

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01 e s.m.i.

S.O. Corpo Stradale

PROGETTO DEFINITIVO

NODO DI BARI
BARI NORD VARIANTE SANTO SPIRITO - PALESE

TOMBINI FERROVIARI

IN10

Relazione di calcolo

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

IADR 00 D 29 CL IN1000 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione PD per A.I.	M. Botta <i>M. Botta</i>	Sett.2023	A. Benenato <i>A. Benenato</i>	Sett.2023	G. Dimaggio <i>G. Dimaggio</i>	Sett.2023	F. Arduinii Sett.2023 <i>F. Arduinii</i>

File: IADR00D29CLIN100001A.doc

n. Elab.:

IN – TOMBINI FERROVIARI

RELAZIONE DI CALCOLO IN10

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	IN 10 00 001	A	2 di 16

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	INQUADRAMENTO GENERALE	4
3	SCOPO DEL DOCUMENTO	7
3.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	7
4	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	9
5	MATERIALI	10
6	INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....	11
6.1	TERRENO DI RICOPRIMENTO/RINTERRO.....	11
6.2	TERRENO DI FONDAZIONE	11
7	METODOLOGIA DI CALCOLO	13
7.1	METODO DI VERIFICA SECONDO MARSTON-SPANGLER.....	13
8	ANALISI DEI CARICHI	14
8.1	CARICHI DOVUTI AL RINTERRO	14
8.2	CARICHI DA TRAFFICO	14
9	VERIFICA.....	16

	<p>NODO DI BARI BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>IN – TOMBINI FERROVIARI RELAZIONE DI CALCOLO IN10</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>REL</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IADR</td> <td>00</td> <td>D 29 CL</td> <td>IN 10 00 001</td> <td>A</td> <td>3 di 16</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IADR	00	D 29 CL	IN 10 00 001	A	3 di 16
COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IADR	00	D 29 CL	IN 10 00 001	A	3 di 16								

1 PREMESSA

La linea ferroviaria Foggia – Bari attraversa a raso il territorio comunale di Bari nelle località Palese e Santo Spirito. La direttrice adriatica determina quindi una interruzione del tessuto urbano, con presenza di numerosi passaggi a livello, apportando pesanti ripercussioni sulla mobilità e sulla sicurezza degli abitanti.

Il progetto definitivo del “Nodo di Bari: Bari Nord - Variante di tracciato tra Santo Spirito e Palese” è parte di un più vasto complesso progettuale relativo all’evoluzione del Nodo ferroviario di Bari, volto alla razionalizzazione, riorganizzazione e ad un generale miglioramento del trasporto ferroviario, attraverso un organico inserimento delle reti ferroviarie nel territorio urbano della città di Bari e una riqualificazione urbanistica delle aree dismesse.

Nel dicembre 2005 il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, la Regione Puglia, il Comune di Bari e Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. siglarono un “Protocollo d’Intesa per il riassetto del nodo di Bari” finalizzato alla individuazione delle più efficaci soluzioni trasportistiche che rispondessero alle esigenze di riqualificazione urbana e di sviluppo economico del territorio al fine di perseguire i seguenti obiettivi:

- Riduzione delle interferenze tra le linee ferroviarie ed il territorio comunale;
- Realizzazione di un sistema di trasporto integrato, intermodale e intramodale a elevata frequenza;
- Aumento della qualità dei servizi di trasporto offerti con riduzione dei tempi di percorrenza e aumento dei punti di accesso alla modalità ferroviaria;
- Recupero, riqualificazione e valorizzazione delle aree ferroviarie dismesse e da dismettere;
- Abbattimento dei livelli di inquinamento acustico ed atmosferico nelle aree della città di Bari.

A seguito di tale Protocollo e del “Tavolo Tecnico” istituito dalla Regione Puglia, furono sviluppati uno studio di pre-fattibilità e successivamente uno studio di fattibilità.

