



# ANAS S.p.A.

DIREZIONE REGIONALE PER LA SICILIA

## PA17/08

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 - Svincolo Manganaro incluso) compresi raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121

### Bolognetta S.c.p.a.

Contraente Generale:  
Ing. Pierfrancesco Paglini

Il Responsabile Ambientale:  
Ing. Claudio Lamberti

## - PERIZIA DI VARIANTE N.1 -

BOLOGNETTA S.c.p.a.

Titolo elaborato:

### MODIFICA TECNICA N. 114

### OPERE D'ARTE - TOMBINI IDRAULICI

### Tombino TP27 - Esistente da adeguare - Pianta e Sezione Longitudinale Relazione tecnica descrittiva della modifica tecnica n. 114

Codice Unico Progetto (CUP) : F41B03000230001

Codice elaborato:	OPERA	ARGOMENTO	DOC. E PROG.	FASE	REVISIONE
PA17/08	P E	MT114	R T 0 1	5	0

CARTELLA:	FILE NAME:	NOTE:	PROT.	SCALA:
0 7	PEMT114RT01_50_4137.dwg	1=1	4 1 3 7	-
5				
4				
3				
2				
1				
0	PRIMA EMISSIONE		Novembre 2015	A. Cecchelli S. Fortino D. Tironi
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO VERIFICATO APPROVATO

A.T.I. Progettisti :

Capogruppo:

Mandante:

### POLITECNICA

INGEGNERIA E ARCHITETTURA

Viale Amendola, 6 - 50121 Firenze  
tel 055/2001660 fax 055/2344856  
e-mail polifi@politecnica.it

### ACS ingegneri

Via Catani, 28/c - 59100 Prato  
tel 0574.527864 fax 0574.568066  
E-mail acs@acsingegneri.it

Il Progettista Responsabile  
Ing. Marcello Mancone

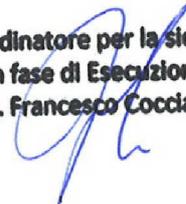


Il Geologo  
dott. Pietro Accolti Gil



Il Coordinatore per la Sicurezza  
in fase di esecuzione:  
Ing. Francesco Cocciante

Il Coordinatore per la sicurezza  
in fase di Esecuzione  
Ing. Francesco Cocciante



Il Direttore dei Lavori:  
Ing. Sandro Favero

Il Direttore dei Lavori  
Ing. Sandro Favero



ANAS S.p.A.

DATA: \_\_\_\_\_ PROTOCOLLO: \_\_\_\_\_

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

CODICE PROGETTO **LO410C E 1101**

Dott. Ing. Ettore de Cesbron de la Grennelais



**COMMITTENTE: A N A S S.p.A.**

**\* \* \* \* \***

**CONTRAENTE GENERALE: BOLOGNETTA S.C.p.A.**

**SS 189 e SS 121**

**ITINERARIO PALERMO - AGRIGENTO**

**PA 17/08**

Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km 0,0 del lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km 33,6 del lotto 2 - svincolo Manganaro incluso), compresi i raccordi con le attuali S.S. n. 189 e S.S. n. 121

**CUP F41B03000230001**

Contratto per affidamento a Contraente Generale, stipulato in Roma il 19/10/2009 c/o Notaio Paolo Cerasi rep. n. 7953 racc. n. 4132, registrato in Roma il 27/10/2009.

Succ. Atto Aggiuntivo n. 1 stipulato in data 02.11.2011 rep. n. 9879 racc. n. 5275,

succ. Atto Aggiuntivo n. 2 stipulato in data 30.05.2013 rep. n. 20888 racc. n. 5938

e succ. Atto Aggiuntivo n. 3 stipulato in data 23.01.2014 rep. n. 21091 racc. n. 6057.

## **MODIFICA TECNICA N.114.**

**WBS: Tombino TP27**

**OGGETTO: Riscontro all'OdS n.23 trasmessa dalla Direzione Lavori con nota prot. 0301-15-FG-FC-DL/PA17 del 14/04/2015 e relativa alla criticità ravvisata sul tombino TP27 esistente.**

