



REGIONE LIGURIA

**autostrade //** per l'italia

COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA  
E L'AUTOSTRADA A12 GENOVA-ROMA

**PROGETTO DEFINITIVO**


**OPERE COMPLEMENTARI**

**BARRIERE DI SICUREZZA**

**RELAZIONE TECNICA**

<b>IL RESPONSABILE PROGETTAZIONE SPECIALISTICA</b> Ing. Lorenzo Bartolini Ord. Ingg. Milano N.A22921 <b>RESPONSABILE UFFICIO ATA</b>	<b>IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE</b> Ing. Sara Frisiani Ord. Ingg. Genova N. 9810A <b>CAPO COMMESSA</b>	<b>IL DIRETTORE TECNICO</b> Ing. Maurizio Torresi Ord. Ingg. Milano N. 16492 <b>RESPONSABILE DIREZIONE OPERATIVA TECNICA E PROGETTAZIONE</b>
---	--	---

WBS	RIFERIMENTO ELABORATO							DATA: DICEMBRE 2014	REVISIONE	
	DIRETTORIO			FILE					n.	data
-	codice	commessa	N.Prog.	unita'	ufficio	n. progressivo	Rev.			
-	1	1001302		<b>STPATA0010--</b>				SCALA: -		

 <b>ingegneria europea</b>	<b>RESPONSABILE PROGETTO GENOVA</b> Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496	ELABORAZIONE GRAFICA A CURA DI :	
			ELABORAZIONE PROGETTUALE A CURA DI :
CONSULENZA A CURA DI :		IL RESPONSABILE UNITA' STP	Ing. Andrea Tanzi O.I. Parma N.1154

<b>VISTO DEL COMMITTENTE</b>  R.U.P. – Ing. Andrea Frediani	<b>VISTO DEL CONCEDENTE</b>  <b>Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti</b> <small>DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI</small>
--	--

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>SCOPO DEL LAVORO E LIMITI DI INTERVENTO</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO</b> .....	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>DOCUMENTI DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>SCELTA DEI DISPOSITIVI DI RITENUTA</b> .....	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>RAMPA PRINCIPALE, VARIANTE A12 E SVINCOLO</b> .....	<b>7</b>
6.1	BARRIERE SPARTITRAFFICO .....	7
6.1.1	<i>Spartitraffico su variante A12 (margine interno)</i> .....	7
6.1.2	<i>Spartitraffico su rampa principale (margine interno)</i> .....	9
6.2	BARRIERE PER BORDO LATERALE IN SEDE NATURALE.....	10
6.2.1	<i>Definizione del tipo e della classe delle barriere</i> .....	10
6.2.2	<i>Modalità d'installazione delle barriere per bordo laterale</i> .....	11
6.3	BARRIERE PER IL BORDO LATERALE DELLE OPERE D'ARTE .....	13
6.3.1	<i>Definizione del tipo e della classe delle barriere</i> .....	13
6.3.2	<i>Modalità d'installazione delle barriere per i bordi laterali delle opere d'arte</i> .....	14
6.4	BARRIERE IN CORRISPONDENZA DI OSTACOLI .....	16
6.4.1	<i>Ostacoli sul bordo laterale</i> .....	16
6.5	DISPOSITIVI DI PROTEZIONE PUNTI SINGOLARI.....	19
6.5.1	<i>Protezione imbocchi gallerie</i> .....	20
6.5.2	<i>Protezione setto centrale agli imbocchi delle gallerie Caravaggio e Fontanabuona</i> .....	23
6.5.3	<i>Protezioni muri di controripa</i> .....	23
6.6	ELEMENTI DI PROTEZIONE COMPLEMENTARI .....	25
6.6.1	<i>Transizioni</i> .....	25
6.6.2	<i>Terminali</i> .....	26
6.6.3	<i>Cuspidi e attenuatori d'urto</i> .....	27
6.6.4	<i>Dispositivi amovibili per varchi in spartitraffico</i> .....	28
6.7	RETI DI PROTEZIONE.....	29
<b>7</b>	<b>INTERVENTO DI ADEGUAMENTO S.P.22</b> .....	<b>30</b>
	<b>APPENDICE</b> .....	<b>31</b>
	DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE DEL SISTEMA DI ANCORAGGIO DEI TERMINALI DELLE BARRIERE DI SICUREZZA IN CORRISPONDENZA DEI MURI DI CONTRORIPA .....	32

## 1 PREMESSA

Il presente documento è riferito al progetto delle barriere di sicurezza previste nell'ambito del progetto del tunnel di collegamento tra la Val Fontanabuona, in località Ferrada di Moconesi, e l'Autostrada A12 Genova-Roma".

Il progetto definisce la tipologia delle barriere da installare lungo i tratti stradali citati, all'interno dei confini di intervento precisati nel capitolo 2, ed individua le relative modalità di installazione in conformità con quanto previsto dalla normativa vigente richiamata al capitolo 4.

**Per definire le soluzioni tecniche alla base del presente progetto, il Progettista ha preso a riferimento le principali tipologie di barriere, installabili secondo normativa vigente, presenti sul mercato. Quanto rappresentato negli elaborati del progetto delle barriere di sicurezza rappresenta pertanto una esemplificazione atta a definire compiutamente il progetto.**

La presente relazione è redatta conformemente a quanto richiesto dall'art. 2 del Decreto 18 febbraio 1992 n. 223.

## 2 SCOPO DEL LAVORO E LIMITI DI INTERVENTO

Come già anticipato in premessa il presente documento è riferito al progetto delle barriere di sicurezza relativo al "Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12 Genova-Roma".

In particolare, partendo da sud il progetto prevede:

- **Variante A12 e svincolo:** l'innesto di un nuovo svincolo sull'autostrada A12, tra le gallerie esistenti Giovanni Maggio, verso Genova, e Casalino, verso Livorno, per la realizzazione delle rampe di collegamento è necessario deviare l'attuale tracciato dell'A12, spostandolo in direzione sud-ovest.
- **Rampa principale:** al fine di collegare il nuovo svincolo sull'Autostrada A12 con la strada provinciale n.22 il progetto ha previsto la realizzazione di gallerie a canna unica con due rampe autostradali monodirezionali separate da setto centrale con profili redirettivi. In particolare la rampa principale si compone delle gallerie Caravaggio e Fontanabuona, intervallate da un tratto all'aperto in rilevato in corrispondenza della confluenza tra il Rio Gallo ed il Rio Serra. Il progetto prevede quindi di localizzare la barriera di esazione del

pedaggio nel tratto compreso tra l'imbocco della galleria Fontanabuona e l'intersezione con una rotatoria a tre rami in corrispondenza della S.P. n. 22 (rotatoria di Aveno).

- **Intervento di adeguamento SP22:** l'intervento prevede infine l'adeguamento della S.P.22, viabilità riconducibile a una strada extraurbana secondaria (classe C, secondo il D.Lgs. n.285 del 30 Aprile 1992 "Nuovo Codice della Strada).

Gli esatti confini dell'area d'intervento per il progetto delle barriere di sicurezza sono riportati nelle relative planimetrie di progetto.

### 3 ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO

Per lo sviluppo del progetto sono state effettuate le attività preliminari di acquisizione dei seguenti dati contenuti all'interno degli elaborati di progetto relativi all'andamento plano-altimetrico, alle sezioni tipo e alle sezioni correnti:

- altezza dei rilevati, pendenza delle scarpate e larghezza degli arginelli;
- caratteristiche geometriche dei cordoli di bordo delle opere d'arte (ponti, sottovia, tombini);
- ostacoli lungo il bordo della strada (barriere acustiche, cartelli di segnaletica, pali d'illuminazione, manufatti vari, ecc.).

Nello sviluppo del progetto delle barriere sono state svolte le seguenti attività:

- a) definizione della classe minima delle barriere di sicurezza per i diversi elementi infrastrutturali presenti in progetto;
- b) definizione delle modalità d'installazione dei diversi tipi di barriera previsti, in funzione delle caratteristiche costruttive dei bordi stradali e delle opere d'arte nonché della presenza di barriere antifoniche o altri ostacoli a bordo strada.

Il progetto è corredato dai seguenti elaborati grafici:

- Planimetrie stato di fatto e rimozioni delle barriere esistenti;
- Planimetrie di progetto delle barriere di sicurezza;
- tipologici barriere e reti di protezione;
- Schemi di installazione;
- Tipologici dispositivi complementari.

#### 4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- A1. Direttiva del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 3065 del 25.08.2004.  
“Direttiva sui criteri di progettazione, installazione, verifica e manutenzione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali”.
- A2. D.M. 21 giugno 2004 (G.U. n. 182 del 05.08.04).  
“Aggiornamento alle 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”.
- A3. D.M. 18 febbraio 1992, n. 223. (G:U: n. 63 del 16.03.92).  
Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza.
- A4. D. Lg.vo n. 285/92 e s.m.i..  
Nuovo codice della Strada.
- A5. D.P.R. n. 495/92 e s.m.i..  
Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada.
- A6. D.M. 5 novembre 2001, n. 6792.  
Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade.
- A7. Autostrade per l'Italia - Spea  
“Monografia di progetto n. 2 BARRIERE DI SICUREZZA”, Rev. Maggio 2012.
- A8. Circolare Ministero dei Trasporti del 15.11.2007 “Scadenza della validità delle omologazioni delle barriere di sicurezza rilasciate ai sensi delle norme antecedenti il D.M. 21.06.2004”.
- A9. Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21.07.2010 “Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali”.
- A10. Norme UNI EN 1317 “Barriere di sicurezza stradali”:  
-UNI EN 1317-1:2010: "Sistemi di ritenuta stradali - Parte 1: Terminologia e criteri generali per i metodi di prova";

-UNI EN 1317-2:2010: "Sistemi di ritenuta stradali - Parte 2: Classi di prestazione, criteri di accettazione delle prove d'urto e metodi di prova per le barriere di sicurezza inclusi i parapetti veicolari";

-UNI EN 1317-3:2010: "Sistemi di ritenuta stradali - Parte 3: Classi di prestazione, criteri di accettazione basati sulla prova di impatto e metodi di prova per attenuatori d'urto";

-UNI ENV 1317-4:2003 "Barriere di sicurezza stradali - Classi di prestazione, criteri di accettazione per la prova d'urto e metodi di prova per terminali e transizioni delle barriere di sicurezza";

-UNI EN 1317-5:2012 "Sistemi di ritenuta stradali - Parte 5: Requisiti di prodotto e valutazione di conformità per sistemi di trattenimento veicoli".

A11. DM 28.06.2011 (Gun. 233 del 06.10.2011)

"Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale".