Il progetto preliminare del Riassetto del Nodo di Bari sviluppato a seguito delle analisi sullo studio di fattibilità è stato assentito con Conferenza di Servizi Istruttoria indetta dalla Regione Puglia ai sensi dell’art. 14-bis della legge 241/1990 e approvato con verbale di CdS del 25 maggio 2009.

Il presente Progetto Definitivo del “Nodo di Bari: Bari Nord - Variante di tracciato tra Santo Spirito e Palese” è stato dunque sviluppato come soluzione di variante al Progetto Preliminare del 2009 oggetto di Parere VIA e sulla base delle prescrizioni e pareri ricevuti in fase di iter autorizzatorio del Progetto Preliminare del 2021.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NODO DI BARI BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE PROGETTO DEFINITIVO					
	IN – TOMBINI FERROVIARI RELAZIONE DI CALCOLO IN10	COMMESSA IADR	REL 00	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO IN 10 00 001	REV. A

2 INQUADRAMENTO GENERALE

L'area interessata dal progetto ricade nella zona a nord - ovest della città di Bari, nell'area compresa tra l'aeroporto internazionale di Bari e il comune di Giovinazzo.

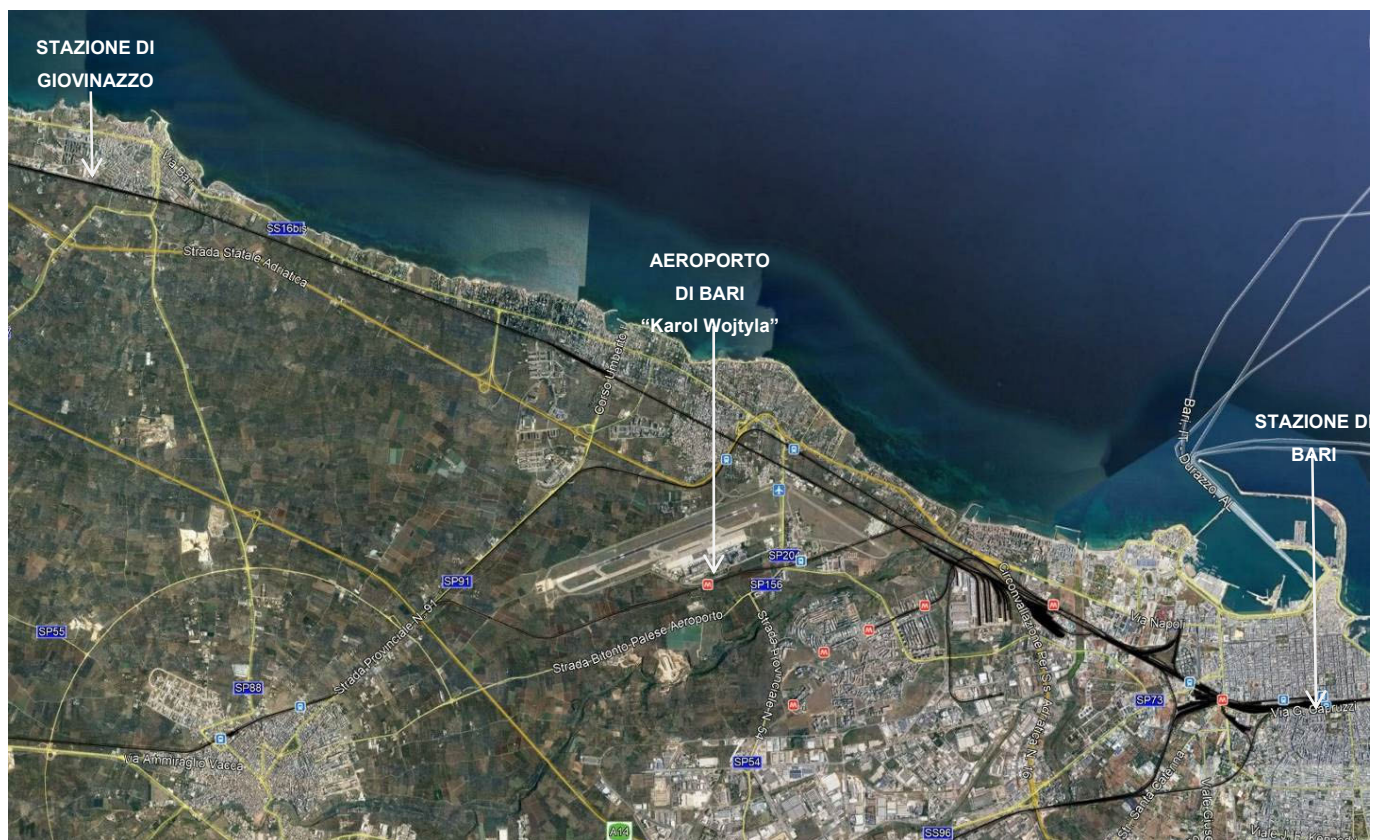


Figura 2-1 Inquadramento area di intervento

Il tracciato ferroviario è sviluppato tenendo conto dei seguenti input:

- $V_c = 200 \text{ km/h}$ ($V_t = 180 \text{ km/h}$)
- Nuova stazione con marciapiede ad isola da 250m e modulo di precedenza 750

La nuova linea ha origine dopo Giovinazzo, all'incirca al km 632+000 della linea Adriatica, da dove sfiocca verso sud-est e prosegue in corretto tracciato per circa un chilometro mantenendosi pressoché a quota piano campagna.