**DATA: 20/04/2015**

**p. A.T.I. Progettisti- POLITECNICA – A.C.S.  
Ing. Marcello Mancone**

**VISTO: Il Contraente Generale**

**BOLOGNETTA S.c.p.a.**

## Sommario

1	PREMESSA.....	3
2	OGGETTO DELLA NOTA.....	3
3	VERIFICHE IDRAULICHE TOMBINO TP27 .....	5
3.1	Determinazione della portata di progetto .....	5
3.2	Verifica della sezione idraulica .....	6
4	VERIFICHE STRUTTURALI DELLA CONDOTTA TIPO ARMCO.....	7
4.1	Ipotesi alla base del calcolo .....	7
4.2	Analisi e verifica del nuovo tombino Armco TP27.....	8
4.2.1	<i>Verifica in fase di getto</i> .....	8
4.2.2	<i>Verifica in fase finale</i> .....	11

## 1 PREMESSA

La presente Nota Tecnica viene emessa nell'attuale fase di Progetto Esecutivo di Dettaglio (PED), in riscontro al ODS n.23 del Direttore dei Lavori, in merito ad una criticità ravvisata durante la realizzazione del rilevato AP09, dalla pk.10+580 alla pk. 12+400, di cui si riporta uno stralcio significativo

### **OdS n.23 trasmessa con nota prot. 0301-15-FG-FC-DL/PA17 del 14/04/2015**

#### **OGGETTO: Tombino TP27**

*"durante il sopralluogo eseguito in data odierna si è riscontrato che l'attraversamento idraulico esistente alla pk 10+742, TP27 costituito da tubo ARMCO circolare e sottostante il suddetto corpo stradale, non presenta più le caratteristiche geometriche previste mostrando evidenti segni di cedimento"*

e viene disposto quanto segue:

- *di intervenire immediatamente alla messa in sicurezza e puntellamento del tombino in oggetto al fine di scongiurare improvvisi collassi della struttura idraulica e conseguente cedimento del rilevato soprastante per una soluzione a breve termine;*
- *di fornire con celerità alla Scrivente un'efficace soluzione progettuale definitiva di ripristino dell'attraversamento danneggiato, che includa un'adeguata cantierizzazione e fasizzazione al fine di non creare intralcio al traffico veicolare;*

## 2 OGGETTO DELLA NOTA

Il tombino TP27 a cui si riferisce l'OdS 23, è un attraversamento idraulico dell'asse principale, costituito da una condotta in acciaio tipo Armco a sezione circolare di diametro 3600 mm, incluso nello stralcio funzionale Scorciavacche facente parte del Progetto Esecutivo Approvato (PEA).

Nel Progetto Esecutivo Approvato era stato indicato come tombino esistente da mantenere e venivano previsti i seguenti interventi di adeguamento:

- *ripulitura della canna per liberare il tombino dalla parziale ostruzione prodotta dal materiale sedimentato sul fondo;*
- *prolungamento della canna lato valle per circa 4,00m, mediante uno spezzone di tubo Armco di sezione pari a 3600x2200mm, sul lato in allargamento del rilevato stradale della SS121;*



Figura 1 – Foto di cantiere tombino TP27

Come evidenziato dall'OdS della D.L. e come mostrato nelle precedenti fotografie di cantiere, la canna del tombino in esame presenta, soprattutto in alcune zone, ammaloramenti alle giunzioni bullonate tra le varie piastre di acciaio costituenti il sistema Armco. Lo stato di degrado ravvisato potrebbe determinare localmente la rottura della giunzione con potenziale minaccia per il rilevato soprastante.

Tenendo nella massima considerazione il carattere di somma urgenza manifestato dalla disposizione della D.L., fra le possibili soluzioni tecniche, è stata privilegiata quella che consente di superare la criticità nel più breve tempo possibile ed al contempo senza interruzione/parzializzazione della soprastante SS121.

In quest'ottica si è optato per la predisposizione all'interno della condotta esistente di una nuova tubazione Armco di diametro inferiore, ed il riempimento dell'interspazio tra le due con calcestruzzo.

Al fine di eseguire i lavori nel tempo più rapido possibile, come raccomandato dalla D.L., si è concordato di utilizzare una tubazione Armco disponibile in cantiere nelle quantità necessarie all'intervento, di diametro 2020mm, spessore 3mm, onda tipo "T200", al fine di evitare tempi lunghi di attesa per l'approvvigionamento in cantiere di una condotta di sezione diversa.

A supporto di tale scelta, sottoposta preventivamente all'approvazione della D.L., sono state tuttavia condotte le verifiche di compatibilità idraulica e strutturali riportate nei paragrafi successivi, che attestano l'assoluta idoneità della suddetta condotta.