## 5 SCELTA DEI DISPOSITIVI DI RITENUTA

Le soluzioni progettuali esposte nei documenti di progetto sono dimensionate e verificate in relazione alle principali tipologie di barriere installabili secondo normativa presenti sul mercato.

Dato che il progetto riguarda l'installazione di manufatti prefabbricati e che le caratteristiche dei supporti (arginelli, cordoli di opere d'arte, testa dei muri di sostegno) influenzano le modalità d'installazione dei manufatti stessi, non potendo prescrivere in progetto l'impiego di prodotti commerciali specifici, si è operato secondo il criterio di seguito precisato:

tutte le soluzioni previste in progetto sono state studiate in modo da essere adeguate alle caratteristiche di almeno due barriere installabili secondo normativa presenti sul mercato. Pertanto, si precisa che laddove i disegni e i dettagli costruttivi costituenti il progetto delle barriere fanno riferimento alle caratteristiche costruttive di specifici modelli di barriere, questi hanno un valore puramente indicativo, utile solo ad identificare la soluzione progettuale proposta. Nei casi in cui i criteri progettuali fanno riferimento alla larghezza operativa  $W$  (vedi Norma EN 1317-2), questa deve essere intesa in maniera conforme al significato attribuito ad oggi a tale grandezza dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ai fini dell'omologazione dei dispositivi di ritenuta e a quanto indicato nel doc. in rif. A9, ossia come lo spazio occupato in condizioni dinamiche dal complesso barriera-veicolo; quindi, di fatto, come la grandezza maggiore tra la massima posizione laterale della barriera e la massima posizione laterale del veicolo. Qualora tale definizione dovesse essere modificata, il requisito progettuale dovrà comunque intendersi riferito al maggiore tra i due valori misurati durante la prova d'urto.

A tal riguardo si precisa che in progetto, nel caso di protezione di ostacoli di altezza superiore al dispositivo di ritenuta, e che quindi possono essere interessati anche dal moto del veicolo durante l'urto si è fatto riferimento sempre alla larghezza operativa  $W$ , mentre nei restanti casi in cui invece l'ostacolo sia di altezza inferiore o uguale a quella della barriera di sicurezza, come nel caso di accoppiamento di due barriere in spartitraffico, si è fatto riferimento alla posizione laterale massima della barriera in condizioni dinamiche  $P_{lb}(din)$ , ciò è in linea con quanto indicato nei doc. in rif. A7 e A9.

## 6 RAMPA PRINCIPALE, VARIANTE A12 E SVINCOLO

La definizione delle classi minime delle barriere da adottare in progetto è stata operata, secondo quanto previsto dal D.M. 21.6.2004, in funzione della classe funzionale a cui appartiene la strada e della classe di traffico che la impegna. Il caso in esame riguarda il progetto delle barriere di sicurezza per un'autostrada (classe A secondo il D.Lgs. n.285 del 30 Aprile 1992 "Nuovo Codice della Strada"). Nel tratto in esame risultano condizioni di traffico, secondo il D.M. del 21.06.2004, di tipo III su variante A12 e svincolo, e di tipo II sulla rampe principale.

Pertanto le classi minime di contenimento per le barriere da installare sono:

Tipo di strada	Tipo di traffico	Barriere spartitraffico	Barriere bordo laterale	Barriere bordo ponte
Strada extraurbana principale (B)	II	H3	H2	H3
	III	H3-H4	H2-H3	H3-H4

Tabella 1: classi minime di contenimento ai sensi del DM 21.06.2004.

### 6.1 Barriere spartitraffico

#### 6.1.1 Spartitraffico su variante A12 (margine interno)

La sezione trasversale tipologica di progetto ha previsto l'impiego delle seguenti tre sezioni tipologiche:

- Spartitraffico monofilare: sezione tipo con margine interno minimo di larghezza 2.20m associato a uno spartitraffico minimo di 0.80m e protetto mediante barriere di sicurezza metalliche monofilari bifacciali di classe H4 a paletti infissi su sedime naturale e bordo ponte su opera d'arte.
- Spartitraffico monofilare con barriera polifunzionale da spartitraffico: sezione tipo con margine interno minimo di larghezza 2.20m associato a uno spartitraffico minimo di 0.80m e protetto mediante barriere di sicurezza polifunzionali monofilari bifacciali di classe H4 installate su cordoli in c.a.

- Spartitraffico bifilare metallico a paletti infissi: sezione tipo con margine interno minimo di 3.70m associato a uno spartitraffico minimo di 2.30m protetto mediante barriere di sicurezza metalliche in configurazione bifilare di classe H4 a paletti infissi su sedime naturale.

I dispositivi impiegati dovranno essere preferibilmente caratterizzati da classe di severità A. Potranno essere adottate barriere con livello di severità d'urto B nel caso in cui non risultino disponibili dispositivi della classe di contenimento e del materiale previsti nonché con caratteristiche di deformazione compatibili con i requisiti progettuali, rientranti nella classe di severità A.

L'impostazione progettuale è congruente con quanto previsto dal DM 21.06.2004, che per autostrade di classe A e condizioni di traffico III prevede l'adozione di barriere con classe di contenimento H3-H4.

Coerentemente con quanto definito all'interno del documento "Monografia di progetto n. 2 BARRIERE DI SICUREZZA", Rev. Maggio 2012" (rif. A7), dovrà essere garantito il contenimento del dispositivo in condizioni permanenti (statiche) all'interno del margine interno, mentre in condizioni istantanee (dinamiche) sarà ammessa un'invasione parziale della carreggiata da parte del veicolo ma non del dispositivo.

Conseguentemente per gli spartitraffici monofilari dovranno essere previsti dispositivi che rispettino i seguenti requisiti progettuali:

- $2 \cdot P_{lb(din)} - L_b \leq L_{mi}$ ;
- $L_b \leq L_{sp} = 0,80m$ .

dove:

- $P_{lb(din)}$  = Posizione laterale estrema del dispositivo durante l'urto (condizioni dinamiche);
- $L_b$  = Larghezza dispositivo;
- $L_{mi}$  = Larghezza margine interno (min. 2.20m);
- $L_{sp}$  = Larghezza spartitraffico (min. 0.80m).

Per lo spartitraffico bifilare dovranno essere previsti dispositivi che rispettino i seguenti requisiti progettuali:

- $P_{lb(din)} + L_{b1} \leq L_{sp}$ ;

Dove:

- $P_{lb(din)}$  = Posizione laterale estrema del dispositivo durante l'urto (condizioni dinamiche);
- $L_{b1}$  = Larghezza del dispositivo sul lato opposto;
- $L_{sp}$  = Larghezza spartitraffico (min. 2.30m).



Per maggiori chiarimenti si vedano anche i Dettagli "M4m, M4n M4o e M4h" all'interno dell'elaborato "Tipologici barriere e reti di protezione" facente parte del presente progetto.

### 6.1.2 Spartitraffico su rampa principale (margine interno)

La sezione trasversale tipologica di progetto ha previsto l'impiego di un margine interno di larghezza minima 2.80m (banchine di larghezza 1.00m), associato a uno spartitraffico di 0.80m protetto mediante barriere di sicurezza metalliche monofilari bifacciali di classe H3 a paletti infissi su sedime naturale e bordo ponte su opera d'arte.

I dispositivi impiegati dovranno essere preferibilmente caratterizzati da classe di severità A. Potranno essere adottate barriere con livello di severità d'urto B nel caso in cui non risultino disponibili dispositivi della classe di contenimento e del materiale previsti nonché con caratteristiche di deformazione compatibili con i requisiti progettuali, rientranti nella classe di severità A.

L'impostazione progettuale è congruente con quanto previsto dal D.M. 21.06.2004, che per autostrade (classe A) e condizioni di traffico II prevede l'adozione di barriere con classe di contenimento H3.

Coerentemente con quanto definito all'interno del documento "Monografia di progetto n. 2 BARRIERE DI SICUREZZA", Rev. Maggio 2012" (rif. A7), dovrà essere garantito il contenimento del dispositivo in condizioni permanenti (statiche) all'interno del margine interno, mentre in condizioni istantanee (dinamiche) sarà ammessa un'invasione parziale della carreggiata da parte del veicolo ma non del dispositivo.

Conseguentemente per lo spartitraffico monofilare dovranno essere previsti dispositivi che rispettino i seguenti requisiti progettuali:

- $2 \cdot P_{lb(din)} - L_b \leq L_{mi}$ ;
- $L_b \leq L_{sp} = 0,80m$ .

dove:

- $P_{lb(din)}$  = Posizione laterale estrema del dispositivo durante l'urto (condizioni dinamiche);
- $L_b$  = Larghezza dispositivo;
- $L_{mi}$  = Larghezza margine interno (min. 2.80m);
- $L_{sp}$  = Larghezza spartitraffico (min. 0.80m).

Per maggiori chiarimenti si veda anche i Dettagli "M3m e M3o" all'interno dell'elaborato "Tipologici barriere e reti di protezione" facente parte del presente progetto.

## 6.2 Barriere per bordo laterale in sede naturale

### 6.2.1 Definizione del tipo e della classe delle barriere

Come anticipato al capitolo 6 gli interventi in esame sono progettati come autostrade (classe A, secondo il D.Lgs. n.285 del 30 Aprile 1992 "Nuovo Codice della Strada"). Nel tratto in esame risultano condizioni di traffico, secondo il D.M. del 21.06.2004, di tipo III su variante A12 e svincolo e di tipo II sulla rampe principale. Pertanto la classe minima di contenimento per le barriere da installare lungo il bordo laterale prevista in progetto è, in linea con quanto indicato dal citato D.M., H2 lungo la rampa principale e H2-H3 su variante A12 e rampe di svincolo. Per le viabilità di servizio e in corrispondenza del piazzale di stazione, in linea con quanto indicato all'art.6 del D.M. del 21.06.2004 per le pertinenze autostradali, sono state previste barriere di classe minima N2.

La tipologia delle barriere per bordo laterale è quella di barriere metalliche a nastri e a paletti infissi, caratterizzate da un livello di severità di classe A. Le barriere metalliche dovranno avere larghezza totale del dispositivo non inferiore a 30cm, per consentirne la corretta installazione in relazione alla presenza sul margine stradale di cordolature ed altri elementi facenti parte del sistema di smaltimento idraulico delle acque di piattaforma. Dovranno essere impiegati dispositivi con nastro longitudinale principale a tripla onda, in modo da favorire il collegamento tra barriere di diversa tipologia.