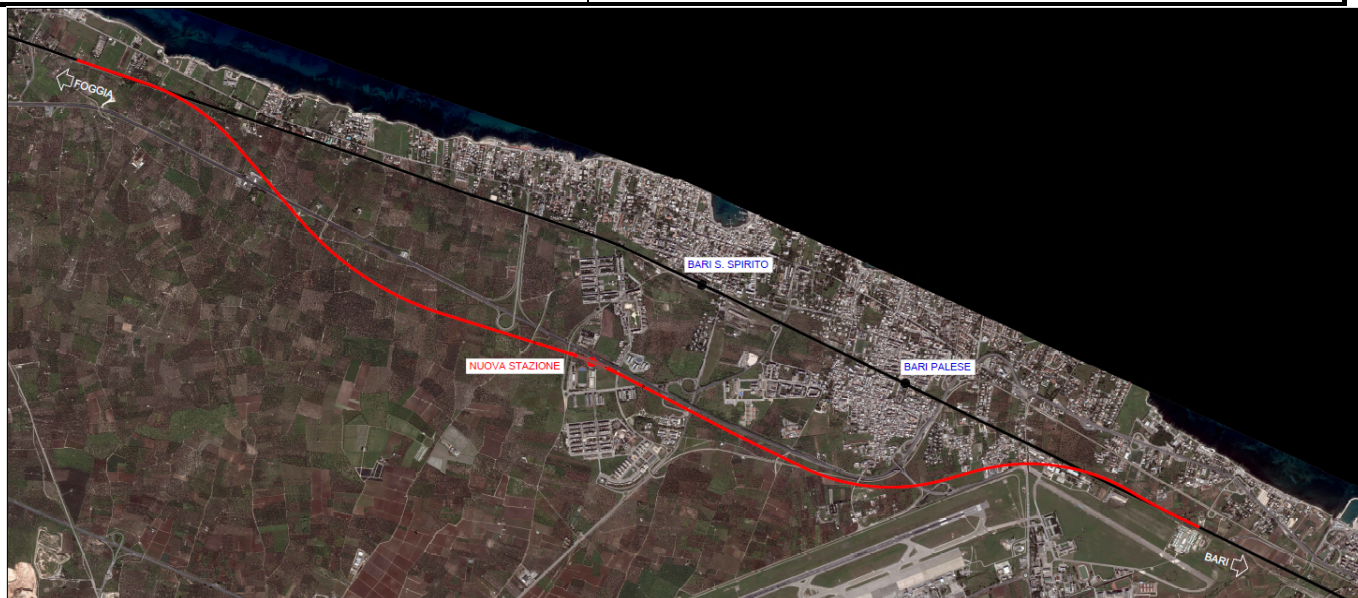


Figura 2-2 Tracciato Rosso

La variante di tracciato si sviluppa quasi nella sua interezza sotto il piano campagna, i primi 1.300 m circa si sviluppano quasi al piano campagna per poi iniziare a perdere quota fino ad entrare in galleria artificiale. L'opera ha uno sviluppo complessivo di circa 3 km e consente il sottoattraversamento della Strada Statale n. 16 e dei successivi assi viari.

Dopo circa 4,8 km il tracciato prosegue a cielo aperto, in trincea profonda, dove viene realizzato il nuovo impianto di stazione di S.Spirito – Enzitetto, costituito da due marciapiedi ad isola da 250m, ai quali si accede attraverso un sistema di scale mobili e ascensori che conducono al fabbricato di stazione posto al piano campagna. L'impianto di stazione garantisce sia per i binari di corsa sia per i binari di precedenza un modulo di 750m.

La trincea è interrotta da una galleria artificiale necessaria a creare aree a verde attrezzate, a servizio della nuova stazione, e a risolvere l'interferenza con via Nicholas Green.

In uscita dall'impianto di stazione il tracciato inizia a salire e prosegue in galleria artificiale verso sud-est parallelamente alla SS16, sotto attraversando la rampa di svincolo della statale e la SP91.

Dopo un tratto allo scoperto, il tracciato entra nuovamente in galleria artificiale al km 6+625, così da consentire in sottoattraversamento di strada di Torre Bregnoia e della linea ferroviaria Bari-Bitonto via Palese, gestita dalle Ferrovie del Nord Barese.



NODO DI BARI
BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE
PROGETTO DEFINITIVO

IN – TOMBINI FERROVIARI


RELAZIONE DI CALCOLO IN10

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	IN 10 00 001	A	6 di 16

