integrate a quelle antirumore della classe opportuna.

#### **4.7 BORDO LATERALE DELLE PISTE DI SVINCOLO AUTOSTRADALI**

Per le piste di svincolo, come detto in precedenza, seguendo un approccio estremamente prudentiale, sono stati applicati gli stessi criteri progettuali dell'asta principale e si sono adottate barriere di classe H2 e/o H3 bordo laterale (o su cordolo). Le prime qualora la combinazione fra l'altezza del rilevato e la pendenza dello stesso non costituisca un elemento critico, le seconde in caso contrario o in corrispondenza di ostacoli fissi potenzialmente pericolosi.

Per questa particolare destinazione si rimanda inoltre al successivo paragrafo relativo ai punti singolari.

#### **4.8 AREE DI SERVIZIO E PARCHEGGI**

Per le aree di servizio o parcheggio, stante le modestissime velocità dei veicoli in manovra valgono, a maggior ragione, le considerazioni estremamente prudentiali riportate per le piste di svincolo e, qualora sia comunque prevista l'installazione di barriere di sicurezza stradali, esse saranno di classe H2.

## 4.9 PUNTI SINGOLARI

### 4.9.1 Generalità

In taluni casi, come detto soprattutto in corrispondenza delle piste di svincolo, laddove le installazioni impiantistiche e la segnaletica verticale risultano molto concentrate e le caratteristiche del tracciato viario si discostano notevolmente da quelle tipiche autostradali, si presentano punti singolari che spesso non consentono un'installazione delle barriere di sicurezza identica a livello di vincolo nel terreno/cordolo a quella dei certificati di prova, ovvero ad una distanza da ostacoli fissi rispettosa dei risultati ottenuti durante i crash test.

Relativamente a queste singolarità è importante ricordare che il Decreto Ministeriale contiene le seguenti indicazioni: “nell'installazione sono tollerate piccole variazioni, rispetto a quanto indicato nei certificati di omologazione, conseguenti alla natura del terreno di supporto o alla morfologia della strada” (articolo 5 comma 5 delle Istruzioni) e che “per le strade esistenti o per allargamenti in sede di strade esistenti il progettista potrà prevedere la collocazione dei dispositivi con uno spazio di lavoro necessario per la deformazione più probabile negli incidenti abituali della strada da proteggere, indicato come una frazione del valore della massima deflessione dinamica rilevato nei crash test” (articolo 6 comma 19 delle Istruzioni).

Se dunque piccole discrepanze nelle condizioni di vincolo delle barriere sono tollerate a livello normativo (quali l'infissione ridotta di qualche paletto, l'inserimento di parte dei paletti in conglomerati cementizi di canalette ovvero l'eliminazione di supporti localizzati conseguente alla coincidente presenza di caditoie per l'acqua o simili), l'installazione delle barriere in condizioni tali da avere una larghezza di lavoro inferiore a quella prevista nei certificati va invece giustificata analizzando l'urto più probabile per la strada in questione.

### 4.9.2 L'urto più probabile

Il calcolo dell'urto più probabile si basa sulla determinazione statistica delle caratteristiche di massa e velocità dei veicoli in transito nonché dell'angolo di incidenza in caso d'urto. Da queste informazioni è possibile poi ricavare l'energia cinetica associata all'incidente abituale.

In virtù delle considerazioni riportate nel precedente paragrafo 3.1. relativamente alla composizione del traffico in Autostrada del Brennero nello scenario progettuale (35% di traffico pesante) ed assumendo le medesime ipotesi in termini di massa media delle autovetture e dei mezzi pesanti in transito, si può determinare l'entità della massa del veicolo medio che percorre l'Autostrada del Brennero:

$$M = 1.000 \text{ kg} \cdot 65\% + 30.000 \text{ kg} \cdot 35\% = 11.150 \text{ kg}$$

In relazione alla velocità dei mezzi in svio lungo le piste di svincolo, non si può che assumere il valore massimo consentito mediante l'apposizione di opportuna segnaletica verticale pari a 40 km/h.

Per quanto riguarda l'angolo di incidenza, stante la geometria stradale caratterizzata da raggi di curvatura piuttosto ridotti, è lecito assumere un valore più elevato rispetto a quelli tipici “autostradali”. Prudenzialmente si assumerà il valore “standard” dei crash test, pari a 20°.

L'energia cinetica associata all'urto abituale è dunque pari a:

$$E = \frac{1}{2} \cdot M \cdot V^2 \cdot \sin^2 \alpha = \frac{1}{2} \cdot 11.150 \cdot \left( \frac{40}{3,6} \cdot \sin 20^\circ \right)^2 = 80,51 \text{ kJ}$$

pari rispettivamente al:

- 28,0 % dell'energia associata al livello di contenimento della classe H2 (287,5 kJ);
- 17,4 % dell'energia associata al livello di contenimento della classe H3 (462,1 kJ).