La protezione del rilevato verrà realizzata ponendo un tratto di barriera a monte delle zone da proteggere (al riguardo si veda quanto indicato in Tabella 2) normalmente non inferiore ai 2/3 della lunghezza minima di installazione (Lf, indicata nei certificati di crash test) e a valle non inferiore alla lunghezza di contatto (lunghezza del tratto interessato dall'urto nel crash con il mezzo pesante, indicata nei certificati di crash test). Nel caso nel tratto a monte non sia stato possibile installare una lunghezza di barriera pari a 2/3Lf per la presenza di elementi ai margini della piattaforma, questa è stata ridotta fino al valore di lunghezza di barriera installata in prova prima dell'urto, in linea con quanto indicato nel doc. in rif. A9.

Pendenza delle scarpate	Altezza del rilevato (m)	Classe barriera
4/7	≤ 3	nessuna protezione <sup>(1)(2)(3)</sup>
4/7	> 3	min H2 <sup>(2)</sup>

(1) In presenza di strade, ferrovie, edifici, fiumi, canali, ecc. ad una distanza dal confine stradale compresa tra 12 m e 60 m (fascia di rispetto) deve essere sempre prevista una barriera di classe H2.

(2) In presenza di strade, ferrovie, edifici, fiumi, canali, ecc. ad una distanza dal confine stradale minore di 12 m deve essere sempre prevista una barriera di classe H2 (e classe H3 sulle rampe di svincolo).

(3) Al fine di evitare continue discontinuità nella protezione del margine laterale, anche i tratti in rilevato non richiedenti la protezione secondo i criteri indicati in tabella, dovranno comunque essere protetti se di sviluppo inferiore a 100 m.

Tabella 2: Criteri di scelta per barriere bordo laterale - Classi di traffico II-III.

Nelle sezioni in trincea, in presenza di cunetta triangolare transitabile, non è stata prevista alcuna protezione del margine laterale. I dispositivi di ritenuta sono stati comunque previsti nei casi in cui sono presenti elementi di cui si rende necessaria la protezione, o in relazione alla necessità di realizzare una estensione degli impianti nei tratti immediatamente adiacenti al fine di garantirne il corretto funzionamento. In tali casi in progetto è stata prevista la sostituzione della canaletta triangolare con canaletta grigliata e posa della barriera con fronte lama a filo ciglio pavimentato analogamente alla sezioni in rilevato (per maggiore chiarezza si vedano i dettagli "D0, D1, D2 e D3" dell'elaborato "Tipologici barriere spartitraffico, bordo laterale e reti di protezione" e lo schema "S10a" dell'elaborato "Schemi di installazione").

Infine, in corrispondenza dei tratti su muri in terra verde con arginello minimo 1.30m (vedi dettaglio A2s dell'elaborato "Tipologici barriere e reti di protezione"), le barriere di cui si prevedrà l'impiego dovranno avere, in aggiunta ai requisiti standard, valori di deformazione dinamica  $D_{din} \leq 1.30m$ . Particolare cura dovrà essere posta nella posa delle barriera a paletti infissi sull'opera in terra verde e sarà cura e onere dell'Appaltatore procedere con il tracciamento preventivo dei punti di posa dei montanti della barriera di sicurezza al fine di evitare l'interferenza degli stessi con l'armatura della terra verde.

### 6.2.2 Modalità d'installazione delle barriere per bordo laterale

L'art. 6 del D.M. 21.06.2004 prescrive di adattare il supporto dei dispositivi di ritenuta alle caratteristiche della sede stradale ove questi sono installati.

Ai fini dell'installazione delle barriere da bordo laterale con paletti infissi, le dimensioni geometriche previste dalla norma adottate in progetto (vedi Figura 1) sono considerate sufficienti a ripristinare in opera le condizioni di installazione delle barriere adottate in occasione delle prove d'urto<sup>1</sup> laddove gli arginelli risultino realizzati con materiali idonei per un rilevato stradale opportunamente compattati

Pertanto, stanti le suddette condizioni, tutte le barriere potranno essere installate con paletti aventi una profondità d'infissione pari a quella riportata nei certificati di crash test.

<sup>1</sup> Cfr. anche doc.in rif. A7, Cap. 7

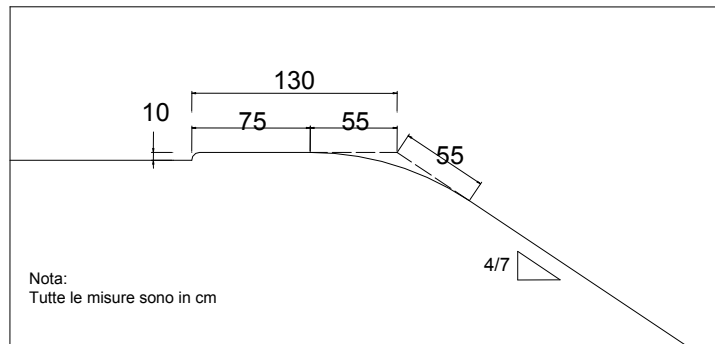


Figura 1: Configurazione dell'arginello assunta come riferimento

Per quanto riguarda le considerazioni legate alla stabilità trasversale (rollio ed eventuale ribaltamento) dei veicoli che urtano le barriere e che, in relazione all'ampiezza della deformazione dinamica delle stesse a seguito dell'urto, si possono trovare a percorrere con una o due ruote la scarpata del rilevato a valle dell'arginello (vedi Figura 2), si è riscontrato che, con l'arginello della larghezza minima di 1.30m previsto in progetto, considerando le principali tipologie di barriere installabili secondo normativa vigente, presenti sul mercato e con valori di deformazione dinamica  $D_{din} \leq 2.30m$  (requisito richiesto in progetto), nessuna di queste porta a valori dell'accelerazione trasversale conseguenti al fenomeno di rollio maggiori di quelli limiti per il ribaltamento in fase dinamica (0,2 – 0,3 g). Pertanto, anche sotto questo aspetto non si pongono condizioni particolari all'installazione delle barriere da bordo laterale.

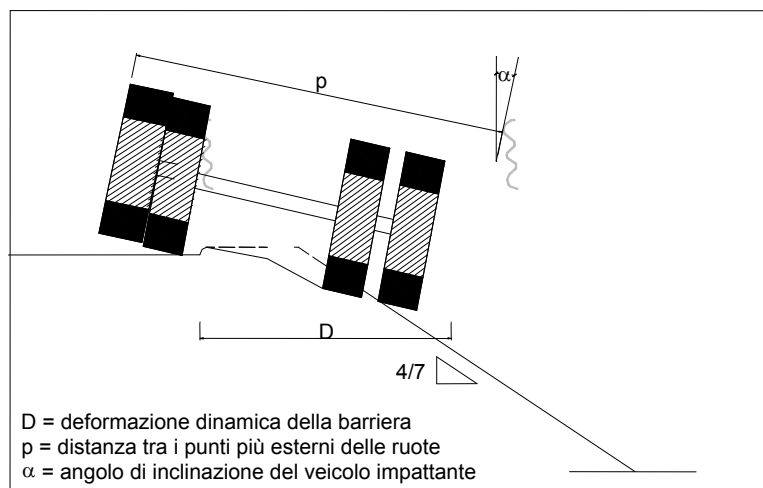


Figura 2: Schema per la determinazione dell'angolo di inclinazione del mezzo in funzione della deformazione della barriera, della configurazione geometrica del mezzo e della larghezza dell'arginello

## 6.3 Barriere per il bordo laterale delle opere d'arte

### 6.3.1 Definizione del tipo e della classe delle barriere

Le barriere per bordo opera d'arte (dette anche "bordo ponte") devono essere quelle prescritte dalla normativa per autostrade (classe A) e condizioni di traffico II sulla rampa principale e tipo III su variante A12 e rampe di svincolo. Di conseguenza, le classi di contenimento per le barriere da installare su bordo opera d'arte sono, ai sensi del DM 21.06.2004, H2, H3 o H4.

La tipologia prevista su opera d'arte è quella di barriere metalliche a nastri, preferibilmente caratterizzate da classe di severità A. Potrà essere adottata in progetto una barriera con livello di severità d'urto B nel caso in cui non risultino disponibili dispositivi della classe e del materiale previsti e con le caratteristiche di deformazione compatibili con le larghezze dei cordoli previsti in progetto (ovvero con la distanza da eventuali ostacoli) rientrante nella classe A.

I criteri seguiti per la scelta della classe delle barriere da adottare in progetto, tra quelle consentite dalla norma, sono riassunti in Tabella 3.

Luce libera complessiva (m)	Insedimenti abitativi o industriali al margine / scavalcamenti su strade, ferrovie	Classe
≤ 10	NO	classe prevista per l'adiacente bordo laterale (H2-H3)
≤ 10	SI	H3
> 10 <sup>(1)</sup>	NO	min H3 <sup>(2)</sup>
> 10 <sup>(1)</sup>	SI	H4

(1) Per quanto attiene al dimensionamento ed alle verifiche dello sbalzo sulle opere d'arte, si farà riferimento, in ogni caso, alla più gravosa tra le due protezioni previste;

(2) La scelta tra la classe H3 o H4 verrà effettuata sulla base delle seguenti considerazioni: livello di incidentalità, percentuale di mezzi pesanti, andamento planoaltimetrico del tracciato (rettifilo o curva, tratti a forte pendenza), altezza delle pile, vulnerabilità ambientale del fiume attraversato.

Tabella 3: Criteri di scelta per barriere bordo da bordo opera d'arte – Autostrade – traffico tipo III

Per la protezione delle opere principali sovrappassanti l'autostrada A12 (viadotto scavalco A12 e cavalcavia di svincolo) si sono sempre previste barriere bordo ponte di classe H4; per le restanti opere di luce superiore a 10m si sono previste barriere di classe minima H3. Infine, per le viabilità di servizio su opera d'arte sono state previste barriere di classe H2.

### 6.3.2 Modalità d'installazione delle barriere per i bordi laterali delle opere d'arte

Lo sviluppo complessivo delle barriere per bordo opera d'arte dovrà essere commisurato a quello indicato nel certificato di crash test (lunghezza di funzionamento  $L_f$ ), ponendone circa i 2/3 prima dell'opera d'arte (muri andatori compresi) e proseguendola dopo la fine dell'opera per una lunghezza pari a quella interessata dall'urto. Nel caso nel tratto a monte non sia stato possibile installare una lunghezza di barriera pari a  $2/3L_f$  per la presenza di elementi ai margini della piattaforma (quali, ad esempio, muri di controripa), questa è stata ridotta fino al valore di lunghezza di barriera installata in prova prima dell'urto, in linea con quanto indicato nel doc. in rif. A9. Lo sviluppo complessivo della protezione non dovrà risultare comunque inferiore alla lunghezza minima di installazione.

