

# AUTOSTRADA (A12) : ROMA - CIVITAVECCHIA

TRATTO: CERVETERI - TORRIMPIETRA

## POTENZIAMENTO FUNZIONALE TRATTO CERVETERI - TORRIMPIETRA

### PROGETTO DEFINITIVO

#### AU - CORPO AUTOSTRADALE

#### RELAZIONE TECNICA

#### PARTE STRADALE

##### IL PROGETTISTA SPECIALISTICO

Ing. Gianluca Salvatore Spinazzola  
Ord. Ingg. Milano n.A26796

**RESPONSABILE STRADE  
E ARREDI STRADALI**

##### IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

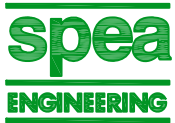

Ing. Danilo D'Alessandro  
Ord. Ingg. L'Aquila N. 1503

##### IL DIRETTORE TECNICO

Ing. Orlando Mazza  
Ord. Ingg. Pavia N. 1496

**RESPONSABILE PROGETTAZIONE  
NUOVE OPERE AUTOSTRADALI**

RIFERIMENTO PROGETTO			CODICE IDENTIFICATIVO				RIFERIMENTO ELABORATO				ORDINATORE
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	W B S	Parte d'opera	Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.	
111206	LL00	PD	AU	PRS	00000	00000	R	S T D	0090	00	SCALA -

 	PROJECT MANAGER:		SUPPORTO SPECIALISTICO:				REVISIONE	
							n.	data
							0	LUGLIO 2018
							1	-
							2	-
REDATTO:		VERIFICATO:				3	-	
						4	-	

	<p>VISTO DEL COMMITTENTE</p>  <p>IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO ING. M. TORRESI</p>	<p>VISTO DEL CONCEDENTE</p>  <p><b>Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti</b> DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI</p>
--	--	---

## Sommario

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>SCOPO DEL LAVORO E LIMITI DI INTERVENTO</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO</b> .....	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>DOCUMENTI DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>SCELTA DEI DISPOSITIVI DI RITENUTA</b> .....	<b>7</b>
<b>6</b>	<b>CORPO AUTOSTRADALE</b> .....	<b>8</b>
6.1	SPARTITRAFFICO: DEFINIZIONE DEL TIPO E DELLA CLASSE DELLE BARRIERE.....	8
6.1.1	<i>Spartitraffico autostradale (margine interno)</i> .....	8
6.2	BARRIERE PER BORDO LATERALE IN SEDE NATURALE.....	9
6.2.1	<i>Definizione del tipo e della classe delle barriere</i> .....	9
6.2.2	<i>Modalità d'installazione delle barriere per bordo laterale</i> .....	10
6.3	BARRIERE PER IL BORDO LATERALE DELLE OPERE D'ARTE .....	12
6.3.1	<i>Definizione del tipo e della classe delle barriere</i> .....	12
6.3.2	<i>Modalità d'installazione delle barriere per i bordi laterali delle opere d'arte</i> .....	13
6.4	BARRIERE IN PRESENZA DI OSTACOLI.....	14
6.4.1	<i>Ostacoli sul bordo laterale</i> .....	14
6.5	DISPOSITIVI DI PROTEZIONE PUNTI SINGOLARI .....	16
6.5.1	<i>Protezione dei muri di controripa (protezione P8)</i> .....	17
6.5.2	<i>Protezione pile cavalcavia esistenti in spartitraffico (protezione P12, P13 e P14)</i> .....	18
6.6	DISPOSITIVI DI RITENUTA COMPLEMENTARI .....	19
6.6.1	<i>Transizioni</i> .....	19
6.6.2	<i>Collegamenti alle barriere esistenti</i> .....	19
6.6.3	<i>Terminali semplici</i> .....	20
6.6.4	<i>Cuspidi ed attenuatori d'urto</i> .....	20
6.6.5	<i>Protezione dei varchi in spartitraffico</i> .....	21
6.7	RETI DI PROTEZIONE .....	22
<b>7</b>	<b>VIABILITÀ INTERFERITE</b> .....	<b>23</b>
<b>8</b>	<b>APPENDICI</b> .....	<b>24</b>
8.1	APPENDICE 1: STRADE VICINALI - CALCOLO DELLA PROFONDITÀ DI INFISSIONE DEI PALETTI DELLE BARRIERE BORDO LATERALE PER L'ARGINELLO DI LARGHEZZA MINIMA PARI A 50CM .....	25
8.2	APPENDICE 2: DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE DEL SISTEMA DI ANCORAGGIO DEI TERMINALI DELLE BARRIERE DI SICUREZZA IN CORRISPONDENZA DEI MURI .....	31

## Indice delle Tabelle e delle Figure

TABELLA 6-1. CRITERI DI SCELTA PER BARRIERE BORDO LATERALE – AUTOSTRADE - CLASSE DI TRAFFICO III.....	9
FIGURA 6-1. CONFIGURAZIONE DELL'ARGINELLO ASSUNTA COME RIFERIMENTO .....	10
FIGURA 6-2. 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.....	11
TABELLA 6-2. CRITERI DI SCELTA PER BARRIERE BORDO DA BORDO OPERA D'ARTE – AUTOSTRADE – CLASSE DI TRAFFICO III.....	12
TABELLA 7-1. CLASSI MINIME DI BARRIERE PER STRADE EXTRAURBANE SECONDARIE (C) E URBANE DI SCORRIMENTO (D).....	23

---

FIGURA 8-1 SCHEMA GRAFICO. ....	27
FIGURA 8-2 SCHEMATIZZAZIONE DELL'AZIONE DEL TERRENO SU UN PALO INFISSO SECONDO BROMS. ....	28
FIGURA 8-3 ESTENSIONE DEL MODELLO DI BROMS AL CASO DI TERRENO CON SCARPATA. ....	28
FIGURA 8-4 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.....	29

## 1 PREMESSA

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.

L'Appaltatore dovrà, presentando ai sensi di legge il relativo progetto, individuare ed utilizzare, previa autorizzazione della Direzione Lavori, barriere installabili secondo quanto previsto dalla normativa vigente (ai sensi del D.M. 28.06.2011 (Gu. n. 233 del 06.10.2011), dovranno essere installate barriere marcate CE che possano garantire prestazioni analoghe secondo i criteri definiti nel presente progetto. In conseguenza, tutti i disegni e i dettagli costruttivi dovranno, in fase costruttiva, essere adeguati alle caratteristiche delle barriere effettivamente utilizzate.

Sarà onere dell'Appaltatore/Installatore dimostrare, con specifici relazioni di calcolo e disegni costruttivi che la barriera che propone di utilizzare garantisca, nella configurazione reale del supporto in sito, un funzionamento analogo a quello certificato dalle prove di crash. Ai fini dell'accettazione della barriera proposta, la Direzione Lavori si riserva in ogni caso di richiedere eventuali crash test con barriera installata nella suddetta configurazione reale del supporto (con pavimentazione, arginello e scarpata come da progetto).

## 2 SCOPO DEL LAVORO E LIMITI DI INTERVENTO

Il presente elaborato riguarda il progetto delle barriere di sicurezza del progetto definitivo di potenziamento funzionale dell'Autostrada A12 Roma-Civitavecchia, nel tratto Cerveteri-Torrimpietra.

Il progetto definisce la tipologia delle barriere da installare lungo il tratto autostradale citato, all'interno dei confini d'intervento, ed individua le relative modalità d'installazione in conformità con quanto previsto dalla normativa vigente richiamata nel paragrafo 4.

L'intervento si sviluppa dalla progressiva 15+000 circa in corrispondenza dello Svincolo di Torrimpietra fino alla progressiva 28+000 circa in corrispondenza dello svincolo di Cerveteri per una lunghezza complessiva pari a 13 km.

Lungo il tratto autostradale in oggetto sono presenti le seguenti aree di parcheggio:

- Area di Parcheggio "Il Pineto" in carr. sud;
- Area di Parcheggio "Il Pineto" in carr. nord.
- .

Non sono presenti lungo la tratta Aree di Servizio.

Gli esatti confini dell'area d'intervento per il progetto delle barriere di sicurezza sono riportati nelle planimetrie di progetto delle barriere di sicurezza; la presente relazione è redatta conformemente a quanto richiesto dall'art. 2 del Decreto 18 febbraio 1992 n. 223.