Per fornire maggior dettaglio circa le modalità esecutive dell'intervento di messa in sicurezza, si elencano in forma sintetica le fasi realizzative previste:

- Getto di prima fase per la realizzazione del nuovo piano delle pendenze in calcestruzzo Rck30;
- Inserimento del nuovo tombino Armco diam. 2020mm già preassemblato a piè d'opera, partendo da valle;
- Puntellamento provvisorio del nuovo tombino all'interno del tombino Armco esistente;

- Getto di riempimento in calcestruzzo Rck30 tra le due condotte, utilizzando l'interspazio in prossimità dello sbocco del tombino esistente, al fine di realizzare un calottaggio del tubo per una estensione di circa 10m;
- Getto di seconda fase per il riempimento dell'interspazio fra le due condotte, eseguito mediante pompaggio di cls Rck30 da apposito foro eseguito sul cielo tombino esistente, ubicato a circa 3-4m dall'imbocco esistente, e verifica finale del completo intasamento del tombino.

### 3 VERIFICHE IDRAULICHE TOMBINO TP27

Nel presente paragrafo sono riportate le verifiche svolte per attestare la sufficienza idraulica della nuova sezione di progetto dell'attraversamento.

Si riportano di seguito le principali caratteristiche geometriche del tombino TP27 esistente e quelle del tubo di progetto da predisporre all'interno della canna attuale:

		TUBAZIONE							
ID TOMBINO	PROG.	TIPO	SEZIONE	DN	sp.	L	Qi	Qf	pend.
(-)	(m)	(-)	(-)	(mm)	(mm)	(m)	(m)	(m)	(cm)
<b>TP27 esistente</b>	10+742	ARMCO	Circolare (interrato)	3600 sez.piena (2200 sez disponibile)	3.0	50.68	442.29	440.83	2.90%

		TUBAZIONE							
ID TOMBINO	PROG.	TIPO	SEZIONE	DN	sp.	L	Qi	Qf	pend.
(-)	(m)	(-)	(-)	(mm)	(mm)	(m)	(m)	(m)	(cm)
<b>TP27 di progetto</b>	10+742	ARMCO	Circolare	2020	3.0	52.50	403.06	440.94	4.04%

#### 3.1 Determinazione della portata di progetto

La portata di progetto è stata estrapolata dalla relazione idraulica redatta in fase di progettazione esecutiva (si veda per maggiori dettagli la relazione inclusa nello Stralcio Esecutivo Scorciavacche SVDRT01\_30\_4137).

La portata di progetto  $Q_p$  [ $m^3/s$ ] è stata calcolata per un tempo di ritorno  $T_R$  pari a 100 anni. È stato utilizzato il metodo cinematico, dove il tempo di corrivazione  $t_c$  [ore] è stato determinato con la formula del Giandotti, in coerenza con i criteri e le modalità di calcolo assunti alla base del PEA. I limiti dei bacini tributari e la loro superficie  $A_b$ , l'asta principale di ciascun bacino  $L_b$ , la quota media del bacino  $z_m$  e la quota della sezione di chiusura sono state determinate a partire dalla CTR 1:10000 e dai rilievi aerofotogrammetrici di dettaglio (si veda Corografia generale dei sottobacini, SVIDC001\_30\_4137).

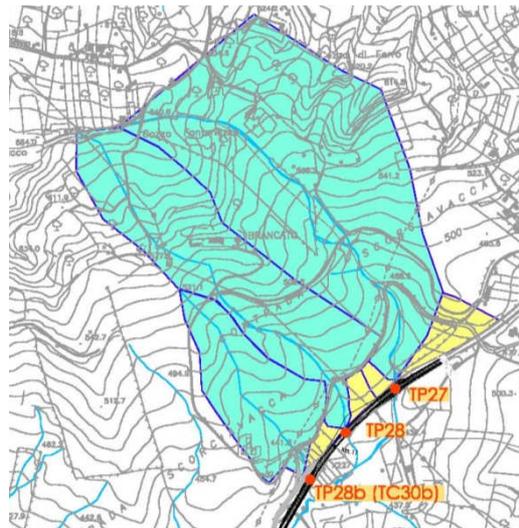


Figura 2 – Corografia dei sottobacini

Le piogge di progetto sono state elaborate con il metodo dei topoieti al fine di fornire parametri di progetto specifici per ogni sottobacino.