Per le opere d'arte con regime di circolazione a doppio senso di marcia nel definire in progetto l'estensione delle barriere prima e dopo l'opera d'arte, in linea con quanto indicato dalla Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 62032 del 21.07.2010 (doc. in rif. A9), si sono previste le medesime protezioni da entrambi i lati dell'opera d'arte. Di conseguenza, si è prevista un'installazione di barriera su ambo i lati dell'opera d'arte quanto meno pari alla grandezza risultante dalla maggiore tra  $L_1$  (lunghezza di barriera interessata dall'urto) e  $L_{pu}$  (lunghezza di barriera prima dell'urto), grandezze desumibili dai certificati di crash test dei dispositivi che si prevede di impiegare. Lo sviluppo complessivo della protezione non dovrà in ogni caso risultare inferiore alla lunghezza minima di installazione ( $L_f$  ca. 90m) relativa allo sviluppo totale del dispositivo che compone il sistema misto.

Secondo quanto previsto dal D.M. 21.06.2004 all'art. 6, l'estensione della protezione dell'opera a monte ed a valle, potrà essere realizzata attraverso un dispositivo diverso (testato con pali infissi nel terreno), di pari classe di contenimento (o di classe ridotta - H3 nel caso di affiancamento a barriere bordo ponte di classe H4), andando a realizzare una transizione strutturalmente continua (transizione speciale), in grado cioè di trasferire gli sforzi ed evitare una significativa differenza di deformazione laterale. In questo caso la lunghezza della barriera installata nel sistema misto dovrà essere almeno pari alla maggiore delle lunghezze di funzionamento dei 2 dispositivi installati.

La transizione sarà considerata strutturalmente continua laddove il sistema realizzato dall'affiancamento dei due dispositivi (bordo opera e bordo laterale) preveda:

- l'utilizzo di barriere dello stesso materiale;
- la continuità degli elementi longitudinali resistenti<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Si considerano elementi longitudinali resistenti la lama principale a tripla onda, l'eventuale lama secondaria sottostante o soprastante la lama principale, ed i profilati aventi funzione strutturale. Non sono considerati elementi strutturali i correnti superiori con esclusiva funzione di antiribaltamento ed i correnti inferiori para ruota. La continuità degli elementi

In alternativa potrà essere valutata l'opportunità di modificare, innalzandola oltre il valore minimo indicato in progetto, la classe di contenimento di una o di entrambe le barriere contigue così da trovare un accoppiamento che garantisca i suddetti requisiti.

La rigidità dei singoli dispositivi del sistema misto dovrà essere confrontabile (valori di deformazione dinamica simili<sup>3</sup>); in caso contrario la barriera più deformabile dovrà essere irrigidita nelle parti terminali che precede la transizione.

Diversamente da quanto suddetto, la transizione non potrà essere considerata strutturalmente continua e pertanto la protezione dei tratti a monte e a valle dovrà essere realizzata con la stessa barriera prevista sull'opera, andando a realizzare sul rilevato adiacente alla spalla un cordolo con idonee caratteristiche geometriche e strutturali; in alternativa potrà essere interposta una barriera a paletti infissi con elementi longitudinali resistenti simili alla barriera installata sull'opera, per una estensione a monte e a valle dell'opera come indicato negli schemi da S2 a S4 dell'elaborato "schemi di installazione" che accompagna il progetto.

Sulle opere d'arte, in presenza dei giunti di dilatazione andranno individuati gli eventuali adattamenti dei dispositivi di ritenuta (ad esempio soluzioni standard quali fori isolati per le barriere metalliche), anche sulla base di quanto previsto dai manuali di installazione, affinché questi possano assecondare le escursioni di progetto nella combinazione risultata più gravosa tra le condizioni ultime statiche (S.L.U.) e quelle sismiche allo Stato Limite di Danno (S.L.D.), ove considerate. In linea generale è opportuno evitare soluzioni che consentano scorrimenti tra gli elementi solidali alla struttura a cavallo del giunto maggiori dell'escursione di progetto per l'opera d'arte e comunque non superiormente limitati (per assenza di un sistema di fine corsa).

Per giunti di escursione significativa che possono avere ampiezze superiori a quelle gestibili con soluzioni standard, dovranno essere progettate soluzioni ad hoc in fase di progetto costruttivo, a cura dell'Appaltatore in generale e del progettista del dispositivo in particolare, sulla base delle caratteristiche del giunto e delle barriere che si intendono impiegare.

---

longitudinali delle 2 barriere può essere garantita anche se questi sono installati ad altezze diverse. In questo caso dovranno essere utilizzati elementi di raccordo inclinati con un angolo  $\leq 4^\circ$  rispetto al piano stradale.

<sup>3</sup> Nel caso di collegamento tra barriera bordo ponte di classe H4 e barriera bordo laterale di classe H3 si dovrà tenere conto che la deformazione misurata deriva da urti con caratteristiche diverse. Deve essere pertanto valutata per una delle due barriere una deformazione equivalente in modo di riferirsi ad un'unica tipologia di urto.

Per maggiori dettagli circa le suddette modalità di installazione si rimanda agli schemi da S2 a S4 dell'elaborato "schemi di installazione" e alle transizioni dell'elaborato "Tipologici dispositivi complementari".

Per quanto attiene alla protezione delle opere di luce inferiore a 3 metri (tombini idraulici), equiparate in termini di classi di contenimento al bordo laterale (vedi art. 6 del D.M.21.06.2004 e il doc. in rif. A9), è stato invece previsto di mantenere la barriera bordo laterale corrente sull'opera.

## 6.4 Barriere in corrispondenza di ostacoli

Lungo i bordi laterali della viabilità in progetto sono presenti ostacoli rappresentati da portali di segnaletica, pali di illuminazione, e barriere antifoniche.

La tipologia delle barriere a protezione degli ostacoli è quella di barriere metalliche a nastri. Dove previsto l'impiego di barriere a paletti infissi (tipo bordo laterale) i dispositivi impiegati dovranno essere caratterizzati da un livello di severità di classe A; dove la protezione verrà realizzata con barriera tipo bordo ponte (eventualmente installata su cordolo in c.a. gettato in opera), questa dovrà essere preferibilmente caratterizzata da classe di severità A. Potrà essere adottata in progetto una barriera con livello di severità d'urto B nel caso in cui non risultino disponibili dispositivi rientranti in classe A, compatibili con le specifiche di progetto.

Dovranno essere impiegati dispositivi con nastro longitudinale principale a tripla onda, in modo da favorire il collegamento tra barriere di diversa tipologia.

### 6.4.1 Ostacoli sul bordo laterale

Per la protezione di detti ostacoli si è agito in progetto come segue:

- a) *sostegni di cartelli di segnaletica verticale Ø60mm (con momento di plasticizzazione alla base non superiore a 5,7 kNm):*

Trattasi di ostacoli leggeri che, se rotti a seguito dell'urto, non creano danni per perdita di funzionalità e non sono in grado di costituire pericoli significativi né per l'utenza stradale né per l'utenza esterna, né sono in grado di influenzare il funzionamento delle barriere nel caso in cui queste siano presenti; di conseguenza, in presenza di questi non è prevista alcuna protezione specifica. Laddove i sostegni in oggetto ricadono in tratti in cui il progetto ha già previsto l'impiego di dispositivi di ritenuta (ad esempio in rilevato e/o a protezione di altri ostacoli), sarà



previsto il mantenimento del tipo e della classe di barriera corrente, senza requisiti aggiuntivi ed indipendentemente dalla distanza esistente tra questa e i cartelli di segnaletica suddetti.

*b) Pali d' illuminazione:*

Tali ostacoli saranno ubicati ad una distanza non inferiore a 2.10m e protetti con dispositivi da bordo laterale di classe minima H2 (H1 su S.P.22, e N2 su viabilità di servizio e piazzale di esazione) e larghezza operativa  $W \leq 2.10m$ .

I montanti verticali di pali ancorati a sbraccio ai cordoli delle opere d'arte, e ad una distanza non inferiore a 1.70m dal filo lama barriera esposto al traffico, saranno protetti mediante barriere bordo ponte metallica di classe minima H2 e con larghezza operativa  $W \leq 1.70m$ .

*c) sostegni di cartelli di segnaletica verticale  $> \varnothing 60mm$  (max.  $\varnothing 90mm$ ) e montanti verticali di targhe su strutture monopalo:*

i sostegni di cartelli di segnaletica verticale  $> \varnothing 60mm$  (max.  $\varnothing 90mm$ ) saranno protetti con barriere bordo laterale classe minima H2 (H1 su S.P.22, e N2 su viabilità di servizio e piazzale di esazione), senza requisiti aggiuntivi ed indipendentemente dalla distanza esistente tra questa e i cartelli di segnaletica suddetti.

I montanti verticali di targhe su strutture monopalo saranno ubicati ad una distanza non inferiore a 2.10m e protetti con dispositivi da bordo laterale di classe minima H2 (H1 su S.P.22, e N2 su viabilità di servizio e piazzale di esazione) e larghezza operativa non superiore a W6.

*d) montanti verticali di portali di segnaletica:*

tali ostacoli, posizionati ad una distanza almeno pari a 2,10m dal bordo della piattaforma, saranno protetti con dispositivi da bordo laterale di classe minima H2 e larghezza operativa non superiore a W6.

*e) Pile e spalle di cavalcavia:*

Tali ostacoli ubicati ad una distanza non inferiore a 2.10m saranno protetti con dispositivi da bordo laterale di classe H2 e larghezza operativa  $W \leq 2.10m$ .

*f) Pile a distanza inferiore a 2.10m:*

Sull'autostrada A12 in carreggiata direzione Genova a protezione della pila del cavalcavia di svincolo, posta a distanza minima 1.50m, sarà prevista una protezione con barriere bordo ponte di classe minima H3, installate su cordolo in c.a., e con larghezza operativa  $W \leq 1.50m$ .

g) *Barriere polifunzionali:*

Con riferimento a tali dispositivi, dovrà essere posta particolare cura nello sviluppo della transizione tra le stesse e le barriere bordo laterale metalliche in approccio, con particolare riferimento alla sezione iniziale della barriera integrata. La soluzione progettuale dovrà essere sviluppata mediante opportuni accorgimenti atti ad evitare l'urto diretto del eventuale veicolo in svio sui montanti in elevazione della barriera polifunzionale, a tal riguardo si veda anche quanto rappresentato nello specifico dettaglio "C5" all'interno dell'elaborato "Tipologici dispositivi complementari" che accompagna il progetto.