### 3 ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO

Per lo sviluppo del progetto sono state effettuate le attività preliminari relative all'acquisizione dei seguenti dati contenuti all'interno degli elaborati di progetto, riguardanti l'andamento planimetrico, altimetrico, sezioni tipo e sezioni correnti:

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

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

- definizione della classe minima delle barriere di sicurezza per i diversi elementi infrastrutturali presenti in progetto;
- 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
- Planimetrie di progetto.
- Tipologici barriere bordo laterale e spartitraffico;
- Schemi di installazione;
- Dispositivi protezione punti singolari;
- Tipologici dispositivi complementari;
- Tipologici reti di protezione e parapetti.

## 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. Dicembre 2017.*

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 accettabilità 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 (G.U. n. 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 espone 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 i criteri di seguito precisati:

- 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 indicati nel 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. Di conseguenza, tutti i disegni e i dettagli costruttivi dovranno, in fase costruttiva, essere adeguati alle caratteristiche delle barriere effettivamente installate.** Le soluzioni tecniche dovranno però rispettare tutti i criteri progettuali e prestazionali prescritti nel presente progetto;
- per consentire comunque, in fase costruttiva, l'utilizzo di qualsiasi tipo di barriera impiegabile al momento dell'appalto, negli elaborati che costituiscono il progetto sono stati definiti i criteri prestazionali che devono essere rispettati, indipendentemente dal tipo di barriera utilizzata.

Ne consegue che l'Appaltatore in generale e il/i progettista/i dei dispositivi saranno tenuti a rendere disponibili:

- 1) gli elaborati costruttivi e che dipendono dalle caratteristiche dei dispositivi scelti (transizioni, terminali, cuspidi, schema di montaggio attenuatori d'urto) accompagnati da opportune relazioni tecnico-illustrative e di calcolo e/o verifica (ad es. idoneità del sistema di ancoraggio) e da elaborati planimetrici in cui si indicano, tra l'altro, i modelli di barriere, il tipo di transizione, terminale, cuspidi ecc (con rimandi agli specifici elaborati);
- 2) tutte le certificazioni previste. Nel merito si rappresenta che ai sensi del DM 28.06.2011 "Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale" l'Appaltatore dovrà rendere disponibile alla Stazione appaltante quanto meno:
  - certificato CE di conformità,
  - dichiarazione CE di conformità (o dichiarazione CE di prestazione),
  - report crash test,
  - manuale per l'utilizzo e l'installazione dei dispositivi di ritenuta, con i contenuti minimi di cui all'All.1 del citato decreto.

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 P1b(din), ciò è in linea con quanto indicato nei doc. in rif. A7 e A9.



## 6 CORPO AUTOSTRADALE

### 6.1 SPARTITRAFFICO: DEFINIZIONE DEL TIPO E DELLA CLASSE DELLE BARRIERE

Il caso in esame riguarda il progetto delle barriere di sicurezza per strade di categoria A (autostrada) secondo il D.M. 5.11.2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade". Nel tratto in esame, sia in carreggiata nord che in quella sud, sono previste condizioni di traffico di tipo III secondo il D.M. 21.06.2004. Infatti i valori di TGM sono molto maggiori di 1000 veicoli/giorno e la percentuale di veicoli pesanti è superiore al 15% indicato nella norma. Pertanto le classi minime di contenimento per le barriere da installare nello spartitraffico sono, ai sensi del citato D.M., H3 o H4; per la protezione dello spartitraffico è stato previsto in progetto l'impiego di dispositivi di classe H4.

I dispositivi impiegati dovranno essere preferibilmente caratterizzati da classe di severità A, potranno essere adottate barriera 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.

#### 6.1.1 Spartitraffico autostradale (margine interno)

La sezione trasversale tipologica di progetto prevede l'impiego di un margine interno di larghezza 2.00 metri, associato a uno spartitraffico costante di 0.80m protetto mediante un dispositivo costituito da un filare di barriera metallica da spartitraffico di classe H4 bifacciale. L'impostazione progettuale è congruente con quanto previsto dal D.M. 21.06.2004, che per strade di classe A e condizioni di traffico III prevede l'adozione di barriere con classe di contenimento H3 o H4.

Coerentemente con quanto definito all'interno del documento "Monografia di progetto n. 2 BARRIERE DI SICUREZZA, Autostrade per l'Italia - Spea Rev. Dicembre 2017" (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 una invasione parziale della carreggiata da parte del veicolo ma non del dispositivo.

Le soluzioni proposte sono da ritenersi valide con riferimento ai dispositivi considerati; laddove l'Appaltatore intenda impiegare dispositivi diversi (ma comunque uguali per materiali, classi di contenimento e classi di severità rispetto a quelli previsti in progetto) dovrà, ai sensi di norma, ripetere gli approfondimenti e le verifiche con riferimento ai dispositivi effettivamente installati.

Per il margine interno è stato previsto in progetto l'impiego di dispositivi metallici monofilari bifacciali con classe di contenimento H4. Conseguentemente dovranno essere previsti dispositivi che rispettino i seguenti requisiti progettuali:

- $2 \cdot P_{lb(din)} - L_b \leq L_{mi} = 2.00m$
- $L_b \leq L_{sp} = 0.80m$

dove:

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

Per maggiori chiarimenti si veda anche il "Dettaglio M4m" all'interno dell'elaborato "tipologici barriere bordo laterale e spartitraffico" facente parte del presente progetto.

## 6.2 BARRIERE PER BORDO LATERALE IN SEDE NATURALE

Nei seguenti paragrafi si dà descrizione dei criteri relativi alla protezione del bordo laterale in sede naturale che si applicano sia all'asse autostradale che alle rampe di svincolo, secondo quanto previsto dall'art.6 del D.M. 21.06.2004.

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

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.

Dovranno essere impiegati dispositivi con nastro longitudinale principale a tripla onda, in modo da favorire il collegamento tra barriere di diversa tipologia. I dispositivi metallici a paletti infissi dovranno avere una 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.

Per le barriere di sicurezza metalliche di tipo infisso da doversi installare su bordo rilevato dovranno essere impiegati dispositivi con infissione minima pari a 90 cm.

Le barriere per bordo laterale dovranno rispettare quanto prescritto dalla normativa per strade di classe A e condizioni di traffico III. Di conseguenza, ai sensi del D.M. 21.06.2004, le classi di contenimento per le barriere da installare sono H2 o H3.

I criteri seguiti per la scelta delle barriere da adottare in progetto, tra le due classi indicate dalla norma (H2 o H3), sono in linea con quanto previsto nel doc. in rif. A7 per pendenze delle scarpate inferiore a 2/3 (pendenze di progetto: 4/7) e sono riassunti in tabella seguente.

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 seguente 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)</sup> <sup>(2)</sup> <sup>(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 H3.

(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 6-1. Criteri di scelta per barriere bordo laterale – Autostrade - Classe di traffico III

Nelle sezioni in trincea non è stata prevista alcuna protezione del margine laterale. In presenza di ostacoli lungo il margine laterale la protezione è stata comunque garantita, prevedendo nei casi in trincea con canaletta grigliata la posa della barriera con filo lama a filo pavimentato (vedi anche i relativi dettagli tipologici "D" all'interno dell'elaborato "tipologici barriere bordo laterale e spartitraffico", e lo schema S10a nel relativo elaborato "schemi di installazione" per i tratti di transizione rilevato-trincea).

## 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 6-1) sono considerate sufficienti a ripristinare in opera le condizioni di installazione delle barriere adottate in occasione delle prove d'urto<sup>1</sup>.

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 e nel marchio CE; come già detto al paragrafo precedente dovranno in ogni caso essere impiegati dispositivi con infissione minima pari a 90 cm.