% PARZIALI	Pluviometro								
	Area [km <sup>2</sup> ]	Marineo	Lupo	Ficuzza	Ciminna	Mezzojuso	Campofelice	Vicari	Lercara
S Leonardo 1	99.63		11%	13%	7%	59%	10%		

Tabella 1 – Valutazione delle aree dei sottobacini (metodo dei topoieti)

	sottobacino	a [mm]	n [-]	h [mm]	Ab [ha]	Af [ha]	Atot [ha]	L [m]
TP27	San Leonardo 1	46.55	0.50	36.49	52.05	4.41	56.47	1392

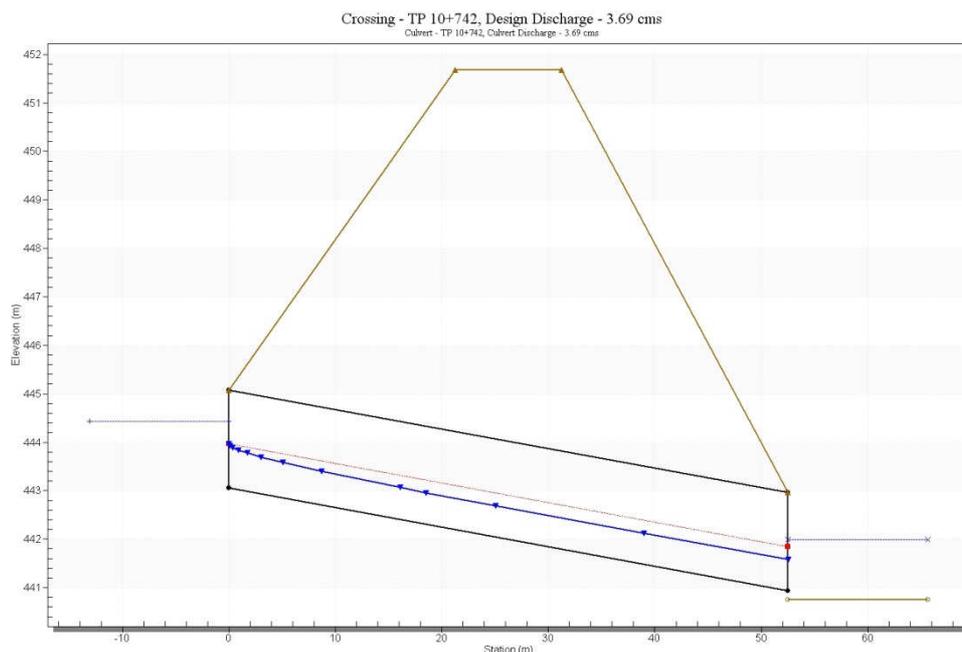
	Qmax [m]	Q0 [m]	Qm [m]	tc [hr]	φ [-]	Q [m <sup>3</sup> /s]	v[m/s]
TP27	650	445	205	0.61	0.4	3.69	0.57

Tabella 2 – Portate al colmo di piena

### 3.2 Verifica della sezione idraulica

La verifica idraulica della tubazione Armco di progetto (diam.2020mm) è stata effettuata nelle ipotesi di moto permanente, mediante il software HY8 che richiede i seguenti dati in ingresso: la geometria del tombino, diametro D della sezione, quote di imbocco  $z_i$  e sbocco  $z_s$  assolute e rispetto al terreno naturale e la scabrezza. La scabrezza  $n$  (coefficiente di Manning) dei tombini in acciaio corrugato è stata assunta pari a  $0.0240 \text{ m}^{-1/3\text{s}}$ .

Il software HY-8 Culvert Analysis (version 7.0), sviluppato da FHWA (U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration) riproduce la curva di deflusso ed il profilo di rigurgito all'interno del tombino, risolvendo diversi tipi di profilo in moto permanente e si basa sulla procedura di calcolo descritta nel Report "Hydraulic Design Series 5, Hydraulic Design of Highway Culverts" (HDS-5) dell' U.S. EPA, a cui si rimanda per maggiori dettagli.



Il criterio per la verifica idraulica riportato nel CSA ANAS Allegato NG15 richiede che per i tombini di attraversamento di corsi d'acqua naturali il franco idraulico lungo l'opera sia superiore al 30% dell'altezza utile dell'opera e comunque superiore a 0.75m.