Dopo aver sotto-attraversato via Modugno, il tracciato prosegue in direzione est sotto attraversando la Strada provinciale n 201.

Al fine di evitare interferenze con l'aeroporto internazionale di Bari "Karol Wojtyla" il tracciato piega verso nord-est risolvendo l'interferenza della rotatoria di collegamento tra la SP201 e la SP204 in galleria, per proseguire nell'area dell'aeroporto militare Bari Palese.

Superata l'area militare la livelletta inizia a prendere quota uscendo allo scoperto al km 9+780 ca e proseguendo in trincea fino a riallacciarsi sul sedime della linea storica in corrispondenza del km 642+537.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NODO DI BARI BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE PROGETTO DEFINITIVO					
	IN – TOMBINI FERROVIARI RELAZIONE DI CALCOLO IN10	COMMESSA IADR	REL 00	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO IN 10 00 001	REV. A

3 SCOPO DEL DOCUMENTO

Nella presente relazione viene riportato il calcolo del tombino IN10 relativa al Progetto Definitivo della linea ferroviaria Bari – Barletta, lungo la tratta ferroviaria Bari Nord Santo Spirito – Bari Palese.



Figura 3-1: planimetria del tracciato in oggetto - Google Earth.

3.1 Descrizione dell'opera

L'opera analizzata in particolare è la IN10 Collettore interrato in cls DN1000 Prog. 5+225.0 e consiste in un collettore interrato in cls prefabbricato DN 1000.

CANALE IDRAULICO			
WBS	pk	DN	Spessore
		[mm]	[mm]
IN10	5+225.00	1000	100

Nell'immagine seguente si riportano una sezione trasversale e longitudinale dell'opera.

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento della struttura è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza richiesti all'opera.