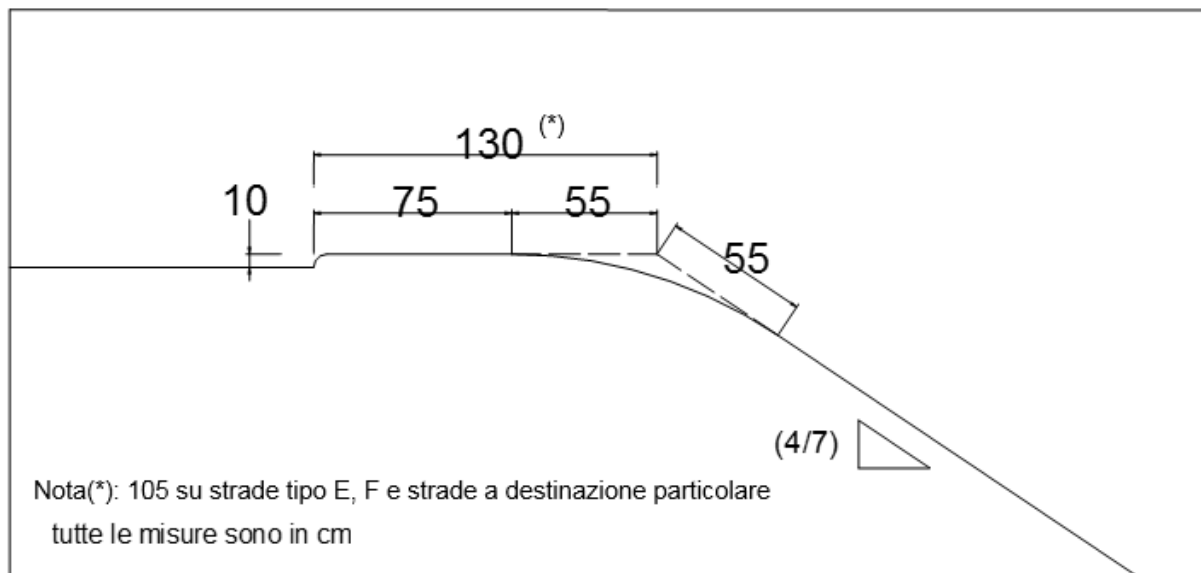


Figura 6-1. Configurazione dell'arginello assunta come riferimento

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 6-2), si è riscontrato che, con l'arginello della larghezza minima di 1.30m previsto in progetto (1.05m su strade tipo E, F e strade a destinazione particolare), considerando le principali tipologie di barriere installabili secondo normativa vigente, presenti sul mercato e con valori di deformazione dinamica  $D_{din} \leq 1.80m$  (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.

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

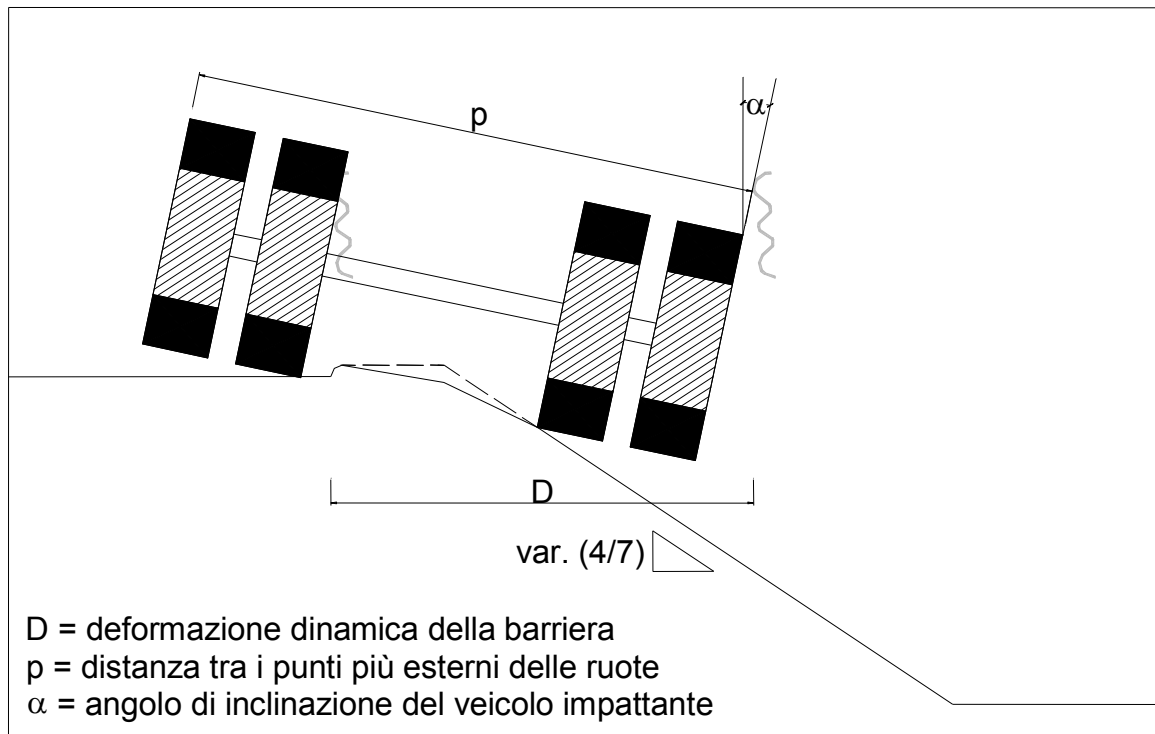


Figura 6-2. Schema per la determinazione dell'angolo di inclinazione del mezzo in funzione della deformazione della barriera, della configurazione geometrica del mezzo e della larghezza dell'arginello

Fanno eccezione le strade vicinali con arginello di progetto di larghezza minima pari a 50 cm, dove sarà necessario installare le barriere a paletti infissi con una profondità d'infissione superiore a quella riportata nei certificati di crash test e pari a minimo 1.45 m. Potranno essere accettati dispositivi in configurazione standard se testati con esito positivo su supporti di caratteristiche equivalenti alle condizioni in opera. Potranno altresì essere accettati dispositivi in configurazione standard, o diversamente modificati rispetto alle indicazioni di progetto (ma comunque dotati di marchio CE come prodotto modificato), per i quali sia data evidenza tramite analisi ingegneristiche o prove dal vero che il comportamento atteso del sistema barriera/supporto è equivalente al comportamento ottenuto nelle prove di certificazione (crash test). Salvo diverse indicazioni contenute nella documentazione tecnica del dispositivo (manuale di installazione, certificati di crash test), per quanto attiene alla resistenza del terreno si può ritenere equivalente un supporto in opera in grado di generare la plasticizzazione del palo della barriera di sicurezza.

In appendice è riportato il calcolo della profondità d'infissione necessaria ad assicurare il corretto funzionamento della barriera nel caso di arginello di larghezza minima 50 cm. Il calcolo della profondità di infissione è stato effettuato con riferimento alle caratteristiche costruttive delle barriere riportate nell'appendice alla presente relazione; qualora al momento dell'effettiva realizzazione delle opere, l'impresa Appaltatrice intendesse utilizzare barriere aventi requisiti prestazionali e dimensionali non rientranti nel campo assunto a riferimento, sarà sua cura ed onere dimostrare l'idoneità del prodotto in fornitura.

L'infissione maggiorata dei paletti è da considerarsi una modifica di prodotto ai sensi dell'Allegato ZA della UNI EN 1317-5. Il dispositivo di sicurezza adottato discenderà pertanto da un prodotto esistente dotato di marcatura CE per il quale un ente certificatore regolarmente accreditato abbia rilasciato l'estensione del marchio CE anche per la modifica introdotta (pali di lunghezza maggiorata). Tale procedura investe quindi il produttore del dispositivo e l'ente certificatore.

### 6.3 BARRIERE PER IL BORDO LATERALE DELLE OPERE D'ARTE

La tipologia delle barriere su opera d'arte è quella di barriere metalliche a nastri, dovranno essere impiegati dispositivi con nastro longitudinale principale a tripla onda, in modo da favorire il collegamento tra barriere di diversa tipologia.

Tutte le barriere bordo ponte, dovranno essere preferibilmente caratterizzate da classe di severità A. Potrà essere adottata 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.

Analogamente a quanto precisato nei precedenti paragrafi i criteri relativi alla protezione del bordo laterale su opera d'arte si applicano sia all'asse autostradale che alle rampe di svincolo, secondo quanto previsto dall'art.6 del D.M. 21.06.2004.

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

Le barriere per i bordi delle opera d'arte devono essere quelle prescritte dalla normativa per strade di classe A e condizioni di traffico III, di conseguenza, le classi di contenimento, ai sensi del D.M. 21.06.2004, sono H2, H3 o H4.