Attribuendo infine un comportamento lineare alla massima deformazione dinamica, e scalandola dunque della medesima percentuale, si ottengono i seguenti valori di deformazione dinamica delle barriere H2 e H3 associati all'incidente abituale:

- $S_{dH2} = 1,2 \text{ m} \times 28,0\% = 0,34 \text{ m}$
- $S_{dH3} = 0,9 \text{ m} \times 17,4\% = 0,16 \text{ m}$  (valida sia per barriere bordo laterale che bordo ponte)

#### 4.9.3 Tipologie e descrizione dei punti singolari

I punti singolari presenti in corrispondenza dei rami di svincolo autostradali sono costituiti essenzialmente da elementi quali pali di illuminazione, elementi di segnaletica verticale, cartellonistica per informazioni all'utenza ecc., che risultano posizionati talvolta ad una distanza dal sicurvia inferiore allo spazio di lavoro determinato in fase di crash test. Tali punti singolari risultano ancora più numerosi e critici qualora vi sia un adeguamento di uno svincolo esistente.

In virtù di tali considerazioni, in corrispondenza dei citati punti singolari, si procederà all'installazione di una barriera di sicurezza di classe H2 qualora l'ostacolo si trovi ad una distanza dal sicurvia maggiore di 34 cm, ovvero si provvederà al montaggio di una barriera di classe H3 (bordo laterale o bordo ponte) qualora l'ostacolo fisso si trovi ad una distanza compresa tra 16 e 34 cm dalla barriera stessa. Nel caso in cui vi siano ostacoli più vicini al sicurvia, essi dovranno essere rimossi ed eventualmente riposizionati ad una distanza tale da garantire la completa deformazione della barriera concomitante con l'urto più probabile.



## 5. ELEMENTI DI PROTEZIONE COMPLEMENTARE

### 5.1 TRANSIZIONI

La normativa UNI ENV 1317-4 definisce transizione “un elemento da interporre tra due barriere di sicurezza aventi diversa sezione trasversale o differente rigidità laterale, affinché sia garantito un contenimento continuo”. Le transizioni forniscono una variazione graduale di rigidità e di contenimento evitando pericolose discontinuità nel passaggio da una tipologia di barriera a un'altra.

Per le transizioni la definizione degli indici di prestazione e delle classi di contenimento segue i criteri riportati nella normativa UNI EN 1317-2. Le transizioni tra barriere di tipo diverso non sono attualmente prodotti soggetti a prova o a marcatura CE ma sono elementi di raccordo tra dispositivi diversi che devono rispondere a specifici requisiti di carattere geometrico e funzionale:

- La lunghezza della transizione dovrà essere almeno pari a 12.5 volte la differenza tra le deformazioni dinamiche delle due barriere accoppiate. Nel caso di barriere di classe diversa la lunghezza è definita come 12.5 volte la differenza tra la deflessione dinamica della barriera di classe inferiore e la deflessione dinamica della barriera di classe superiore normalizzata alla classe inferiore per mezzo di coefficienti.
- La rigidità all'interno di qualunque tipo di transizione dovrà variare gradualmente da quella del sistema meno rigido a quella del più rigido;
- Il collegamento tra gli elementi longitudinali “resistenti” delle 2 barriere deve essere fatto per mezzo di elementi di raccordo inclinati sul piano verticale di non più dell' 8% (circa 4.6°) e non più di 5° sul piano orizzontale.
- Il produttore dovrà garantire che la transizione proposta sia caratterizzata dalla continuità e dalla graduale variazione di resistenza e di rigidità degli elementi longitudinali "resistenti";
- l'interruzione di elementi longitudinali secondari nelle zone di transizione dovrà avvenire mediante l'installazione dei terminali previsti dal produttore, avendo cura di arretrare l'elemento stesso rispetto all'allineamento degli elementi longitudinali principali, prima della sua interruzione;
- nel caso particolare di transizioni tra barriere che presentano il corrente superiore e barriere che non lo prevedono quest'ultimo dovrà essere raccordato con un pezzo speciale terminale sagomato e vincolato al paletto della barriera senza corrente superiore ubicato al termine della transizione, a tergo della medesima.