	Rise (m)	Total Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	y/h (-)
TP27	2.2	3.69	444.43	0.64	0.91	0.64	1.24	4.24	0.32

Tabella 3 – Verifica idraulica del tombino TP27 di progetto

Dai risultati ottenuti si evince che il tombino circolare di progetto tipo "ARMCO" D=2020mm consente il transito della portata di progetto con  $T_r=100$ anni, con un grado di riempimento pari al 32% della sezione utile, che determina un franco di sicurezza idraulica pari a  $1,38m > 0,75m$  CSA ( $68% > 30%$  CSA).

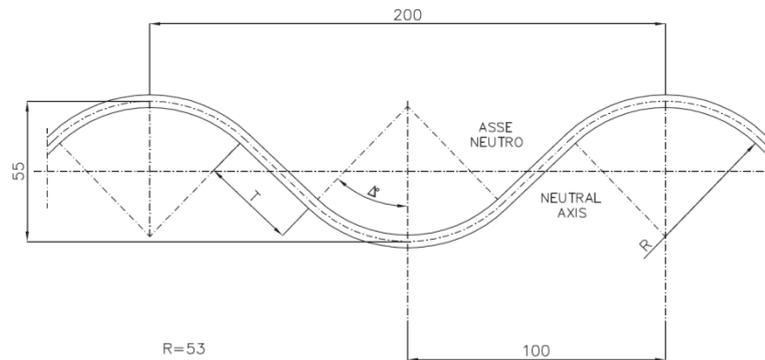
A valle delle verifiche eseguite si conclude quindi che la tubazione Armco disponibile in cantiere presenta una sezione e delle caratteristiche idrauliche adeguate per assicurare il corretto deflusso delle acque provenienti dal versante.

## 4 VERIFICHE STRUTTURALI DELLA CONDOTTA TIPO ARMCO

### 4.1 Ipotesi alla base del calcolo

L'oggetto del presente paragrafo è l'analisi e la verifica strutturale del nuovo tombino idraulico realizzato all'interno del tombino esistente TP27.

Il tombino di progetto, come detto, è di tipo "ARMCO", a sezione circolare, con diametro pari a 2020 mm sp.3mm, onda "T200".



**Figura 3 – Tipologico tombino ARMCO T200**

Il comportamento della struttura tubolare in lamiera di acciaio è assimilabile a quello di un anello sottile, soggetto a pressioni laterali uniformemente distribuite sulla circonferenza.

Per le lamiere e le giunzioni viene usato l'acciaio S235jr, mentre per la bulloneria vengono utilizzati bulloni ad alta resistenza classe 8.8.

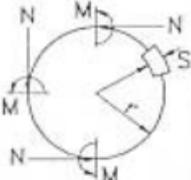
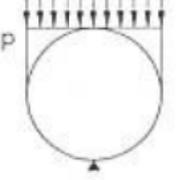
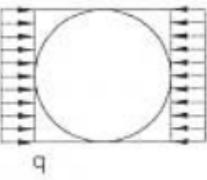
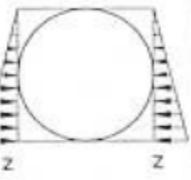
Il tombino di progetto sarà posizionato all'interno della condotta Armco esistente, di diametro maggiore, e verrà calottato mediante pompaggio nell'interspazio tra le due tubazioni con calcestruzzo avente le seguenti caratteristiche:

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Classe di resistenza:</li> <li>- Resistenza caratt. a compress. cilindrica: (DM 14.01.2008 p.to 11.2.10.1)</li> <li>- Resistenza media a trazione semplice: (DM 14.01.2008 p.to 11.2.10.2)</li> <li>- Modulo d'elasticità: (DM 14.01.2008 p.to 11.2.10.3)</li> <li>- Resistenza di calcolo a compressione: (DM 14.01.2008 p.to 4.1.2.1)</li> <li>- Resistenza di calcolo a trazione: (DM 14.01.2008 p.to 4.1.2.1)</li> <li>- Tensione massima per cmb. rara: (DM 14.01.2008 p.to 4.1.2.2.5)</li> <li>- Tensione massima per cmb. quasi perm.: (DM 14.01.2008 p.to 4.1.2.2.5)</li> </ul> | <p>C25/30 (<math>R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2</math>)</p> <p><math>f_{ck} = 24.90 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>f_{ctm} = 2.56 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>E_{cm} = 31447.16 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>f_{cd} = 14.11 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>f_{ctd} = 1.19 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>\sigma_{c,rara} = 14.94 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>\sigma_{c,q,perm} = 11.21 \text{ N/mm}^2</math></p> |
|--|---|

## 4.2 Analisi e verifica del nuovo tombino Armco TP27

### 4.2.1 Verifica in fase di getto

Per il calcolo della tubazione si considerano le azioni prodotte dal getto di calcestruzzo non ancora maturato nello spazio interposto fra nuovo e vecchio tombino circolare metallico. L'altezza massima del getto sopra il nuovo tombino è circa 1.50m. La presenza di tale getto determina le sollecitazioni sul tubo calcolate nelle tre sezioni principali: sezione verticale superiore, inferiore e orizzontale mediana.