La protezione degli ostacoli dovrà essere realizzata ponendo un tratto di barriera a monte dell'ostacolo non inferiore ai 2/3 della lunghezza minima di installazione e a valle non inferiore alla lunghezza di contatto, grandezze desumibili dai certificati di crash test del dispositivo che si prevede di impiegare. Nel caso di presenza di elementi ai margini della piattaforma, la lunghezza di barriera a monte dell'ostacolo potrà essere ridotta fino al valore di lunghezza di barriera installata in prova prima dell'urto, in linea con quanto indicato nel doc. in rif. A9. Per le viabilità esterne e per le rampe di svincolo bidirezionali, nel definire in progetto l'estensione delle barriere prima e dopo gli ostacoli, si è tenuto in conto che trattasi di strade a doppio senso di marcia e che quindi, ai sensi della Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 62032 del 21.07.2010 doc. in rif. A9, le medesime protezioni andranno realizzate da entrambi i lati dell'ostacolo. Di conseguenza, si è prevista un'installazione di barriera su ambo i lati quanto meno pari alla grandezza risultante dalla maggiore tra L1 (lunghezza di barriera interessata dall'urto) e Lpu (lunghezza di barriera prima dell'urto), grandezze desumibili dai certificati di crash test del dispositivo che si prevede di impiegare. Lo sviluppo complessivo della protezione non dovrà in ogni caso risultare inferiore alla lunghezza minima di installazione.

Per maggiori dettagli circa le suddette modalità di installazione si rimanda anche agli schemi S7 e S7c dell'elaborato "schemi di installazione".

## 6.5 Dispositivi di protezione punti singoli

Come chiarito dalla Circolare Ministero Infrastrutture e Trasporti 21.07.2010, l'art. 6 delle istruzioni tecniche allegate al D.M. 21.6.2004 prevede che, sulle strade esistenti, i *"punti singoli come pile di ponte senza spazio laterale o simili"* possano essere protetti mediante *"dispositivi in parte difformi da quelli indicati, curando in particolare la protezione dagli urti frontali su detti elementi strutturali"*.

In linea generale si è cercato di ottimizzare le soluzioni adottate per le opere strutturali in modo da eliminare o minimizzare le singolarità che nascono in presenza di transizione tra diverse configurazioni della sezione stradale (ad esempio in corrispondenza dei terminali dei muri di controripa, degli imbocchi delle gallerie, ecc....) e che necessiterebbero di protezioni particolari che possono risultare di difficile definizione ed inserimento nel contesto della strada. Dove tali singolarità non sono eliminabili a priori si è provveduto a raccordare risalti e spigolosità tra elementi strutturali tramite manufatti di raccordo in c.a, gettati in opera.

Per la protezione di questi punti sono state previste in progetto soluzioni specifiche per tener conto delle esigenze di sicurezza dell'infrastruttura, della sicurezza di terzi ed anche dei veicoli transitanti in direzione opposta, ad esempio nel caso di protezione di ostacoli presenti all'interno dello spartitraffico, o in prossimità del margine stradale.

Tali soluzioni sono finalizzate a garantire una minore deformabilità agendo, a titolo di esempio, mediante adozione di una barriera di classe superiore fino anche alla adozione di soluzioni completamente indeformabili (ad analogia dei profili redirettivi adottati in galleria).

In linea generale in questi casi il sistema di protezione potrà essere realizzato tramite modifica di un normale dispositivo di ritenuta oppure, laddove sia ritenuto prioritario il contenimento del veicolo in svio ma non sussistono dispositivi di ritenuta caratterizzati da spazi di funzionamento compatibili con le condizioni di installazione, da elementi non deformabili.

Nel seguito si da descrizione della casistiche riscontrate lungo i tratti di intervento.

### 6.5.1 Protezione imbocchi gallerie

Gli imbocchi delle gallerie, in quanto “zone di approccio ad opere d’arte”, costituiscono, ai sensi dell’art. 1 delle Istruzioni Tecniche allegate al DM 21.06.2004, punti singolari per la protezione dei quali la norma prevede, in linea di principio, l’impiego di specifici dispositivi le cui caratteristiche possono differire da quelle dei dispositivi utilizzabili per la protezione degli altri elementi dell’infrastruttura (spartitraffico, bordi laterali e bordi di opere d’arte). Non esistono, però, al presente, dispositivi testati e certificati per impieghi specifici del tipo di quello in esame (imbocchi gallerie).

Gli imbocchi delle gallerie possono essere altresì considerati come ostacoli fissi posti lateralmente alla sede stradale che debbono essere protetti. Per la protezione di questi punti particolari dell’infrastruttura l’art. 3 del cit. D.M. ammette la possibilità di integrare i dispositivi testati e certificati, presenti sul mercato, “con eventuali ancoraggi”, “salvo diversa prescrizione del progettista secondo i criteri indicati nell’art. 6”.

Il richiamato art. 6 prevede che, in questi casi, il progettista definisca “le caratteristiche prestazionali dei dispositivi da adottare”.

E’ in questa logica che è stato affrontato e risolto l’aspetto riguardante la protezione degli imbocchi delle gallerie previste in progetto.

In corrispondenza dei punti singolari rappresentati dagli imbocchi delle gallerie esistenti sull’A12 (Giovanni Maggio, verso Genova, e Casalino Nord) e delle nuove gallerie (Caravaggio e Fontanabuona) lungo la rampa principale è stata prevista la protezione mediante gli sehemi di protezione P10 e P11.

Per quanto riguarda le caratteristiche prestazionali dei dispositivi da adottare, gli schemi di protezione individuati perseguono le seguenti finalità:

- deve essere evitato l’impatto frontale di un veicolo pesante (urto di classe H4) contro il rivestimento della galleria, garantendo il contenimento e il reindirizzo su strada con una traiettoria regolare del veicolo;
- la severità dell’urto nel caso di urto con veicolo leggero dovrà essere preferibilmente contenuta entro il livello ASI B, e in ogni caso entro il livello ASI C.

La soluzione prevista per raggiungere gli obiettivi suddetti consiste nella definizione di un dispositivo che prevede l’adattamento di barriere bordo laterale metalliche di classe H4 omologate,

caratterizzate dalla presenza di un elemento longitudinale superiore (tipo bordo ponte) in grado di limitare il rollio del veicolo pesante in fase di urto e caratterizzate da limitate deformazioni nella prova d'urto per l'omologazione e da indice di severità non superiore a B. In alternativa in progetto è stato previsto l'impiego di dispositivi tipo bordo ponte con i medesimi requisiti, montati su cordoli opportunamente realizzati in approccio alla galleria.

Lo schema di protezione prevede l'installazione di un tratto di barriera a monte dell'ostacolo di lunghezza pari a  $2/3$  della lunghezza di funzionamento  $L_f$  e di un tratto di barriera a valle di lunghezza pari a 9 metri (lunghezza di due lame standard) più ancoraggi terminali. Nell'ipotesi che il dispositivo di protezione non venga ad essere collegato a monte con le barriere correnti (installazione stand alone), la lunghezza complessiva di barriera installata risulta inferiore al valore minimo di  $L_f$  richiesto dalla normativa in quanto lo sviluppo di barriera a valle del punto da proteggere è inferiore a  $1/3 L_f$  (=9 m + ancoraggio terminale). Questo è ritenuto ammissibile in quanto l'effetto di contenimento e reindirizzamento a valle del punto d'urto è garantito dal rivestimento della galleria.

L'adattamento della barriera potrà consistere nell'irrigidimento del dispositivo nel tratto immediatamente prima dell'ostacolo finalizzato a limitare ulteriormente la deformazione della barriera ed il rollio del veicolo impattante. L'irrigidimento potrà consistere in un infittimento dei paletti di sostegno, nell'aggiunta sul retro della barriera di ulteriori profilati longitudinali resistenti o di controventature, nell'incremento dell'altezza complessiva del dispositivo o nella previsione di più interventi del genere. Tendenzialmente, non dovrà invece essere modificato il sistema resistente esposto al traffico della barriera per non alterare eccessivamente il comportamento della barriera nei riguardi degli urti con veicoli leggeri.

A valle dell'ostacolo, la barriera dovrà continuare per la lunghezza necessaria a redirigere il veicolo impattante, e comunque per una lunghezza non inferiore a due lame standard.

Al fine di evitare eventuali interferenze con impianti ed idraulica l'ancoraggio è previsto sul rivestimento della galleria tramite un traliccio distanziatore metallico.

In galleria il contenimento del veicolo impattante è assicurato dalla presenza del paramento della galleria stessa. Il tratto di barriera fissato al rivestimento ha pertanto la funzione principale di garantire piena efficacia del dispositivo nel tratto immediatamente a monte dell'ostacolo.

Il funzionamento del dispositivo modificato dovrà essere verificato mediante analisi secondo i principi della meccanica computazionale in fase dinamica (denominata per brevità "analisi FEM")

da effettuare secondo quanto previsto nel punto A.6 dell'Appendice A della EN 1317-5. In questo caso dovranno essere sottoposte a verifica almeno tre differenti condizioni di impatto:

- punto di impatto a 4 metri a monte dell'imbocco galleria/paratia (urto con autoarticolato classe H4);
- punto di impatto in corrispondenza del tratto di transizione tra la barriera standard e quella rinforzata (urto con autoarticolato classe H4);
- punto di impatto a 4 metri a monte dell'imbocco galleria/paratia (urto con veicolo leggero).

In continuità con altre barriere, l'impianto dovrà comunque assicurare la continuità strutturale.

L'efficacia del dispositivo modificato dovrà infine risultare garantita anche nell'ipotesi di "soluzione isolata", ossia non in continuità con altri impianti, disponendo quindi degli ancoraggi semplici di estremità indicati nel certificato di omologazione del dispositivo non modificato.

La geometria, l'estensione e i criteri di modifica del dispositivo potranno risultare modificate rispetto a quanto previsto negli schemi di protezione previsti in progetto se gli esiti delle analisi FEM o delle prove di crash integrative risulteranno positivi.

Per un maggiore dettaglio delle soluzioni adottate si veda quanto rappresentato negli schemi di protezione "P10 e P11" dell'elaborato "Schemi di installazione" che accompagna il progetto.

### **6.5.2 Protezione setto centrale agli imbocchi delle gallerie Caravaggio e Fontanabuona**

Come già anticipato al paragrafo 2, al fine di collegare il nuovo svincolo sull'Autostrada A12 con la Strada Provinciale n.22 il progetto ha previsto la realizzazione di gallerie a canna unica (Rampa principale) con due rampe autostradali monodirezionali separate da setto centrale con profili redirettivi. In particolare la rampa principale si compone delle gallerie Caravaggio e Fontanabuona, intervallate da un tratto all'aperto in rilevato in corrispondenza della confluenza tra il Rio Gallo ed il Rio Serra.