I criteri seguiti per la scelta della classe delle barriere da adottare in progetto, tra quelle consentite dalla norma, sono in linea con quanto previsto nel doc. in rif. A7 e sono riassunti in tabella seguente.

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 o 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 dal progettista sulla base delle seguenti considerazioni: livello di incidentalità, percentuale di veicoli pesanti, andamento planoaltimetrico del tracciato (rettifilo o curva, tratti in forte pendenza), altezza delle pile, vulnerabilità ambientale del fiume attraversato.

Tabella 6-2. Criteri di scelta per barriere bordo da bordo opera d'arte – Autostrade – Classe di traffico III

Per la definizione dei livelli di contenimento della protezione in corrispondenza dei muri di sostegno si sono previsti gli stessi criteri utilizzati per la protezione del bordo laterale, analogamente a quanto fatto per le opere di luce inferiore a 10 m.

Per la protezione dei cavalcavia di svincolo sono previste in progetto barriere bordo ponte di classe H4, coerentemente a quanto previsto per le opere in linea in caso di passaggio su strade e ferrovie.

Per opere di luce inferiore a 3 metri si è previsto di mantenere la barriera bordo laterale corrente sull'opera e di intervenire sui paletti che non possono essere infissi.

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

Lo sviluppo complessivo delle barriere a protezione delle opere d'arte dovrà essere commisurato a quello indicato nel certificato di crash test (lunghezza di funzionamento Lf), 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.

Secondo quanto previsto dal DM 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>.

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 preferibilmente essere confrontabile (valori di deformazione dinamica simili<sup>3</sup>); in caso contrario la barriera più deformabile dovrà essere irrigidita nella zona di 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.

In ogni caso, sarà onere dell'appaltatore in generale e del progettista del dispositivo in particolare verificare l'effettiva compatibilità del sistema di ancoraggio delle barriere di sicurezza bordo ponte che si prevede di impiegare con le caratteristiche geometriche e strutturali dei supporti (cordoli di opere d'arte, muri di sostegno, cordoli gettati in rilevato).

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 asolati 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

<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 pararuota. La continuità degli elementi 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.

dell'Appaltatore in generale e del progettista del dispositivo in particolare, sulla base delle caratteristiche del giunto e delle barriere che si intendono impiegare.

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

## 6.4 BARRIERE IN PRESENZA DI OSTACOLI

Lungo lo sviluppo del tratto autostradale in esame sono presenti ostacoli, rappresentati da cartelli di segnaletica, pali di illuminazione, montanti di portali di segnaletica e PMV, barriere antifoniche, spalle e pile di cavalcavia.

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 (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) *Sostegni di cartelli di segnaletica verticale > Ø60mm (max. Ø90mm) e montanti verticali di targhe su strutture monopalo*

I sostegni di cartelli di segnaletica verticale > Ø60mm (max. Ø90mm) saranno protetti con barriere bordo laterale classe H2, 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 H2 e larghezza operativa non superiore a W6.

- c) *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 H2 e larghezza operativa non superiore a W6.

d) *Montanti verticali di portali PMV*

I portali PMV dovranno generalmente essere posizionati in modo che il montante verticale sia ad una distanza non inferiore a 1.50m dal ciglio della pavimentazione; in tal modo la protezione di detti ostacoli avverrà mediante l'impiego di un dispositivo di sicurezza con larghezza operativa  $W \leq 1.50m$ , in linea generale con barriere di tipo bordo ponte di classe H3 ancorate su nuovo cordolo in c.a. gettato in rilevato. La barriera bordo ponte sarà installata come indicato nello schema S7b dell'elaborato "schemi di installazione" (cui si rimanda per maggiore dettaglio) per un tratto di ca. 35m a cavallo dell'ostacolo, di cui 15 metri a monte dello stesso; la lunghezza di funzionamento (90m ca.) verrà raggiunta mediante un dispositivo a paletti infissi di classe H3 in continuità con la barriera bordo ponte suddetta (sistema misto). Nelle successive fasi progettuali, potrà essere valutata l'adozione di dispositivi metallici a paletti infissi per l'intero tratto, nel rispetto dei requisiti progettuali, della classe di contenimento, e prevedendo opportuni accorgimenti per l'infissione dei montanti nella pavimentazione.

e) *Pali d' illuminazione*

Tali ostacoli saranno ubicati ad una distanza non inferiore a 2.10m e protetti con dispositivi da bordo laterale di classe H2 e larghezza operativa  $W \leq 2.10m$ . I montanti verticali di pali ancorati a sbraccio ai cordoli di 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  $W \leq 1.70m$ .

f) *Travi cavalcavia a via inferiore*

Tali ostacoli saranno ubicati ad una distanza non inferiore a 1.70m e protetti con dispositivi da bordo ponte di classe minima H3 e larghezza operativa  $W \leq 1.70m$ .

g) *Nuove pile e spalle di cavalcavia a distanza maggiore o uguale a 2.10m (bordo laterale):*

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

h) *Pile esistenti e ostacoli/spalle a distanza inferiore a 2.10m (bordo laterale):*

In presenza di ostacoli e spalle di cavalcavia posti ad una distanza inferiore a 2.10m, e in presenza di pile esistenti (anche se a distanza superiore a 2.10m), sarà prevista una protezione con barriere di classe minima H3 a paletti infissi su sedime naturale e bordo ponte su cordolo. I dispositivi impiegati dovranno avere larghezza operativa compatibile con la distanza netta dell'ostacolo dal filo lama barriera (lato esposto al traffico).

In corrispondenza dei cavalcavia esistenti dove il muro/spalla risulta prossimo al ciglio pavimentato e non consente l'utilizzo di barriere di sicurezza, la protezione è stata prevista mediante la realizzazione di un nuovo muro in c.a. di altezza costante e pari a 2.50m, per l'intero sviluppo della spalla e per ulteriori 5 metri a entrambe le estremità. A monte di tale tratto, il muro, per non costituire esso stesso ostacolo frontale, degrada dolcemente a terra con pendenza massima 1/3, divergendo verso l'esterno per i primi 3 metri con inclinazione orizzontale massima di 10°. Per maggiore dettaglio si vedano anche i dispositivi complementari "C3a e C4a" dell'elaborato "Tipologici dispositivi complementari".

i) *pile dei cavalcavia in spartitraffico (margine interno e margine laterale):*

In corrispondenza delle pile in spartitraffico dei cavalcavia esistenti sarà prevista la protezione mediante dei manufatti speciali in c.a., dotati di opportune transizioni con i dispositivi di ritenuta in approccio nei tratti a monte e a valle della pila 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 maggiore dettaglio si rimanda allo specifico 6.5 nel seguito della presente relazione e all'elaborato "dispositivi protezione dei punti singolari" facente parte del progetto

*j) Barriere antifoniche*

Trattasi di ostacoli che possono influenzare il funzionamento delle barriere e che, se rotti a seguito di urto con veicolo in svio, possono produrre pericoli indiretti all'utenza autostradale e nell'ambiente esterno circostante l'autostrada. Pertanto, nei tratti in cui è presente una barriera antifonica ad una distanza minima di 2.10 m dal fronte lama barriera, sarà prevista la protezione con dispositivi di classe minima H2 e larghezza operativa non superiore a  $W \leq 2.10$ m.

In corrispondenza degli accessi/uscite di servizio nelle barriere acustiche, per assolvere alle esigenze di sicurezza, si è reso necessario interrompere la continuità della protezione. In tali ambiti, si sono previsti in progetto dei terminali maggiorati, sovrapposti per almeno 4.50m (1 lama standard) e di lunghezza pari a 18m (4 lame standard), con la finalità di minimizzare la perdita di prestazioni del dispositivo nei tratti adiacenti l'apertura. Tali terminali sono stati definiti in progetto tramite infittimento dei paletti rispetto al valore standard del dispositivo corrente; altre modalità di irrigidimento potranno essere definite in fase costruttiva in base alle caratteristiche dei dispositivi effettivamente impiegati. La barriera più esterna dovrà essere deviata per essere ri-allineata al ciglio stradale con un angolo di deviazione non superiore a  $10^\circ$  in modo tale da limitare l'angolo di impatto di un eventuale veicolo in svio. Per maggiori dettagli circa le suddette modalità di installazione si rimanda allo specifico schema S9 dell'elaborato "schemi di installazione".