	A	B	C	D	E
	PESO PROPRIO	CARICO RIPARTITO SUPERIORE	CARICO RIPARTITO LATERALE	CARICO TRIANGOLARE LATERALE	REAZIONE RADIALE COSTANTE SETTORE $2\varphi_0 = 60^\circ$
SCHEMA					
SEZIONE VERTICALE SUPERIORE	$M = \frac{1}{2} \gamma_1 sr^2$ $N = -\frac{1}{2} \gamma_1 sr$	$M = (\frac{4}{3\pi} - \frac{1}{8})pr^2 = 0.29941 pr^2$ $N = -\frac{1}{3\pi} pr = -0.10610 pr$	$M = -\frac{1}{4} qr^2$ $N = qr$	$M = -\frac{5}{48} zr^2 = -0.10417 zr^2$ $N = \frac{5}{16} zr = 0.31250 zr$	(Q=reazione totale) $M = -0.0073038 Qr$ $N = 0.014817 Q$
SEZIONE ORIZZONTALE MEDIANA	$M = -\frac{\pi-2}{2} \gamma_1 sr^2 = -0.57080 \gamma_1 sr^2$ $N = \frac{\pi}{2} \gamma_1 sr = 1.57080 \gamma_1 sr$	$M = (\frac{1}{\pi} - \frac{5}{8})pr^2 = -0.30669 pr^2$ $N = pr$	$M = \frac{1}{4} qr^2$ $N = 0$	$M = \frac{1}{8} zr^2 = 0.125 zr^2$ $N = 0$	$M = 0.0075118 Qr$ $N = 0$
SEZIONE VERTICALE INFERIORE	$M = \frac{3}{2} \gamma_1 sr^2$ $N = \frac{1}{2} \gamma_1 sr$	$M = (\frac{2}{3\pi} + \frac{3}{8})pr^2 = 0.58721 pr^2$ $N = \frac{1}{3\pi} pr = 0.10610 pr$	$M = -\frac{1}{4} qr^2$ $N = qr$	$M = -\frac{7}{48} zr^2 = -0.14583 zr^2$ $N = \frac{11}{16} zr = 0.68750 zr$	$M = -0.11165 Qr$ $N = 0.11916 Q$

Di seguito si riportano le sollecitazioni che si determinano nel tubo scomponendole e sovrapponendo gli effetti come evidenziato nella tabella soprastante:

- Peso della tubazione;
  - $\gamma_{tubo} = 78.50 \text{ kN/m}^3$
  - $R = 1000 \text{ mm}$
  - $s = 3 \text{ mm}$
- Carico ripartito superiore;
  - $\gamma_{cls} = 25.00 \text{ kN/m}^3$

- $H=1.50\text{m}$
- $p=37.50\text{ kN/m}^2$
- Carico ripartito laterale corrispondente alla parte rettangolare del diagramma di spinta (pressione dovuta al calcestruzzo);
  - $q=37.50\text{ kN/m}^2$
- Carico triangolare laterale, corrispondente alla parte triangolare del diagramma di spinta (pressione dovuta al calcestruzzo);
  - $z=50.00\text{ kN/m}^2$
- Reazione radiale costante in un settore corrispondente ad un angolo al centro di  $60^\circ$  in funzione del carico  $Q$ , pari alla somma di tutti i carichi verticali agenti sulla tubazione.
  - $Q=75.02\text{ kN}$

Le sollecitazioni massime si ottengono sulla sezione verticale inferiore, pari a:

$$M_{Ed}=7.81\text{ kNm}$$

$$N_{Ed}=100.56\text{ kN}$$

Le caratteristiche geometriche della sezione del tubolare ARMCO T200 sono le seguenti:

$$A=35.40\text{cm}^2\text{ per metro di tubo}$$

$$W=46.77\text{cm}^3\text{ per metro di tubo}$$

Da cui deriva la sollecitazione massima

$$s=138.67\text{ N/mm}^2 < f_y=223.81\text{ N/mm}^2$$

**VERIFICATO**

#### 4.2.2 Verifica in fase finale

Un volta maturato il getto in calcestruzzo, il tombino presenta una sezione composta dal tubo ARMCO in acciaio, dal ricoprimento in calcestruzzo del nuovo tubo e dal tubo esistente sempre in acciaio.