SEZIONE TRASVERSALE TIPO CANALE IN10 IN CLS DN1000
scala 1:50

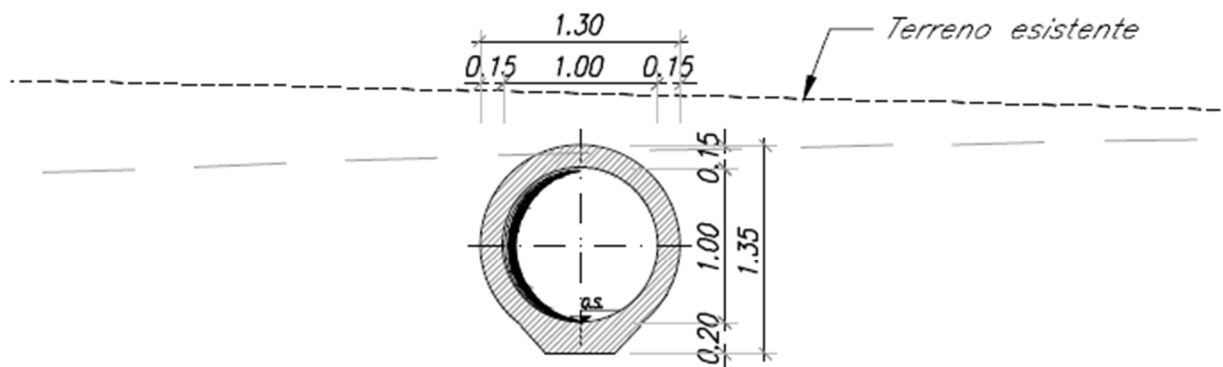


Fig. 1 – Sezione trasversale dell'opera

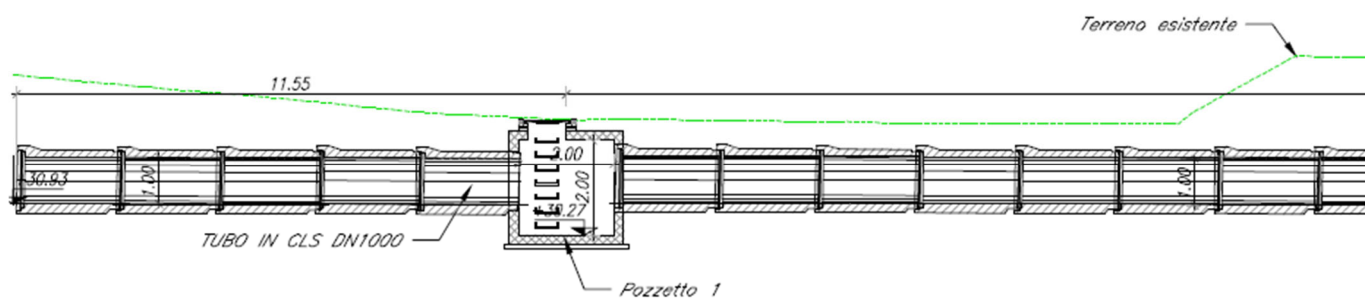


Fig. 2 – Stralcio di sezione sezione dell'opera



NODO DI BARI
BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE
PROGETTO DEFINITIVO

IN – TOMBINI FERROVIARI

RELAZIONE DI CALCOLO IN10

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	IN 10 00 001	A	9 di 16

4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La progettazione è conforme alle normative vigenti nonché alle istruzioni dell'Ente FF.SS.

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la seguente:

- Norma UNI 7517
- Norma DIN 1072
- EN-ISO 9969

IN – TOMBINI FERROVIARI

RELAZIONE DI CALCOLO IN10

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	IN 10 00 001	A	10 di 16

5 MATERIALI

Il materiale utilizzato è il calcestruzzo

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C32/40
- CLASSE MINIMA DI CONSISTENZA : S4
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC4, XS1
- COPRIFERRO = 35 mm
- DIAMETRO MASSIMO INERTI : 15 mm

6 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

6.1 Terreno di ricoprimento/rinterro

Per il terreno di ricoprimento dell'opera sono state assunte le seguenti caratteristiche geotecniche (vedi Manuale sez. III §3.5.2.3.3).