*k) 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.

*l) Parapetti in presenza di marciapiedi e piste ciclopedonali per viabilità in ambito esterno all'autostrada*

Relativamente alle sole viabilità in ambito non autostradale, la cui trattazione è riportata nel seguito della presente relazione, lungo i bordi laterali in corrispondenza delle piste ciclabili sono presenti parapetti pedonali; in tali ambiti sarà prevista la protezione con dispositivi di classe minima H1 (minima H2 in corrispondenza di opere d'arte) e con larghezza operativa  $W \leq 2.20$ m compatibile con la distanza minima dell'ostacolo.

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. Lo sviluppo complessivo della protezione non dovrà risultare comunque inferiore alla lunghezza minima di installazione.

## 6.5 DISPOSITIVI DI PROTEZIONE PUNTI SINGOLARI

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 singolari come pile di

*ponete 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 in progetto per le opere strutturali in modo da eliminare o minimizzare le singolarità che nascono in presenza di transizione tra diverse configurazioni della sezione stradale. 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 e/o a proteggere l'ostacolo tramite la definizione di dispositivi specifici.

Tale impostazione è in linea con quanto indicato dal D.M. e dalla richiamata Circolare MIT che al riguardo precisa che: *“La protezione dei punti singoli sono definite dal progettista delle installazioni e non corrispondono necessariamente ad uno specifico prodotto omologato o assoggettato a prova di crash. Per la protezione di questi punti il progettista dovrà prevedere 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”.*

Le soluzioni sono quindi finalizzate a garantire una minor deformabilità agendo, a titolo di esempio, mediante adozione di una barriera di classe superiore e/o irrigidendo la stessa in approccio all'ostacolo, fino anche alla adozione di soluzioni completamente indeformabili (ad analogia dei profili ridirettivi 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 dà descrizione delle casistiche riscontrate lungo il tratto autostradale in esame, e per la trattazione nel dettaglio si rimanda anche agli elaborati “Dispositivi protezione punti singoli” che accompagnano il progetto.

### **6.5.1 Protezione dei muri di controripa (protezione P8)**

A protezione della sezione frontale dei muri di controripa in approccio al sottovia di svincolo di Prato Est, è stata prevista in progetto l'installazione di una barriera bordo laterale di classe minima H3. A monte dell'ostacolo, nel caso la protezione del bordo laterale non sia continua, sarà garantita una lunghezza minima di barriera pari alla lunghezza di funzionamento “Lf” del dispositivo di cui è previsto l'impiego (grandezza desumibile dai certificati di crash test). In tali casi, dovrà essere inoltre 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 (vedi protezione P8 degli “schemi di installazione”).

La protezione verrà completata attraverso il fissaggio del terminale sul muro; l'ancoraggio terminale della barriera al muro dovrà comunque 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 complementare C3a e C3b dei “tipologici dispositivi complementari”), che per il fissaggio della barriera in uscita (vedi dispositivo complementare C4a e C4b dei “tipologici dispositivi complementari”).

Quanto previsto discende da un dimensionamento 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.

## 6.5.2 Protezione pile cavalcavia esistenti in spartitraffico (protezione P12, P13 e P14)

In corrispondenza delle pile in spartitraffico dei cavalcavia esistenti, non potendo prevedere il ricorso a barriere di sicurezza visti i limitati spazi a disposizione, si è previsto in progetto proteggere l'ostacolo con elementi non deformabili tramite manufatti speciali di raccordo in c.a. gettati in opera.

Sono state di conseguenza previste le protezioni degli elaborati "dispositivi di protezione punti singolari" e in particolare, in funzione della tipologia di barriere in approccio e della larghezza minima dello spartitraffico, sono le seguenti:

- protezione "P12" (margine interno) manufatto in c.a. (H=1.50m) con barriere bifilari in cls in approccio, casi con larghezza dello spartitraffico  $L_{sp}=2.60$ ;
- protezione "P13" a (margine interno) manufatto in c.a. (H=1.50m) con barriere bifilari metalliche in approccio, casi con larghezza dello spartitraffico variabile e minima 1.80m;
- protezione "P13" b (margine laterale) manufatto in c.a. (H=1.50m) con barriere bifilari metalliche in approccio, casi con larghezza dello spartitraffico variabile e minima 1.70m;
- protezione "P14" (margine laterale) manufatto in c.a. (H=2.50m) con barriere bifilari metalliche in approccio, casi con larghezza ridotta dello spartitraffico pari a minimo 1.50m.

I dispositivi di protezione individuati consistono in dei manufatti speciali in c.a., di altezza minima 1.50m (2.50m protezione P14 con spartitraffico ridotto) in corrispondenza dell'ostacolo (altezza ritenuta sufficiente a garantire il contenimento ed il corretto reindirizzamento su strada con una traiettoria regolare del veicolo), dotati di opportune transizioni con i dispositivi di ritenuta in approccio, nei tratti a monte e a valle dell'ostacolo, 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.

Nel caso di barriere a muretto in cls la continuità strutturale del manufatto con le barriere correnti in spartitraffico sarà ottenuta prevedendo il collegamento degli ultimi moduli di barriera tramite barre rullate di collegamento e l'eventuale piastrina metallica alla base.

Nel caso di barriere metalliche a lame e paletti dovrà essere previsto l'irrigidimento di queste per i primi 13.50m in approccio al manufatto, 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 installato) in modo tale da garantire una variazione graduale della rigidità. La protezione verrà completata attraverso il fissaggio terminale della barriera al manufatto.

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 agli specifici schemi "P12, P13a, P13b e P14" degli elaborati "dispositivi di protezione punti singolari" che accompagnano il progetto.

## 6.6 DISPOSITIVI DI RITENUTA 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 EN 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 a quanto specificato al par. "Modalità d'installazione delle barriere per i bordi laterali delle opere d'arte".

L'appaltatore (delle barriere di sicurezza), a valle della scelta dei dispositivi commerciali che prevede di impiegare, dovrà provvedere a far studiare, a cura del progettista del dispositivo, le transizioni previste in progetto e dovrà fornire il relativo progetto corredato di relazione tecnica ed elaborati grafici<sup>4</sup>.

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

### 6.6.2 Collegamenti alle barriere esistenti

I criteri previsti per le transizioni tra dispositivi di progetto saranno validi in generale anche per il collegamento con le barriere esistenti in corrispondenza dei limiti di intervento del progetto delle barriere di sicurezza.

Per quanto attiene a tali collegamenti, in relazione alle effettive caratteristiche dei dispositivi in opera dovrà essere garantita quantomeno la continuità dell'elemento principale e utilizzati accorgimenti volti a scongiurare che il dispositivo di ritenuta diventi esso stesso elemento di pericolo.

<sup>4</sup> La direzione Lavori si riserverà il diritto di accettare la soluzione proposta a seguito della verifica della documentazione fornita.

L'interruzione di elementi longitudinali secondari 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.

L'appaltatore (delle barriere di sicurezza), a valle della scelta dei dispositivi commerciali che prevede di impiegare, dovrà provvedere a far studiare, a cura del progettista del dispositivo, le soluzioni previste in progetto e dovrà fornire il relativo progetto corredato di relazione tecnica ed elaborati grafici<sup>5</sup>.

### 6.6.3 Terminali semplici

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.

Fanno eccezione i casi dei terminali di avvio della barriera di sicurezza, posti esclusivamente lungo le viabilità esterne all'autostrada, dove sempre in subordine all'utilizzo preferenziale del terminale deviato verso l'esterno, e quindi limitatamente ai casi in cui causa i vincoli al contorno (es. presenza di fabbricati in stretta adiacenza, di marciapiedi e piste ciclabili a tergo) non è stato possibile l'utilizzo della tipologia deviata, è stato necessario prevedere in progetto l'utilizzo di inizio impianto degradante a terra da realizzarsi secondo le modalità indicate nell'elaborato "tipologici dispositivi complementari" a cui si rimanda per maggiore dettaglio.

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.