Una transizione è considerata “strutturalmente continua” laddove il sistema realizzato dall'affiancamento dei due dispositivi (bordo opera e bordo laterale o spartitraffico) preveda:

- l'utilizzo di barriere dello stesso materiale;
- la continuità degli elementi longitudinali “resistenti” che dovrebbero avere, in generale, lo stesso profilo. Tale requisito è inderogabile per la lama principale. Per gli altri potranno essere adottati pezzi speciali di raccordo;
- una differenza di quota tra gli elementi longitudinali “resistenti” delle 2 barriere non superiore a 20 cm.

A partire dagli anni Novanta a salvaguardia di tali situazioni Autostrada del Brennero ha sottoposto a crash test sperimentali prototipi specifici.

Tra tante è stata affrontata anche la condizione limite di una transizione dalla classe H2 bordo laterale alla classe H4b bordo ponte, barriere di sicurezza contraddistinte da un comportamento tra loro assai diverso e da classi di contenimento distanti due livelli.

## 5.2 ELEMENTI TERMINALI: TERMINALI SEMPLICI

Qualsiasi interruzione della continuità longitudinale delle barriere esposte al flusso di traffico dovrà essere dotata di un sistema terminale che prevenga, per quanto possibile, l'urto frontale dei veicoli contro la parte iniziale della barriera.

Autostrada del Brennero ha sviluppato un proprio terminale semplice, sostituendo il tradizionale elemento terminale "a manina" con uno scatolare chiuso montato su una lama avente la parte terminale asolata. Questo elemento consente di minimizzare al minimo gli effetti di un possibile impatto nel caso di circolazione "anomala" ad esempio in presenza di un cantiere.

Gli elementi terminali di fine infatti possono essere usati solo come elementi di chiusura delle barriere nella direzione opposta al traffico (nelle carreggiate monodirezionali).

In nessun caso dovrà essere previsto un terminale di fine impianto esposto al traffico di uno qualunque dei sensi di marcia ammessi.

In nessun caso dovranno essere utilizzati terminali degradanti a terra, che possono andare a configurare una "rampa di lancio" per un eventuale veicolo in svio.

I terminali semplici non sono parte del sistema testato ai sensi della norma EN1317-2 e non devono essere confusi con gli eventuali sistemi di ancoraggio che possono essere presenti durante il crash che, i quali, non essendo testati rispetto ad eventuali urti frontali, non garantiscono alcun livello di sicurezza come elementi terminali installati su strada.

## 6. CONCLUSIONI

L'analisi del rischio condotta, afferente all'asta autostradale Brennero-Modena, compresi i rami di svincolo, ha permesso di evidenziare come alla tratta in questione sia associabile un livello di rischio classificabile come "minimo".

Le scelte progettuali delle barriere di sicurezza da installare a protezione del tracciato autostradale hanno fatto riferimento a tale analisi e, nonostante il quadro normativo vigente non sia applicabile a tutte le condizioni considerate, anche alle più restrittive indicazioni normative, definendo, in ultima analisi, le classi minime di barriere di sicurezza da adottare per ogni destinazione per ogni caso preso in esame.

In relazione ai punti singolari, essenzialmente concentrati lungo i rami di svincolo delle stazioni autostradali, è stata poi condotta un'analisi basata sull'urto più probabile che ha evidenziato come tali adattamenti risultino comunque compatibili con gli attuali standard di sicurezza previsti dalle normative vigenti.

A corollario e a rafforzamento di quanto esposto si ritiene opportuno sottolineare come diversi studi statistici, alcuni dei quali pubblicati sulla stampa di settore, abbiano dimostrato come effettivamente *"l'urto più probabile"* sulle arterie autostradali risulti estremamente inferiore a quello *"standard"* previsto dalle norme italiane ed europee per i crash test.

In particolare da uno studio condotto dal prof. Aurelio Marchionna e dall'ingegner Paolo Perco dell'Università degli Studi di Trieste, pubblicato sulla rivista *"Le Strade"* n 4/2009, è emerso come l'energia di impatto più probabile (la moda) sia pari a 15,14 kJ. Ragionando in termini percentili, approccio che sembra ingegneristicamente più corretto e cautelativo, l'analisi citata ha evidenziato che nel 50% degli incidenti l'energia non supera i 26,35 kJ e che nel 90% degli urti l'energia risulta inferiore a 254,62 kJ; valore inferiore a quello previsto per la classe di contenimento H2, la minima assunta nella progettazione *"autostradale"* nonché la minima assunta nelle scelte progettuali illustrate.

Da questa analisi si evince dunque come le barriere di sicurezza stradali di tipo Autobrennero in acciaio autopassivante S355J0WP installate lungo il tracciato dell'Autostrada del Brennero siano in grado di assorbire praticamente la totalità degli urti statisticamente più probabili attesi sulle arterie autostradali.