In favore di sicurezza si considera come sezione resistente il solo nuovo tubo e uno strato in calcestruzzo collaborante di 50cm.

Di seguito si riportano le sollecitazioni che si determinano nel tubo scomponendole e sovrapponendo gli effetti come evidenziato nella tabella al punto precedente.

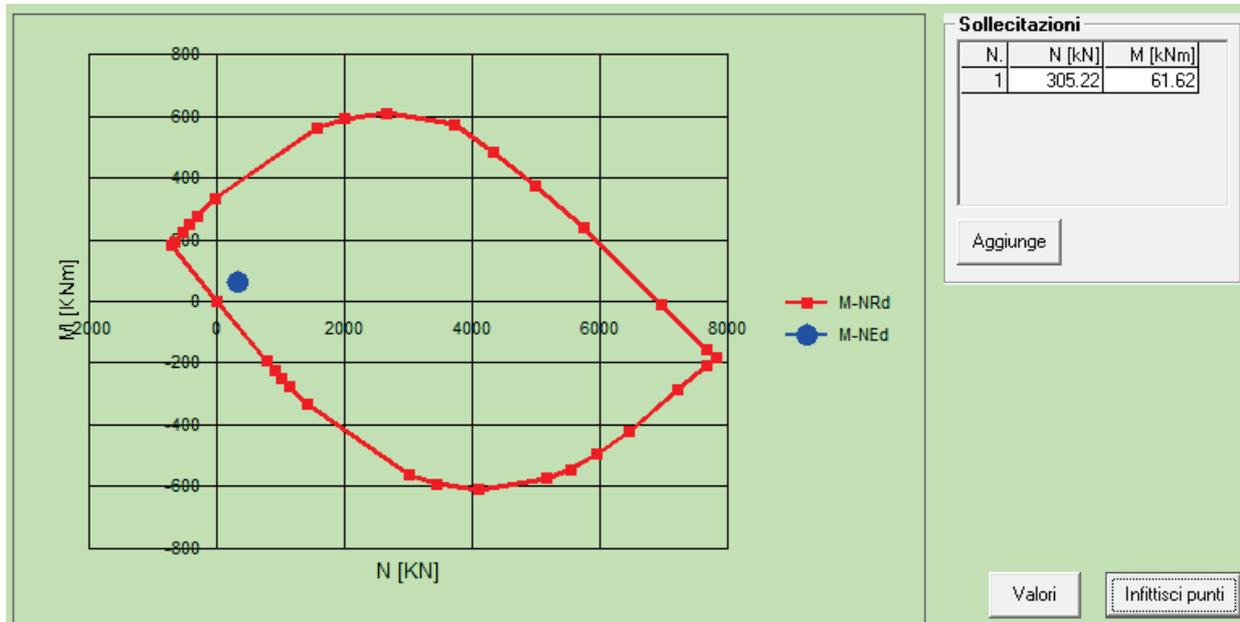
- Peso della tubazione;
  - $\gamma_{\text{tubo}}=25.00 \text{ kN/m}^3$
  - $R=1250\text{mm}$
  - $s=500\text{mm}$
- Carico verticale p;
  - Peso del terreno sovrastante;
    - $\gamma_t=20.00 \text{ kN/m}^3$
    - $H=7.00\text{m}$
    - $p_1=140.00 \text{ kN/m}^2$
  - Carico accidentale stradale uniformemente distribuito di intensità pari a  $q=20 \text{ kN/mq}$  diffuso all'interno del rilevato con angolo di diffusione pari a  $35^\circ$  e con sovrapposizione delle pressioni derivanti da tutte le impronte (è stato assunto lo stesso sovraccarico impiegato per i dimensionamenti in fase di PEA; si veda a tal proposito la relazione PTSORT01\_31\_4137, cui si rimanda per maggiori dettagli);
    - $q=0.46 \text{ kN/m}^2$
  - $p=p_1+q=140.46 \text{ kN/m}^2$
- Carico ripartito laterale corrispondente alla parte rettangolare del diagramma di spinta (pressione dovuta al terreno del rilevato e al carico accidentale considerando un angolo di attrito del terreno di  $24^\circ$ );
  - $q=84.77 \text{ kN/m}^2$
- Carico triangolare laterale, corrispondente alla parte triangolare del diagramma di spinta (pressione dovuta al terreno del rilevato e al carico accidentale considerando un angolo di attrito del terreno di  $24^\circ$ );
  - $z=35.60 \text{ kN/m}^2$
- Reazione radiale costante in un settore corrispondente ad un angolo al centro di  $60^\circ$  in funzione del carico Q, pari alla somma di tutti i carichi verticali agenti sulla tubazione.
  - $Q=526.82 \text{ kN}$