### 6.6.4 Cuspidi ed attenuatori d'urto

I punti cui le barriere bordo laterale installate lungo il bordo autostradale vengono raccordate con la barriera posta sul bordo sinistro di rampe di uscita dalla sede autostradale (denominati anche "nasi")

<sup>5</sup> La direzione Lavori si riserverà il diritto di accettare la soluzione proposta a seguito della verifica della documentazione fornita.

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 di 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.

#### **6.6.5 Protezione dei 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.

Eventuali modifiche per adattare in opera il dispositivo rispetto alla configurazione di crash test, potranno essere accettate se supportate da uno specifico progetto a cura dell'Appaltatore/Produttore in cui si dia evidenza dell'equivalenza rispetto alla configurazione originaria.

## 6.7 RETI DI PROTEZIONE

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

- Al fine di evitare lo scavalco del dispositivo di ritenuta in situazioni in cui il vuoto retrostante non è direttamente percepibile dall'utente (ad esempio lato spartitraffico su opere d'arte ad impalcati separati affiancati) o con funzione di parapetto per garantire opportune condizioni di sicurezza in presenza di spazi pedonabili 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 ed edifici.
- lato spartitraffico sulle opere ad impalcati separati fino a una larghezza dello spartitraffico massima di 12m;
- 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 ponti e muri di sostegno in presenza di attraversamenti, o in affiancamento di strade e edifici, sono state previste reti di protezione di altezza 2m con pannelli a maglie 50x50mm agganciate mediante staffe di collegamento direttamente alla barriera di sicurezza; e in particolare reti di tipo A per le barriere bordo ponte metalliche e di tipo A1 per le barriere bordo ponte in cls (in spartitraffico). Per tali ambiti si dovranno impiegare esclusivamente dispositivi di sicurezza bordo ponte testati dal vero nella configurazione con rete a tergo e in tale configurazione dotati di marchiatura CE. L'appaltatore potrà quindi prevedere l'utilizzo di reti di tipologia diversa da quella rappresentata nel dettaglio tipologico di progetto in linea con quanto previsto per la rete del dispositivo di ritenuta marcato CE. La rete dovrà però rispettare i requisiti minimi di altezza ( $H_{\min} = 2.00\text{m}$ ) e di larghezza massima delle maglie previsti nel tipologico; per le altre specifiche riportate nel tipologico, così come per l'interasse dei montanti del pannello di rete, fa fede quanto previsto per la rete del dispositivo marcato CE. Laddove non siano già previsti dal produttore delle barriere, i progetti costruttivi dovranno in ogni caso prevedere dei 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.

Sulle opere in presenza di marciapiede pedonali o 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 compatibile con la distanza minima dell'ostacolo  $W \leq d$  ( $d = \text{distanza rete}$ ). In presenza di pista ciclabile, sono state inoltre previste reti tipo E di altezza 1.50m, con pannelli a maglie 50x50mm agganciate mediante staffe di collegamento direttamente alla barriera di sicurezza bordo ponte. Per tali ambiti si dovranno impiegare esclusivamente dispositivi di sicurezza bordo ponte testati dal vero nella configurazione con rete a tergo e in tale configurazione dotati di marchiatura CE. L'appaltatore potrà quindi prevedere l'utilizzo di reti di tipologia diversa da quella rappresentata nel dettaglio tipologico di progetto in linea con quanto previsto per la rete del dispositivo di ritenuta marcato CE. La rete dovrà però rispettare i requisiti minimi di altezza ( $H_{\min} = 1.50\text{ m}$ ) e di larghezza massima delle maglie previsti nel tipologico; per le altre specifiche riportate nel tipologico, così come per l'interasse dei montanti del pannello di rete, fa fede quanto previsto per la rete del dispositivo marcato CE. Laddove non siano già previsti dal produttore delle barriere, i progetti costruttivi dovranno in ogni caso prevedere dei 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.

## 7 VIABILITÀ INTERFERITE

Il progetto stradale comprende anche la realizzazione della nuova Rotatoria di Cerveteri e delle viabilità ad essa afferenti, limitatamente ai tratti in cui è necessaria la modifica dell'attuale assetto plano-altimetrico. Si tratta di viabilità costituite da assi viari riconducibili a categorie di strade extraurbane secondarie (tipo C). Tali viabilità sono in gran parte con velocità di progetto inferiore a 70 km/h e, pertanto, secondo quanto previsto dall'art. 2 del D.M.223/92 e come ribadito dalla recente Circolare Esplicativa del 21.07.2010 (doc. in rif. A9), ricadenti fuori dal campo di applicazione del suddetto decreto.

Anche per queste viabilità, laddove ritenuto opportuno si è comunque prevista l'installazione di dispositivi di ritenuta per garantire adeguata protezione.

Per la definizione delle classi minime dei dispositivi, si è fatto riferimento ai livelli di contenimento previsti per ciascuna tipologia di strada dal D.M. 21.06.2004 in condizioni di traffico di tipo III, come riportato nelle tabelle seguenti:

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

Tabella 7-1. classi minime di barriere per strade extraurbane secondarie (C) e urbane di scorrimento (D).

Infine, 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 il corpo autostradale, adeguando i livelli di contenimento a quelli previsti per queste tipologie di strade dal D.M. 21.06.2004.



## 8 APPENDICI

## 8.1 APPENDICE 1: STRADE VICINALI - CALCOLO DELLA PROFONDITÀ DI INFISSIONE DEI PALETTI DELLE BARRIERE BORDO LATERALE PER L'ARGINELLO DI LARGHEZZA MINIMA PARI A 50CM

### PREMESSA

La presente appendice illustra i calcoli effettuati per la verifica delle modalità di installazione delle barriere di sicurezza sulle strade vicinali che prevedono in progetto arginelli di larghezza minima pari a 50cm. Occorre precisare che si tratta di strade con velocità di progetto inferiore a 70 km/h e, pertanto, secondo quanto previsto dall'art. 2 del D.M.223/92 e come ribadito dalla recente Circolare Esplicativa del 21.07.2010 (doc. in rif. A9), ricadenti fuori dal campo di applicazione del suddetto decreto. In progetto, anche per questa viabilità, laddove ritenuto opportuno, si è comunque prevista l'installazione di dispositivi di ritenuta in linea con quanto indicato dalla Circolare stessa: *"Nei progetti relativi a strade ad uso pubblico che non rientrano invece nel campo di applicazione delle norme richiamate, tenuto conto delle specifiche condizioni locali in termini di configurazione dello stato dei luoghi e di circolazione, qualora sia previsto anche un intervento sui margini o sui dispositivi di ritenuta, il progettista dovrà comunque valutare le situazioni ove si rendono necessarie protezioni in relazione alla presenza od all'insorgenza di condizioni di potenziale pericolo"*.

La verifica delle modalità di installazione delle barriere da bordo laterale si è resa necessaria ai sensi dell'art. 5 del DM 21.06.2004, per:

- adeguare le modalità di ancoraggio delle barriere (paletti infissi) alla natura del terreno di supporto, costituente gli arginelli presenti nei tratti del rilevato della tratta in esame;
- valutare la coerenza tra la deformabilità delle barriere in caso di un urto avente le caratteristiche di progetto (dipendente dalla classe minima di contenimento prescritta dalla normativa) alle caratteristiche dimensionali degli arginelli presenti lungo la tratta in esame.

Le verifiche oggetto della presente relazione hanno assunto quale punto di partenza la tipologia e la classe minima di contenimento delle barriere prevista dal D.M.21.06.2004, e in particolare, per la sola definizione delle classi di contenimento, a favore di sicurezza si sono assimilate tali viabilità a strade locali tipo F e traffico di tipo III, ovvero la classe H1.

Le verifiche sono state effettuate con riferimento alle caratteristiche costruttive e prestazionali delle barriere riportate nel paragrafo seguente "Caratteristiche delle barriere di riferimento", avendo cura di accertare che all'interno di dette prestazioni ricadessero più di un tipo di barriere installabili secondo normativa disponibili sul mercato.

Qualora, al momento dell'effettiva realizzazione delle opere, l'impresa Appaltatrice intendesse utilizzare barriere aventi requisiti prestazionali e dimensionali non rientranti nel campo assunto a riferimento per le presenti verifiche, sarà sua cura ed onere dimostrare l'idoneità del prodotto in fornitura, aggiornando il presente rapporto alla luce delle specifiche caratteristiche del prodotto che intende utilizzare.