DATI GEOTECNICI			
Grandezza	Simbolo	Valore	U.M.
angolo di attrito	ϕ	33	°
peso di volume ricoprimento	γ_r	22	kN/m ³
coefficiente di spinta a riposo	K_0	0.46	-
Modulo elastico terreno fondazione	E	500000	kN/m ²
Costante di Winkler	K	103000	kN/m ³
Cond. Geo: tangente $\phi/1.25$	$\tan\phi/1.25$	0.520	-
Cond. Geo: angolo di attrito	ϕ_{Geo}	27	°
Geo: coeff. di spinta a riposo	$K_{0(Geo)}$	0.539	-

6.2 Terreno di fondazione

Il modello geotecnico di calcolo è stato definito sulla base di quanto riportato nella Relazione Geotecnica e nel Profilo Geotecnico, allegati al presente progetto e ai quali si rimanda per le trattazioni di dettaglio. Si riporta a seguire uno stralcio del citato profilo in cui ricade l'opera qui esaminata e la tabella che riassume i parametri geotecnici caratteristici assunti nel calcolo.

Unità Geotecnica	γ	φ'	c'	GSI	σ_{ci}	m_i	E_{op}	k
	(kN/m ³)	(°)	(kPa)		(MPa)		(MPa)	(m/s)
TC	19.0	28-30	0-5				10	
CAL	Calt	20.0	35-37	0-10			50	1E-03 ÷ 1E-05
C1a (da inizio a 5+000 da 8+000 a fine)	24.0	43	40	30	40	9	500	1E-04 ÷ 1E-6
C1b	24.0	41	20	20	40	9	500	1E-04 ÷ 1E-6




NODO DI BARI
BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE
PROGETTO DEFINITIVO

IN – TOMBINI FERROVIARI
 RELAZIONE DI CALCOLO IN10

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	IN 10 00 001	A	12 di 16

(da 5+500 a 8+000)								
C2	24.0	43	100	35	70	9	1000	1E-04 ÷ 1E-6

La falda si trova ad una quota di circa 0 m s.l.m. e non interferisce con le opere in progetto.

	<p>NODO DI BARI</p> <p>BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>IN – TOMBINI FERROVIARI</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO IN10</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>REL</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IADR</td> <td>00</td> <td>D 29 CL</td> <td>IN 10 00 001</td> <td>A</td> <td>13 di 16</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IADR	00	D 29 CL	IN 10 00 001	A	13 di 16
COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IADR	00	D 29 CL	IN 10 00 001	A	13 di 16								

7 METODOLOGIA DI CALCOLO

Il dimensionamento statico della tubazione in CLS è eseguito considerando un comportamento di tipo “flessibile”. Nel caso di tubazione a comportamento “flessibile” si ammette che la rottura sopraggiunga quando le deformazioni hanno raggiunto livelli inaccettabili, rendendo vane le ipotesi idrauliche e creando discontinuità sui giunti; le deformazioni sono valutate con l’equazione di Marston-Spangler:

$$\Delta x = \frac{Q \times K \times F}{\frac{EI}{r^3} + 0.061 \times E_t}$$

dove Δx è la deformazione diametrale nel senso orizzontale (che per l’ineestensibilità delle fibre del materiale costituente il tubo è anche quella verticale), E è il modulo elastico del materiale mentre E_t è il modulo elastico del terreno; I ed r sono rispettivamente momento d’inerzia della parete del tubo per unità di lunghezza e raggio medio del tubo, mentre K è un coefficiente che dipende dal tipo di appoggio della tubazione (sella di cls, sabbia costipata ecc.) ed F è un coefficiente che considera la deformazione differita nel tempo. La deformazione così calcolata dovrà essere minore della massima ammissibile assunta pari al 5% del diametro medio.

7.1 Metodo di verifica secondo Marston-Spangler

Tale metodologia esegue la verifica statica di una tubazione interrata determinando i carichi permanenti e accidentali che gravano su di essa, il carico idraulico e le reazioni del terreno, valutando conseguentemente le tensioni gravanti sulla generatrice superiore della stessa e verificando che non venga raggiunto, con un opportuno coefficiente di sicurezza, lo stato limite di deformazione.