I carichi vengono combinati adottando i coefficienti moltiplicativo  $\gamma_g=1.35$  e  $\gamma_q=1.35$ .

Le caratteristiche di sollecitazioni agenti sulla sezione verticale inferiore risultano pari a:

$M_{Ed}=61.62$  kNm

$N_{Ed}=305.22$  kN



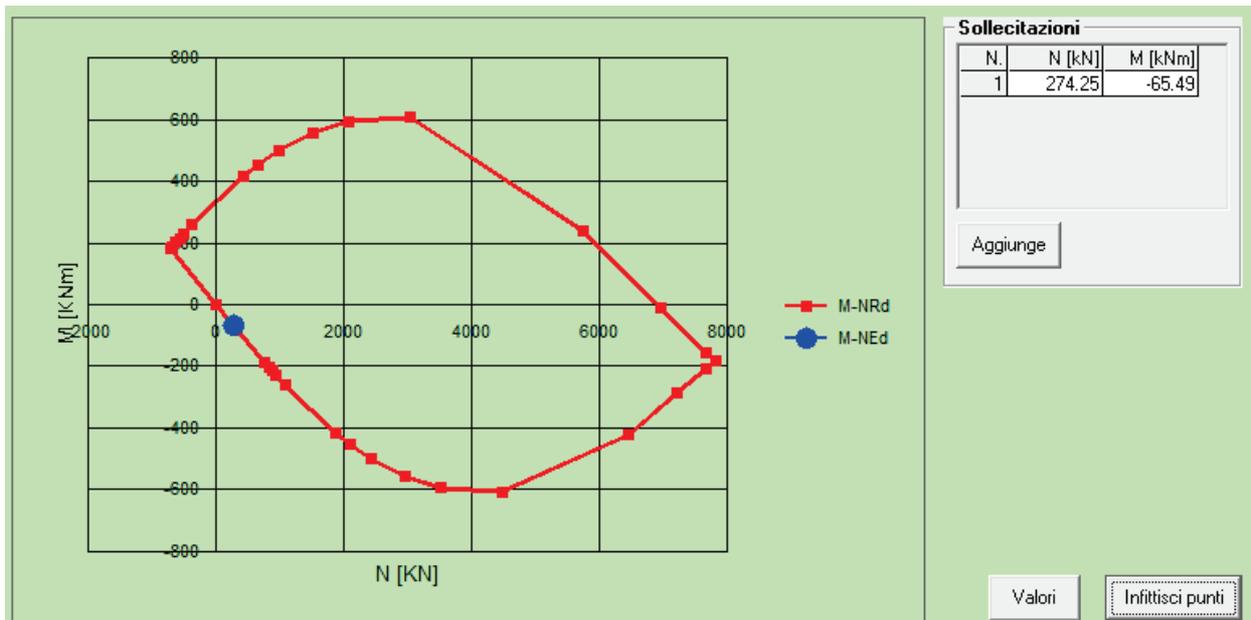
$M_{Rd}(N_{Ed})=399.50$  kNm

**VERIFICATO**

Le caratteristiche di sollecitazioni agenti sulla sezione orizzontale mediana risultano pari a:

$M_{Ed}=-65.49$  kNm

$N_{Ed}=274.25$  kN



$M_{Rd}(N_{Ed})=-68.55$  kNm

**VERIFICATO**

## **5 CONCLUSIONI**

Sulla base di tutto quanto sopraesposto, si può affermare che la soluzione tecnica messa in campo per la messa in sicurezza del tombino esistente TP27, coniuga la garanzia di efficacia assieme ai ridotti tempi di esecuzione e si attesta altresì che la predisposizione della tubazione Armco disponibile in cantiere, di diametro pari a 2020mm, risulta idraulicamente compatibile con le portate di progetto e strutturalmente adeguata a sostenere con ampi margini di sicurezza i carichi trasmessi dal rilevato stradale sovrastante.