### ARTICOLAZIONE DELLE VERIFICHE

Per lo sviluppo delle verifiche sono state condotte le seguenti attività preliminari:

- a) acquisizione delle caratteristiche geometriche dei rilevati (larghezza arginello e pendenza delle scarpate) nelle tratte in esame;
- b) definizione della classe minima di contenimento necessaria lungo i tratti in esame in relazione alle prescrizioni normative (H1).

Sulla base dei risultati delle attività preliminari sopraelencate, sono state effettuate le seguenti attività di verifica:

- a) definizione delle caratteristiche dimensionali e prestazionali delle barriere di classe H1 (classe prevista in progetto) da utilizzare come riferimento per le verifiche.

- b) definizione delle modalità di installazione delle barriere da bordo laterale mediante calcolo della lunghezza minima di infissione dei paletti necessaria in relazione alla natura dei terreni di appoggio.

## DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Stessi documenti del paragrafo 4 cui si rimanda.

## ELENCO DEI SIMBOLI E DELLE ABBREVIAZIONI UTILIZZATI NEL TESTO

$\gamma$  = Peso di Volume

$\phi$  = Coefficiente di attrito del terreno

c = Coesione del terreno

## I DATI DI INPUT PER IL DIMENSIONAMENTO

### Caratteristiche geotecniche dei terreni costituenti gli arginelli

Per la caratterizzazione di natura geotecnica dei margini dei rilevati sono stati considerati i seguenti parametri a favore di sicurezza:

$\gamma$  = 1900 kg/mc;

$\phi$  = 30° (pari all'angolo di naturale declivio della scarpata 4/7);

c = 0.

Profondità massima della coltre vegetale che ricopre gli arginelli: 20 cm (considerando un dilavamento nel tempo dei primi 5 cm);

## CARATTERISTICHE DELLE BARRIERE DI RIFERIMENTO

Per la definizione delle caratteristiche delle barriere da adottare per le verifiche di installazione lungo il bordo laterale sono state esaminate le seguenti caratteristiche salienti delle barriere da bordo laterale di classe H1 installabili ai sensi della normativa vigente e presenti sul mercato<sup>6</sup> (v. Figura 8-1):

- La distanza tra il fronte delle lame ed il retro del montante non deve essere maggiore di 50cm;
- La larghezza del montante (dimensione longitudinale alla strada) deve essere pari ad 8cm;
- L'infissione del montante deve essere minore o uguale ad 1.10m;
- Il baricentro della lama principale deve essere ad un'altezza dal piano viario non inferiore a 60cm;
- La deformazione dinamica durante la prova di crash test con mezzo pesante deve essere non maggiore di 1.20m.

<sup>6</sup> Sono state individuate caratteristiche comuni ad almeno 2 barriere in commercio.

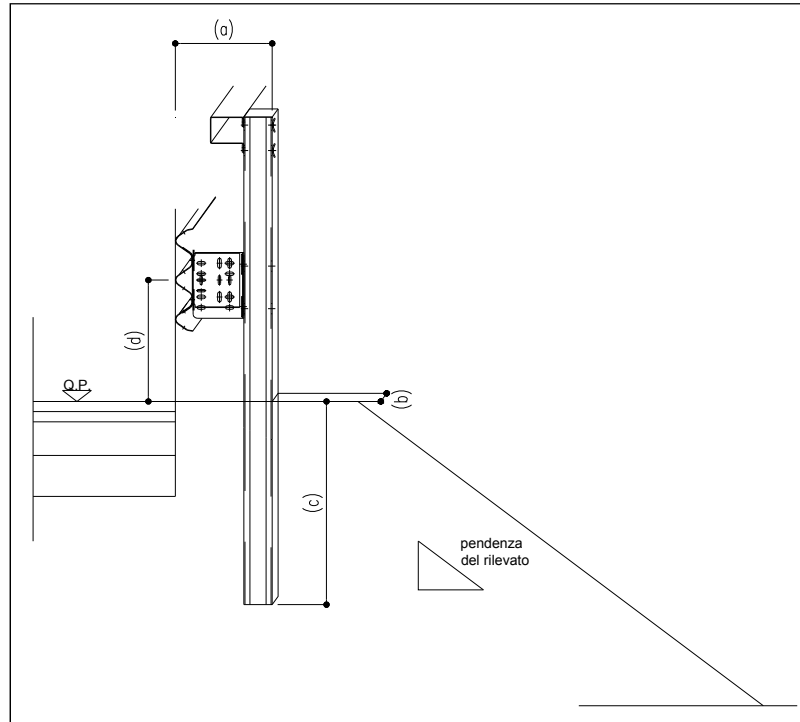


Figura 8-1 schema grafico.

## VERIFICA DELLE MODALITÀ DI INSTALLAZIONE DELLE BARRIERE BORDO LATERALE

Le prove di crash test delle barriere da bordo laterale sono generalmente eseguite su terreni pianeggianti (con estensione dietro la barriera che, rispetto alle dimensioni della stessa, può essere considerata indefinita) infisse in terreni generalmente con le seguenti caratteristiche:

$$\gamma = 1900 \text{ kg/mc};$$

$$\phi = 35^\circ;$$

$$c = 0.$$

Tali condizioni non sono presenti nel caso in esame in quanto sono presenti larghezze dell'arginello finite e pari a 50 cm, e sono stati ipotizzati a favore di sicurezza terreni del rilevato con angolo d'attrito pari all'angolo di naturale declivio della scarpata (scarpata 4/7 e quindi  $\phi = 30^\circ$ ) e con contributo nullo della coesione.

Appare quindi evidente la necessità, già richiamata dall'art. 5 del D.M. 21.06.2004, di verificare e eventualmente adattare il supporto dei dispositivi alla sede stradale dove questi dovranno essere installati.

Il presente capitolo della relazione illustra i criteri adottati per adattare detti supporti alle diverse configurazioni dell'arginello in sito.

### Criteri adottati nella verifica delle modalità di installazione delle barriere

Lo studio per definire le modalità di installazione nelle diverse condizioni ha riguardato due aspetti distinti:

- una verifica di natura geotecnica mirata a definire la profondità di infissione necessaria affinché il terreno risultasse in grado di offrire una resistenza almeno pari a quella delle condizioni di riferimento;
- una verifica di natura geometrica per valutare le condizioni di rollio potenzialmente associabili ad un mezzo in svio per una data configurazione geometrica dell'arginello.

La verifica geotecnica è stata condotta schematizzando il terreno con il modello di Broms per valutare il momento resistente massimo offerto dal terreno. Ai fini della resistenza meccanica del terreno sono state considerate come "equivalenti" due configurazioni alle quali possa essere associato un pari momento resistente.

Il modello di Broms risulta applicabile, nella sua formulazione originaria, al caso di terreno indefinito (Figura 8-2). L'applicazione del modello ad un terreno con una configurazione diversa richiede la schematizzazione dei cunei di spinta passiva in uno spazio tridimensionale, come illustrato in Figura 8-3.

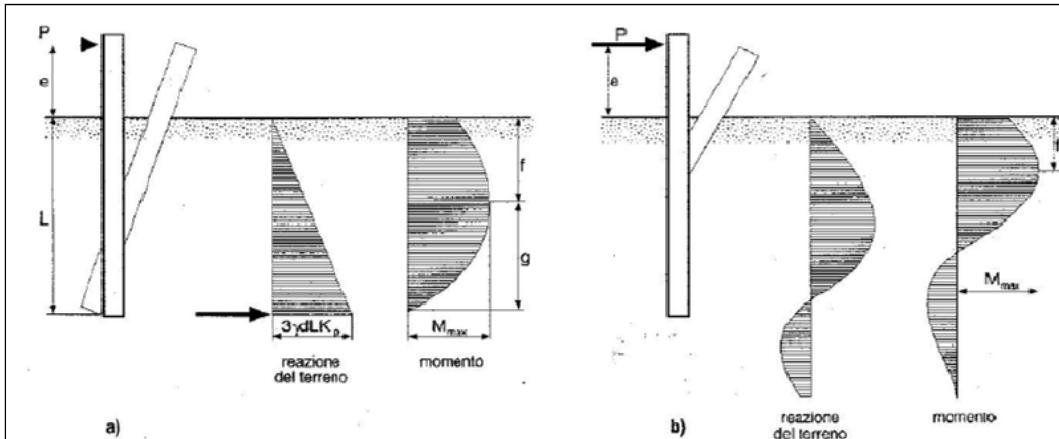


Figura 8-2 schematizzazione dell'azione del terreno su un palo infisso secondo Broms.