8 ANALISI DEI CARICHI

8.1 Carichi dovuti al rinterro

Nella determinazione del carico permanente che sollecita una condotta interrata, un ruolo importante è riservato all'azione del rinterro. L'analisi dello stato del terreno, rimosso e riportato, nel rapporto con le possibili forme della trincea e con i cedimenti legati al terreno stesso e a quelli che la condotta può subire come corpo rigido, porta a diverse configurazioni di carico, che sono state valutate partendo dalla Norma UNI 7517.

Posa in trincea stretta

La norma UNI considera una condotta posata in trincea stretta quando sia soddisfatta una delle seguenti condizioni:

- 1) $B < 2DN$ con $H > 1.5B$
- 2) $2DN < B < 3DN$ con $H > 3.5B$

8.2 Carichi da traffico

Il convoglio tipo considerato è quello indicato dalla Norma DIN 1072:

Classe	Carico per ruota P (KN)	Classe	Carico per ruota (KN)	
			Anteriore Pa	Posteriore Pp
HT60	100	LT12	20	40
HT45	75	LT6	10	20
HT38	62.5	LT3	5	10
HT30	50			
HT26	35			

Il carico dinamico Q_d [kN/m] sulla generatrice superiore del tubo è dato da:

$$Q_d = \sigma_z \times De \times \omega$$

dove:

IN – TOMBINI FERROVIARI

RELAZIONE DI CALCOLO IN10

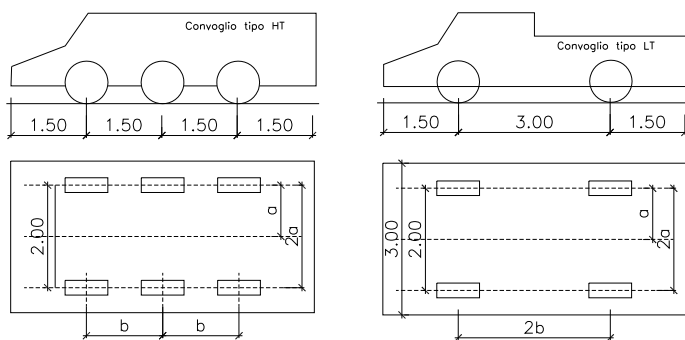
COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	IN 10 00 001	A	15 di 16

s_z è la pressione verticale al livello della generatrice superiore del tubo, dovuto ai sovraccarichi mobili concentrati di convogli tipo ed è ricavabile da grafici forniti dalla normativa;

D_e è il diametro esterno della tubazione;

w è il fattore dinamico.

Ponendo $a=1.00$ m e $b=1.50$ m con il significato indicato in figura, i convogli tipo sono rappresentate dalle formule di interpolazione:



$$\text{Convoglio HT: } \sigma_z = 0.5281 \times \frac{P}{H^{1.0461}}$$

$$\text{Convoglio LT: } \sigma_z = 0.8743 \times \frac{P}{H^{1.5194}}$$

I valori così calcolati vanno incrementati del coefficiente dinamico w che tiene conto della natura dinamica dell'applicazione del carico:

$$\omega = 1 + 0.3 / H \text{ per strade e autostrade}$$

Sovraccarichi distribuiti

I sovraccarichi distribuiti dovuti al traffico veicolare si considerano essenzialmente in presenza di cingolati e simili che si assume non interessino le pavimentazioni in esame. Risultando quindi più gravosa la presenza del carico dinamico concentrato si omette la verifica in presenza di sovraccarichi distribuiti.



NODO DI BARI
BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE
PROGETTO DEFINITIVO

IN – TOMBINI FERROVIARI

RELAZIONE DI CALCOLO IN10

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	IN 10 00 001	A	16 di 16

9 VERIFICA

La verifica dell'opera prefabbricata sarà a cura del fornitore.