In corrispondenza degli imbocchi delle gallerie suddette e a protezione del setto centrale in spartitraffico, si è previsto in progetto di raccordare risalti e spigolosità tra elementi strutturali tramite manufatti speciali di raccordo in c.a, gettati in opera e di proteggere l'ostacolo con elementi non deformabili. Sono state di conseguenza previste le protezioni dello schema P9 dell'elaborato "Schemi di installazione"; in particolare, i dispositivi di protezione individuati consistono in dei manufatti in c.a. (gettati in opera), dotati di opportune transizioni con i dispositivi di ritenuta in approccio al setto, e in grado di evitare che le barriere ad esso adiacenti si spostino in modo da esporre al traffico il bordo trasversale rigido del manufatto stesso. Per la visione nel dettaglio delle soluzioni individuate e per le modalità di collegamento delle barriere correnti in spartitraffico con i manufatti in c.a., si rimanda allo specifico schema "P9" dell'elaborato "Schemi di installazione" che accompagna il progetto.

### **6.5.3 Protezioni muri di controripa**

A protezione della sezione frontale dei muri di controripa è stata prevista in progetto l'installazione di una barriera bordo laterale di classe H3.

A monte dell'ostacolo, nel caso la protezione del bordo laterale non sia continua, sarà garantita una lunghezza minima di barriera pari a 2/3 della lunghezza di funzionamento del dispositivo di cui è previsto l'impiego (grandezza desumibile dai certificati di crash test).

In tali ambiti, laddove il muro non sia dotato di protesi iniziale degradante a terra dovrà essere previsto l'irrigidimento della barriera mediante infittimento dei paletti (o mediante altra modalità individuata, in fase realizzativa, dal progettista del dispositivo in relazione alle caratteristiche strutturali del dispositivo che verrà effettivamente impiegato) in modo tale da garantire una variazione graduale della rigidità.

La protezione verrà completata attraverso il fissaggio del terminale sul muro, l'ancoraggio terminale della barriera al muro dovrà ripristinare una resistenza longitudinale comparabile alla lunghezza del dispositivo non installato rispetto alla configurazione standard e questo dovrà essere realizzato mediante sovrapposizione della lama della barriera al muro per una lunghezza minima di 4.00 metri (pari a 1 lama standard) e il fissaggio di questa mediante almeno 5 coppie in allineamento di tasselli in acciaio M16x200, nonché il fissaggio del terminale (manina) con minimo quattro tasselli in acciaio M16x200.

Tali modalità di ancoraggio valgono sia per il fissaggio della barriera in ingresso al muro (vedi protezione P8 degli "Schemi di installazione" e dispositivo C3a dei "tipologici dispositivi complementari"), che per il fissaggio della barriera in uscita (vedi dispositivo complementare C4b dei "tipologici dispositivi complementari").

Quanto previsto discende da un dimensionamento di massima sviluppato secondo i seguenti criteri:

- le azioni trasmesse al sistema di ritenuta sono state considerate statiche, trascurando quindi l'impulsività dell'evento incidentale e ciò che sarebbe connesso con questo tipo di trattazione. Sono stati quindi utilizzati i concetti propri delle strutture civili ed i relativi riferimenti normativi (Norme Tecniche delle Costruzioni del 2008), nell'ipotesi di operare entro i limiti di snervamento dei materiali.
- Il dimensionamento del numero minimo di ancoraggi fonda sulla considerazione che ogni montante può al più trasferire un momento pari a quello che plasticizza la sezione resistente; pertanto l'azione longitudinale massima che il sistema è in grado di trasferire equivale a quella che genera la cerniera plastica (presa indicativamente a 20cm sotto il piano campagna).

Per maggiori dettagli si rimanda all'appendice al presente documento.

In fase realizzativa l'effettivo dimensionamento del sistema di ancoraggio dovrà essere eseguito dal progettista del dispositivo in base alle effettive caratteristiche dei dispositivi che si prevede di impiegare ma comunque nel rispetto dei criteri progettuali.



## 6.6 Elementi di protezione complementari

Oggetto del presente paragrafo sono sia dispositivi di ritenuta ai sensi della EN1317 (attenuatori d'urto, transizioni, terminali speciali) che gli elementi iniziali e finali di una barriera di sicurezza.

Per quanto riguarda i primi si rappresenta che ad oggi solo per gli attenuatori d'urto risulta l'obbligatorietà del marchio CE, mentre per transizioni e terminali speciali non è possibile la marcatura CE considerato che la ENV 1317-4 che ne stabilisce i requisiti per la valutazione di conformità è norma volontaria.

Nel seguito si riportano pertanto le modalità di installazione e requisiti dei dispositivi di ritenuta complementari (come da classificazione prestazionale individuata dalle EN1317/3 e EN1317/4), laddove questi non siano univocamente esplicitati dal D.M. 21.06.2004.

Per quanto attiene agli elementi iniziali e finali di una barriera di sicurezza verranno fissati requisiti geometrici e funzionali minimi (anche di carattere prestazionale) che dovranno trovare riscontro in fase realizzativa nel progetto tecnico a cura del progettista del dispositivo. Tale impostazione vale anche per le transizioni, per le quali ad oggi esiste un numero molto limitato di dispositivi testati dal vero e dotati di relativa documentazione e non vi sono all'interno della normativa (sia nazionale che europea) indicazioni e/o regole di buona progettazione condivise.

### 6.6.1 Transizioni

Le transizioni (standard) tra barriere di diverso tipo e classe dovranno essere ottenute utilizzando i raccordi ed i pezzi speciali di giunzione previsti dal costruttore, curando che non rimangano in alcun caso discontinuità tra gli elementi longitudinali che compongono le barriere.

I raccordi tra elementi longitudinali posti ad altezze e posizioni in pianta differenti dovranno essere risolti mediante elementi inclinati verticalmente e orizzontalmente, con angolo d'inclinazione, rispetto all'allineamento degli elementi adiacenti, non superiore a 4°.

L'interruzione di elementi longitudinali secondari nelle zone di transizione dovrà avvenire mediante l'installazione dei terminali previsti dal costruttore, utilizzando accorgimenti volti a scongiurare la possibilità di un urto diretto contro la parte terminale dell'elemento, ad esempio prevedendo di arretrare l'elemento stesso rispetto all'allineamento degli elementi longitudinali continui principali, prima della sua interruzione, di inclinarlo fino a terra o andandolo a collocare dietro agli elementi longitudinali correnti.

Per le transizioni (speciali) da realizzare per l'estensione della protezione delle opere d'arte nei tratti a monte e a valle dell'opera stessa, si rimanda anche a quanto specificato al par.6.3.2.

Per maggiori dettagli si rimanda alle specifiche transizioni contenute nell'elaborato "tipologici dispositivi complementari" facente parte del presente progetto.

### **6.6.2 Terminali**

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

Il terminale di inizio impianto delle barriere metalliche dovrà essere costituito da elementi inclinati trasversalmente verso l'esterno del corpo stradale, secondo le indicazioni contenute negli elaborati di progetto. In particolare, lo stesso sarà costituito da una lama standard di barriera deviata verso l'esterno della carreggiata con angolo di inclinazione pari a 5° e da un elemento iniziale calandrato con raggio di curvatura pari a 1.80m e lungo 1.50m (1 campata) più terminale (manina).

Non potranno essere impiegati dispositivi che prevedono ancoraggi terminali (utilizzati in fase di prova) non compatibili con la suddetta configurazione (ad esempio terminali degradanti ed infissi nel terreno) a meno che non sia data evidenza nella relativa documentazione tecnica che il terminale non assolve alla funzione di ancoraggio di estremità o che i dispositivi non siano ricondotti a prodotti modificati ai sensi della EN 1317-5.

Nel merito si ribadisce quanto precisato nel doc. in rif. A9 e cioè che *"i terminali semplici non devono essere confusi con gli ancoraggi terminali che possono essere utilizzati in fase di prova, secondo quanto previsto dall'art. 5.3.2 della norma UNI EN 1317-2. Questi ultimi hanno lo scopo di sviluppare tensione ma non di assicurare soddisfacenti condizioni di sicurezza derivanti dall'eventuale impatto contro il terminale e, se usati nella prova, devono essere impiegati anche nelle installazioni su strada"* laddove il progetto non preveda soluzioni alternative per garantire il corretto funzionamento delle barriere.

I terminali semplici, intesi come normali elementi iniziali di una barriera di sicurezza, potranno essere sostituiti o integrati alle estremità di barriere laterali con terminali speciali testati secondo

UNI EN 1317-4, installabili secondo normativa vigente, e di classe adeguata in base alla velocità imposta nel sito da proteggere.

Per maggiori dettagli si rimanda allo specifico elaborato "Tipologici dispositivi complementari" facente parte del progetto delle barriere di sicurezza.

### **6.6.3 Cuspidi e attenuatori d'urto**

I punti cui le barriere bordo laterale installate lungo il bordo stradale vengono raccordate con la barriera posta sul bordo sinistro di rampe di uscita dalla autostrada (denominati anche "nasi") dovranno essere protetti con dispositivi attenuatori d'urto installabili secondo normativa vigente, di classe 100 di tipo redirettivo.

Per quel che riguarda invece le cuspidi tra i rami dello svincolo, è stata prevista in progetto la protezione con dispositivi attenuatori d'urto installabili secondo normativa vigente, di classe 50 di tipo redirettivo.

Le dimensioni trasversali dell'attenuatore d'urto dovranno essere commisurate a quelle delle barriere in cuspidi, individuando tra i diversi prodotti commerciali e tra le diverse tipologie di questi, che formano un sistema o famiglia (allargato, intermedio, parallelo), quelli a cui corrisponde una larghezza la più simile possibile al diametro dell'elemento di raccordo tra le barriere in corrispondenza della cuspidi.

Le dimensioni di tale raccordo potranno essere variate, rispetto a quanto rappresentato nel disegno tipologico dell'elaborato "Tipologici dispositivi complementari" che accompagna il progetto (particolare C, dettaglio C2), in relazione alla morfologia del sito e della geometria della rampa, per consentire l'installazione dell'attenuatore d'urto con una inclinazione massima compatibile con quella richiamata nel manuale di installazione e per contenere l'ingombro di questo all'interno della zona zebra garantendo adeguati franchi laterali, nel rispetto di quanto precedentemente detto.

Con specifico riferimento alle rampe bidirezionali, la larghezza del pezzo speciale calandrato di collegamento tra le due barriere confluenti nella cuspidi dovrà comunque avere una larghezza almeno pari a quella massima dell'attenuatore d'urto, tale per cui la sagoma posteriore di quest'ultimo non costituisca in alcun modo elemento di pericolo per i flussi transitanti in entrambi i sensi.