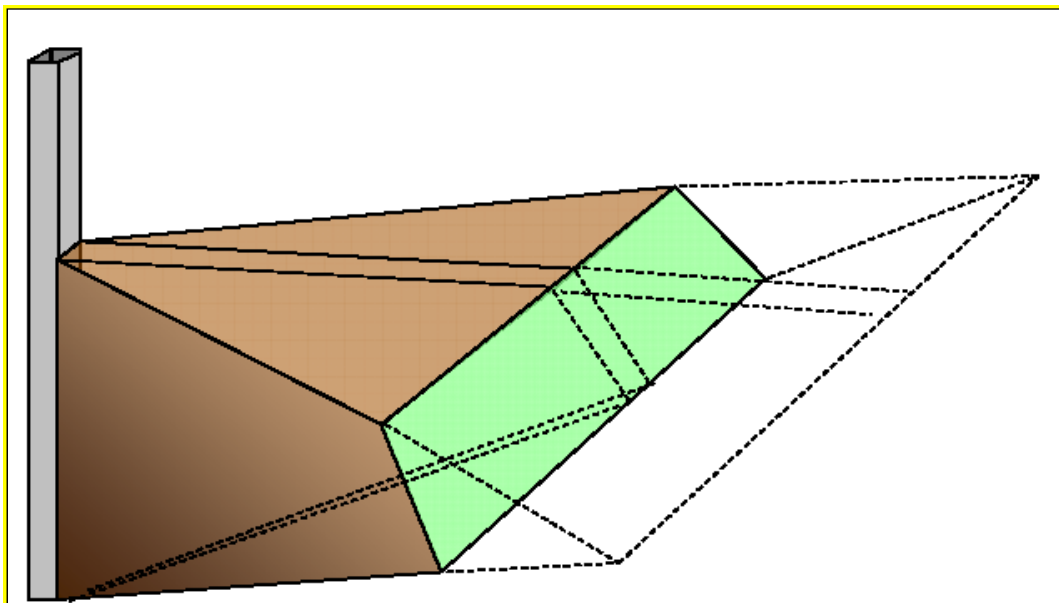


Figura 8-3 estensione del modello di Broms al caso di terreno con scarpata.

Al diminuire della larghezza dell'arginello o all'aumentare della pendenza della scarpata il cuneo di spinta passiva si riduce ed è necessario aumentare la profondità di infissione del montante per garantire lo stesso momento resistente.

In progetto sono state considerate le caratteristiche dell'arginello di progetto (inteso come distanza tra il fronte della barriera ed il vertice della scarpata) di larghezza pari a 50cm e scarpata 4/7.

Per quanto concerne il terreno in cui vengono infissi i montanti durante le prove di crash si è fatto riferimento ad un terreno incoerente avente angolo di resistenza a taglio di  $35^\circ$ .

Il modello adottato per le verifiche geotecniche prescinde da considerazioni sulla stabilità trasversale del veicolo impattante che, a seguito dell'urto, si può trovare a percorrere la scarpata del rilevato per effetto della presenza di un arginello di dimensioni ridotte. La posizione del mezzo durante l'urto dipende, oltre che dalla configurazione della scarpata, anche dalla deformazione trasversale dinamica della barriera (la massima registrata durante la prova di crash, per la classe di contenimento richiesta) e dalle caratteristiche geometriche del mezzo impattante.

Per quanto concerne il mezzo in svio è stato considerato per ogni classe di barriera un veicolo pesante avente un asse posteriore a ruote gemellate di dimensioni coerenti con il tipo di veicolo pesante con cui vengono effettuate le prove di crash per la classe di barriera considerata e con distanza tra i punti più esterni delle ruote ( $p$ ) di 2.50 m.

Sulla base dei dati sopra riportati è stato stimato l'angolo di inclinazione del mezzo ( $\alpha$ ) nell'ipotesi che il veicolo mantenga il contatto con la superficie stradale e dell'arginello (o della scarpata) e che non avvenga la rottura dell'asse del veicolo stesso (v. Figura 8-4). I valori limite di accelerazione trasversale per i quali è probabile che un mezzo pesante ribalti sono, in campo dinamico, dell'ordine di 0.2-0.3g. Considerando cautelativamente come limite massimo durante l'urto una accelerazione trasversale del mezzo in svio di 0.2g sono state valutate le deformazioni dinamiche massime che le barriere devono avere perché sia scongiurata la possibilità che il mezzo si ribalti durante l'urto. Per le barriere di classe H1 si è riscontrato che, con i valori di deflessione dinamica presi a riferimento per il progetto, risultano soddisfatte le verifiche di stabilità trasversale.

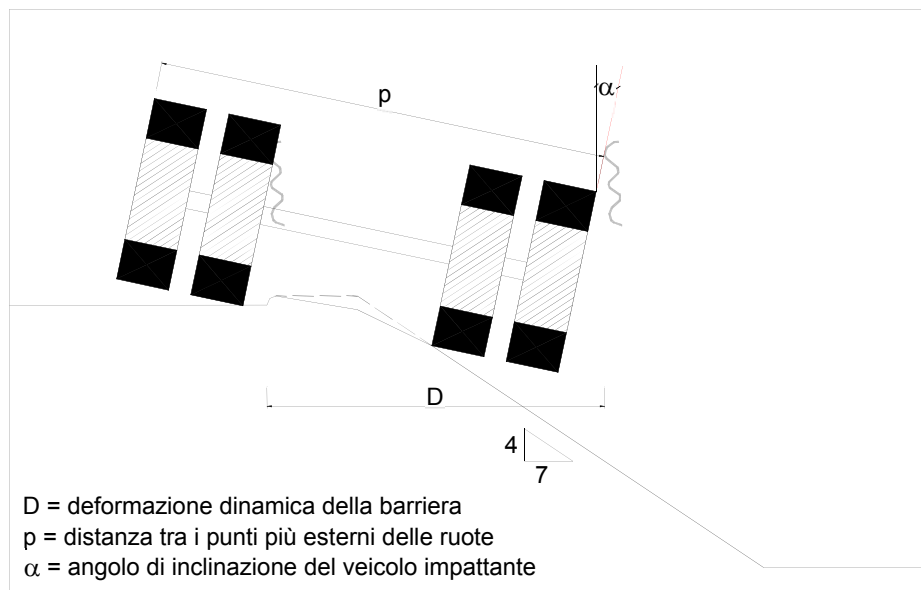


Figura 8-4 schema per la determinazione dell'angolo di inclinazione del mezzo in funzione della deformazione della barriera, della configurazione geometrica del mezzo e della larghezza dell'arginello.

## RISULTATI DELLE VERIFICHE E CONCLUSIONI

Dalle verifiche di tipo geotecnico è risultato che è necessario installare le barriere a paletti infissi con una profondità d'infissione superiore a quella riportata nei certificati di crash test e pari a 1.45m per le tipologie prese a riferimento.

Per quanto riguarda le verifiche di tipo geometrico di stabilità (rollio ed eventuale ribaltamento) dei veicoli che urtano le barriere, si è riscontrato che per le barriere di classe H1 con i valori di deflessione dinamica presi a riferimento per il progetto risultano soddisfatte le verifiche di stabilità trasversale.

Nel caso di impiego di barriere diverse da quelle prese a riferimento dovranno essere svolte analoghe valutazioni atte a dimostrare l'idoneità delle barriere di sicurezza sui supporti di progetto, se non già testate dal vero in condizioni analoghe a quelle di installazione e in ogni caso previa verifica di compatibilità con quanto indicato nei manuali di installazione.

## 8.2 APPENDICE 2: DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE DEL SISTEMA DI ANCORAGGIO DEI TERMINALI DELLE BARRIERE DI SICUREZZA IN CORRISPONDENZA DEI MURI

### 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>7</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.

### 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

<sup>7</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.

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:

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

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

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

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
- $\phi = 157 \text{ mm}^2$  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, e sulla base anche della verifica al rifollamento dei singoli tirafondi.