Infine, per le cuspidi in corrispondenza dell'inizio impianto della barriera monofilare bifacciale è stata prevista in progetto la protezione con dispositivi attenuatori d'urto di tipo redirettivo, installabili secondo normativa vigente, di classe 50. Le dimensioni trasversali dell'attenuatore d'urto dovranno essere commisurate a quelle della barriera in cuspidi, e dovrà essere previsto il collegamento delle lame della barriera metallica all'attenuatore tramite raccordi. Laddove non sia possibile tale collegamento in relazione al funzionamento dell'attenuatore e/o dei materiali con cui quest'ultimo è realizzato, dovrà essere previsto un elemento calandrato circolare di raccordo delle lame della barriera metallica, il cui raggio dovrà essere dimensionato in funzione dell'ingombro trasversale (larghezza) della barriera effettivamente installata. Anche in questo caso, trattandosi di una cuspidi in corrispondenza dei flussi bidirezionali relativi alle due rampe, la larghezza dell'attenuatore d'urto individuato dovrà essere tale per cui la sagoma posteriore di quest'ultimo non costituisca in alcun modo elemento di pericolo per i flussi transitanti in entrambi i sensi.

#### **6.6.4 Dispositivi amovibili per varchi in spartitraffico**

I varchi in spartitraffico previsti in progetto, dovranno essere protetti con barriere amovibili caratterizzate da un livello di protezione di classe minima H2.

Dovranno essere impiegati dispositivi idonei in relazione alle caratteristiche e alle geometrie delle barriere spartitraffico. In linea generale questo deve corrispondere all'uso di dispositivi testati in configurazione analoga a quella di progetto.

## 6.7 Reti di protezione

Le reti di protezione sono state previste in progetto con lo scopo di perseguire le seguenti finalità:

- con funzione di parapetto per garantire opportune condizioni di sicurezza in presenza di spazi pedonabili o ciclabili a tergo del dispositivo.
- Al fine di evitare la caduta di materiale nello spazio sottostante e/o il lancio di oggetti (ad esempio il lancio di sassi dai cavalcavia).

Di conseguenza le reti sono state poste nei seguenti casi:

- in corrispondenza di opere d'arte e muri di sostegno in presenza di attraversamenti o affiancamenti di strade, ferrovie ed edifici.
- lungo i bordi delle opere con cordolo di larghezza tale che al netto della barriera di sicurezza rimanga uno sbalzo di larghezza compatibile con un passaggio uomo ( $\geq 0,60\text{m}$ ).

Tutte le reti di protezione sono state estese in progetto oltre il punto da proteggere per almeno 10m a monte e a valle dello stesso.

In particolare, in corrispondenza di opere d'arte in linea e di muri di sostegno, in presenza di attraversamenti o in affiancamento di strade e edifici, sono state previste reti di protezione di altezza 2 metri "tipo A" con pannelli a maglie 50x50 agganciate mediante staffe di collegamento direttamente alla barriera di sicurezza.

Le reti "tipo A" previste in progetto risultano agganciate mediante staffe di collegamento direttamente alla barriera di sicurezza e non sono state considerate un ostacolo ai sensi dell'art. 3 del D.M. 21.06.2004, in quanto si ritiene che possano essere eventualmente coinvolte nell'urto di un veicolo in svio senza alterare le condizioni di funzionamento del dispositivo di sicurezza e senza recare ulteriore danno. Il progetto costruttivo dovrà in ogni caso prevedere sistemi di ancoraggio (cavetti di sicurezza e/o cavi laschi ancorati alle estremità) con funzione di impedire la caduta dei pannelli nello spazio sottostante a seguito dell'eventuale distacco di quest'ultimi dai montanti in caso d'urto. In linea generale saranno da preferirsi dispositivi testati dal vero nella configurazione con rete a tergo e in tale configurazione dotati di marchiatura CE.

In corrispondenza delle opere d'arte sulla S.P.22 sul lato con marciapiede di servizio, sono state invece previste reti autoportanti alte 2 metri con funzione anche di parapetto "tipo B".

In corrispondenza di tali reti, che prevedono pannelli a maglie 50x50 agganciate a montanti IPE 100 ancorati con piastra al cordolo del muro, e che possono influenzare il funzionamento delle barriere di sicurezza, dovranno essere impiegate barriere bordo ponte con larghezza operativa  $P_{lb}(\text{din}) \leq 2.10\text{m}$  ( $P_{lb}(\text{din})$ =Posizione laterale estrema del dispositivo durante l'urto (condizioni dinamiche)).

## 7 INTERVENTO DI ADEGUAMENTO S.P.22

Il progetto stradale comprende anche l'intervento di adeguamento della S.P.22, viabilità riconducibile a una strada extraurbana secondaria (classe C, secondo il D.Lgs. n.285 del 30 Aprile 1992 "Nuovo Codice della Strada). Lungo tale viabilità, sono previsti negli scenari di traffico di progetto condizioni di traffico di tipo II secondo il D.M. del 21.06.2004. Infatti i valori di TGM sono maggiori di 1000 veicoli/giorno e la percentuale di veicoli pesanti ricade nell'intervallo compreso tra il 5 e il 15% indicato nella norma. Il D.M. 21.06.2004 fornisce le classi minime da adottare per le barriere di sicurezza nelle diverse destinazioni (spartitraffico, bordo laterale e bordo ponte) in funzione del livello di traffico, come riportato al secondo rigo della Tabella seguente relativamente alle strade extraurbane secondarie.

Tipo di strada	Traffico	Destinazione barriere		
		Barriere spartitraffico a	Barriere bordo laterale b	Barriere bordo ponte c
Strade extraurbane secondarie (C)	I	H1	N2	H2
	II	H2	H1	H2
	III	H2	H2	H3

Tabella 4: classi minime di barriere per strade extraurbane secondarie

Nel seguito si riportano in sintesi le caratteristiche dei dispositivi di ritenuta previste per le diverse destinazioni (bordo laterale, spartitraffico, e in corrispondenza delle opere d'arte):

- per il bordo laterale barriere metalliche a nastri e a paletti infissi di classe H1 (la classe è stata opportunamente innalzata a H2 in approccio alle opere d'arte - concetto di "ali funzionali" del sistema misto);
- per le opere d'arte e i muri di sostegno sono state previste barriere metalliche a nastri di tipo bordo ponte di classe H2.

Infine, relativamente agli adeguamenti delle strade di rango inferiore che corrono in affiancamento alla S.P.22, laddove necessario è stata prevista in progetto una protezione con barriere metalliche a paletti infissi di classe N2.

Per quanto riguarda le modalità di installazione dei dispositivi di ritenuta, dei criteri di protezione degli ostacoli laterali e per la definizione degli elementi di protezione complementari si è fatto riferimento ai criteri individuati e descritti nella presente relazione per i tratti autostradali adeguando i livelli di contenimento a quelli previsti per questa tipologia di strada dal D.M. 21.06.2004 in funzione del tipo di traffico.

# APPENDICE

## Dimensionamento preliminare del sistema di ancoraggio dei terminali delle barriere di sicurezza in corrispondenza dei muri di controripa

### Premessa

La presente nota tecnica descrive la metodologia di dimensionamento preliminare del sistema di ancoraggio degli elementi terminali di una barriera metallica ad un elemento infinitamente rigido (paramento murario di tamponamento, opera di sostegno, ecc.).

Le configurazioni analizzate riguardano due casistiche: la prima in cui l'installazione della barriera è destinata alla protezione di un ostacolo laterale a monte del collegamento (di seguito indicata come "Configurazione 1"); la seconda in cui l'installazione della barriera è dedicata alla protezione di un ostacolo laterale a valle del collegamento (di seguito indicata come "Configurazione 2").

Il dimensionamento del numero dei tirafondi destinati all'ancoraggio del sistema metallico con quello rigido è stato eseguito seguendo un approccio di tipo analitico, basato sui principi classici della teoria delle strutture (di seguito indicato come "metodo plastico").

Per semplicità le azioni d'urto trasmesse al sistema di ritenuta sono state considerate statiche, trascurando quindi l'impulsività dell'evento incidentale e ciò che sarebbe connesso con questo tipo di trattazione; l'approssimazione, per altro a favore di sicurezza considerato che la resistenza di un materiale ad una sollecitazione impulsiva è solitamente maggiore di quella offerta per la stessa azione prolungata nel tempo, ha consentito di utilizzare i concetti propri delle strutture civili ed i relativi riferimenti normativi (Norme Tecniche delle Costruzioni del 2008 di seguito indicate come NTC08).

Qualora risulti disponibile il modello numerico del dispositivo riferito all'urto di un veicolo pesante, si potrà valutare il dimensionamento del sistema di ancoraggio sulla base delle sollecitazioni effettivamente registrate, adottando eventualmente il metodo plastico come strumento di verifica dimensionale.

Si osserva che un dimensionamento preliminare può essere ottenuto considerando l'azione sollecitante prevista dall'appendice B della UNI EN1317-1:2000. Tale approccio sarà di seguito indicato come "Metodo Energetico", e con " $F_{D,eng}$ " l'azione equivalente.



## Caratteristiche meccaniche di progetto della barriera metallica

Viste le configurazioni di progetto, è stata considerata una barriera metallica costituita da montanti e da nastri longitudinali tripla onda. I profilati suddetti rientrano ragionevolmente nel caso di elementi con spessore inferiore a 40 mm e acciaio S275, in linea con quanto indicato nella tabella 11.3.IX delle NTC08 (laminati a caldo con sezione aperta). I parametri caratteristici della barriera di sicurezza utili al dimensionamento di cui ai prossimi paragrafi sono i seguenti:

- $f_{yk}$  resistenza caratteristica allo snervamento dell'acciaio di progetto
- $W_{Plx}$  modulo massimo di resistenza della sezione dei montanti
- $\gamma_{M0}$  coefficiente di sicurezza per la resistenza delle membrature
- $b$  braccio del momento di plasticizzazione dei montanti<sup>4</sup>
- $A_{res}$  area della sezione resistente a trazione delle lame a tripla onda
- $f_{tb}$  tensione di rottura delle viti
- $\gamma_{M2}$  coefficiente di sicurezza per la verifica delle unioni
- $\phi$  area resistente delle viti quando il piano di taglio interessa la parte filettata
- $A$  area resistente delle viti quando il piano di taglio interessa il gambo.

## Dimensionamento dei tirafondi

Il criterio progettuale alla base delle configurazioni di progetto si basa sull'assunto che la protezione prevista sia tale per cui il sistema installato garantisca una prestazione equivalente a quella offerta dal dispositivo in condizione di crash test, condizione garantita ovunque attraverso un'opportuna estensione dell'impianto a monte e a valle del punto necessitante la protezione.

Con riferimento alle prova di crash con veicolo pesante, Il sistema di ancoraggio deve quindi concorrere a ottenere una connessione tra il dispositivo metallico e l'elemento rigido tale da offrire una resistenza a trazione equivalente alla porzione del tratto di barriera interessata dall'urto oltre il punto di impatto di cui non è possibile estendere lo posa (Configurazione 1), o del tratto installato a monte del punto suddetto (Configurazione 2).

Detto ciò, le connessioni oggetto della presente nota dovranno comunque garantire una resistenza strutturale equivalente a quella offerta da eventuali ancoraggi terminali.

<sup>4</sup> Pari alla distanza tra all'asse della lama e 20cm sotto il piano campagna: solitamente la cerniera plastica si verifica in corrispondenza di una sezione interrata del montante, posta appunto a circa 20cm al di sotto del p.c.

### Calcolo della azione di progetto: metodo plastico

Sulla base di quanto premesso sopra, il metodo di dimensionamento descritto nel presente paragrafo si fonda sull'assunto che la resistenza che il sistema di ancoraggio deve ripristinare sarà al più pari a quella capace di rompere/plasticizzare il numero di montanti ricadenti nel tratto interessato dall'urto con veicolo pesante a valle del punto d'impatto.

In prima approssimazione lo schema statico di progetto può essere assimilato ad un'asta isostatica vincolata ad una estremità con un incastro perfetto e soggetta ad un carico puntuale applicato ad una certa quota  $b$ ; si ipotizza inoltre che la sollecitazione sia orientata in modo tale che la sezione dei montanti offra la massima rigidità (azione ortogonale all'asse stradale). Lo schema, se pur sostanzialmente diverso dall'effettivo comportamento del dispositivo registrato nelle prove dal vero, può ritenersi cautelativo in quanto trascura le dissipazioni energetiche associate alla deformazione plastica del nastro principale e dei distanziatori (per altro di difficile valutazione).

La sezione portata a rottura di ciascun montante (posta generalmente ad una quota che varia dal piano carrabile a 20-30 cm al di sotto dello stesso) è evidentemente soggetta ad una combinazione di sollecitazioni di flessione e taglio, dato il sistema statico considerato. Trattandosi di un'analisi di dimensionamento preliminare, è ragionevole considerare che la sezione di studio sia soggetta unicamente a flessione retta, assumendo quindi trascurabile l'effetto plasticizzante del taglio, o comunque inferiore alla metà del valore del taglio di progetto  $V_{c,Rd}$  come previsto dalle NTC08 (vedi espressione 4.2.31). Coerentemente con quanto indicato al paragrafo 4.2.4.1.2. delle suddette norme, la resistenza convenzionale di calcolo a flessione retta  $M_{c,Rd}$  vale pertanto:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = f_{yk} W_{Plx} \quad (3.1)$$

Trattandosi di una procedura di dimensionamento e non di verifica, il coefficiente di sicurezza  $\gamma_{M0}$  riduttivo della resistenza caratteristica è stato trascurato: l'adozione dello stesso avrebbe infatti comportato una riduzione dell'azione sollecitante, ponendosi di conseguenza a sfavore di sicurezza. L'azione che applicata alla quota  $b$  provoca la plasticizzazione della sezione d'incastro di ciascun montante è quindi la seguente:

$$F_{c,d} = M_{c,Rd} / b \quad (3.2)$$

Con riferimento alla Configurazione 1, sia  $L_1$  la lunghezza del tratto interessato dall'urto con veicolo pesante a valle del punto di impatto (maggiore evidentemente di  $d_1$ , distanza a monte del collegamento alla quale è ubicato l'elemento necessitante la protezione). Il numero  $n$  di montanti

da ripristinare è pertanto quello associato al tratto d'impianto in configurazione standard di lunghezza  $L_1-d_1$ .

Analogamente, data la configurazione 2, sia  $L_2$  la lunghezza del tratto a monte del punto d'impatto del veicolo pesante (maggiore evidentemente di  $d_2$ , distanza a valle del collegamento alla quale è ubicato l'elemento necessitante la protezione). Il numero "n" di montanti da ripristinare è pertanto quello associato al tratto d'impianto in configurazione standard di lunghezza  $L_2-d_2$ .

Indicata quindi con "i" l'interasse standard dei paletti, n può essere stimato come segue, arrotondando il risultato per eccesso:

$$n = 1 + (L_1 - d_1) / i \quad \text{in Configurazione 1} \quad (3.3)$$

$$n = 1 + (L_2 - d_2) / i \quad \text{in Configurazione 2} \quad (3.4)$$

Laddove il collegamento tra la barriera ed il paramento murario sia irrigidito mediante l'adozione di interassi ridotti o elementi diagonali di controventatura, potrà esserne tenuto conto decurtando un corrispondente numero di montanti dai valori ottenuti con le (3.3) e (3.4).

Individuato n, l'azione longitudinale di progetto complessiva è la seguente:

$$F_{D,pl} = n F_{c,d} = n (M_{c,Rd} / b) \quad (3.5)$$

E' opportuno precisare che, sulla base di quanto già anticipato, l'azione  $F_{D,pl}$  di cui alla (3.5) dovrà essere confrontata con la forza di trazione che può provocare la rottura degli elementi trasferenti le sollecitazioni d'urto, con specifico riferimento al nastro longitudinale principale ( $f_{yk}A_{res}$ ).

## Calcolo del numero minimo dei tirafondi

L'azione longitudinale trasmessa alla barriera durante l'urto viene scaricata dalle lame ai montanti attraverso le unioni bullonate. Condizione necessaria per cui avvenga ciò è che l'azione totale, ripartita in modo omogeneo su ogni collegamento, non sia superiore alla resistenza a taglio delle viti. Con riferimento al punto 4.2.8.1.1 delle NTC08, le resistenze a taglio e a trazione sono definite come:

$$F_{V,Rd} = 0,6 f_{tb} \phi / \gamma_{M2} \quad \text{per bulloni classe 4.6, 5.6 e 8.8}$$

$$F_{V,Rd} = 0,5 f_{tb} \phi / \gamma_{M2} \quad \text{per bulloni classe 6.8 e 10.9}$$

$$F_{V,Rd} = 0,6 f_{tb} A / \gamma_{M2} \quad \text{per tutte le classi qualora il piano di taglio interessi il gambo}$$

Segue pertanto che il numero minimo di tirafondi  $t_{min}$  necessari a riprodurre un sistema avente caratteristiche prestazionali idonee alla protezione attesa può essere individuato dalla seguente espressione:

$$t_{min} = \max(F_{D,pl} ; F_{D,eng}) / F_{V,Rd} \quad (3.6)$$

Trattandosi un dimensionamento preliminare, la presente nota non tratta la verifica a rifollamento delle unioni, fermo restando che sarà comunque necessaria in fase di progettazione costruttiva.

Sulla base della metodologia sopra esposta, considerato che generalmente i valori tipici di  $L_1$  (lunghezza del tratto interessato dall'urto con veicolo pesante a valle del punto di impatto, generalmente indicata nei rapporti di prova come lunghezza di contatto  $L_c$ ) e di  $L_2$  (lunghezza del tratto a monte del punto d'impatto del veicolo pesante) sono circa 30m, è stato dimensionato il numero minimo di tirafondi nelle ipotesi che non siano adottati particolari sistemi di irrigidimento e che  $d_1$  e  $d_2$  siano nulle (punto necessitante la protezione in corrispondenza delle connessioni in oggetto).

Si consideri quindi una barriera metallica di classe di contenimento H3 con deflessione dinamica pari a 1.60m, avente montanti con sezione a C da 120x80x6 mm e lama longitudinale a tripla onda. Valgono le ipotesi poste sulle caratteristiche dei materiali (spessore inferiore a 40 mm e acciaio S235). Le unioni bullonate sono ottenute attraverso viti M16 classe 8.8 con piano di taglio interferente con la filettatura. I parametri caratteristici degli elementi resistenti sono i seguenti:

- $f_{yk} = 235 \text{ N/mm}^2$  resistenza allo snervamento caratteristico dell'acciaio di progetto
- $W_{Plx} = 60 \text{ cm}^3$  modulo di resistenza massimo della sezione resistente dei montanti
- $b = 646 \text{ mm}$  braccio del momento di plasticizzazione dei montanti

- $A_{res} = 2300 \text{ mm}^2$  area della sezione resistente a trazione delle lame a tripla onda
- $f_{tb} = 800 \text{ N/mm}^2$  tensione di rottura delle viti M16 classe 8.8
- $\gamma_{M2} = 1,25$  coefficiente di sicurezza per la verifica delle unioni
- $\phi = 157 \text{ mm}$  area resistente delle viti M16 classe 8.8

Dato  $i=1,50\text{m}$  l'interasse standard del dispositivo, sia  $n=21$  il numero di montanti di cui si rende necessario il loro ripristino. Seguendo l'approccio plastico, l'azione di progetto è la seguente:

$$F_{D,pl} = n F_{c,d} = n (M_{c,Rd} / b) = n (f_{yk} W_{Plx} / b) = 458 \text{ KN}$$

Mentre dall'approccio energetico risulta:

$$F_{D,eng} = 2,5 * F_{medio}(H3;1.60) = 357 \text{ KN}$$

In cui come  $F_{medio}$  è stato preso il valore di tabella "prospetto B.1", della *UNI-EN1317-1:2000 "Parte 1: Terminologia e criteri generali per i metodi di prova"*, nel caso di barriere con livello di contenimento H3 e deflessione dinamica pari a 1,60m.

Date le caratteristiche geometriche e meccaniche delle viti di progetto (M16 classe 8.8), la resistenza a taglio offerta da ciascun bullone è la seguente:

$$F_{V,Rd} = 0,6 f_{tb} \phi / \gamma_{M2} = 60 \text{ KN}$$

Il numero minimo di tirafondi è quindi dato dalla seguente:

$$t_{min} = \max(F_{D,pl} ; F_{D,eng}) / F_{V,Rd} = 8$$

Si tenga presente che, trattandosi come già indicato di un dimensionamento preliminare, la presente nota non tratta la verifica a rifollamento delle unioni. Per tenere comunque conto del suddetto fenomeno, il numero di tirafondi indicati negli allegati grafici è stato maggiorato del 25% (10 tirafondi in totale).

Si ribadisce in ogni caso che in fase realizzativa l'effettivo dimensionamento del sistema di ancoraggio dovrà essere eseguito dal progettista del dispositivo in base alle caratteristiche dei dispositivi che si prevede di impiegare, ma comunque nel rispetto dei criteri progettuali sopra descritti.