



### Il Commissario Straordinario

per la progettazione, l'affidamento e la realizzazione degli interventi necessari all'adeguamento dei sistemi di collettamento, fognatura e depurazione oggetto di provvedimento di condanna della Corte di Giustizia dell'Unione Europea in ordine all'applicazione della Direttiva 91/271/CEE sul trattamento delle acque reflue urbane

(art. 7, comma 7 del D.L. 133/2014, convertito con modificazioni dalla L. 11 novembre 2014 n. 164)

**D.P.C.M. 1 Aprile 2016 - DELIBERA CIPE 60/2012 - ID 33497**

## COMUNE DI CASTELVETRANO SISTEMA FOGNARIO PER ACQUE NERE A SERVIZIO DELLA FRAZIONE DI TRISCINA E COLLEGAMENTO AL DEPURATORE COMUNALE IN VIA ERRANTE VECCHIA

### PROGETTO ESECUTIVO

PROGETTAZIONE A.T.I.  
CAPOGRUPPO



**CONCISE CONSORZIO STABILE**  
società consortile per azioni

Via Del Maglio 4C  
33107 - Pordenone (PN)  
Tel. 0434.241.775  
Web : www.consorziocconcise.com

MANDANTI



Dott. Geol. F. Miragliotta  
Dott. Geol. M. Rizzo

SOCIETA' INDICATE

PROGETTISTA :

Dott. Ing. Corrado Petris



Via G.B. Dall'Armi 27/3  
30027 - San Donà di Piave (VE)  
Tel. 0421.307.700  
Web : www.ingegneria2p.it



Piazzale della Stazione, 7  
35131 - Padova (PD)  
Tel. 0498.763.888  
Web: www.hmr.it

**ENG TEAM & PARTNERS S.P.A.** Via Del Maglio 4B  
33170 - Pordenone (PN)  
Tel. 0434.247.736  
Web: www.engteam.it



(STRUTTURA OPERATIVA)



**SOGESID**

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

TITOLO ELABORATO:

## RELAZIONI SPECIALISTICHE RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DEI BLOCCHI DI ANCORAGGIO



SCALA:

N. DOCUMENTO:

ANNO

N°COMMESSA

TIPOLOGIA

N. ELABORATO

FASE

REVISIONE

1

4

0

2

3

R

E

0

8

E

2

REV.	DATA	OGGETTO REVISIONE	REDAZIONE	VERIFICA	CONTROLLO
1	OTT 2015	RECEPIMENTO OSSERVAZIONI VALIDATORE	N.B.	C.P.	
2	NOV 2016	AGGIORNAMENTO NORMATIVO	N.B.	C.P.	

**SISTEMA FOGNARIO PER ACQUE NERE A SERVIZIO DELLA FRAZIONE DI TRISCINA E  
COLLEGAMENTO AL DEPURATORE COMUNALE IN VIA ERRANTE VECCHIA**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DEI BLOCCHI DI  
ANCORAGGIO**

**Indice**

<b>1. INTRODUZIONE.....</b>	<b>2</b>
1.1. Generalità.....	2
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>2</b>
<b>1. METODI DI CALCOLO E VERIFICA.....</b>	<b>4</b>
1.1. Metodi di calcolo.....	4
1.2. Metodo di verifica .....	4
<b>2. PRESCRIZIONI SUI MATERIALI.....</b>	<b>4</b>
2.1. Calcestruzzo.....	4
2.2. Acciaio in barre per getti in calcestruzzo armato.....	4
2.3. Acciaio da carpenteria .....	4
2.3.1. Tubi .....	4
2.3.2. Restante carpenteria .....	5
<b>3. BLOCCHI .....</b>	<b>5</b>
3.1. Generalità .....	5
3.2. Caratteristiche della condotta .....	5
3.3. Caratteristiche della deviazione.....	6
3.4. Caratteristiche dei materiali .....	7
3.4.1. Acciaio.....	7
3.4.2. Acqua .....	7
3.4.3. Calcestruzzo .....	7
3.4.4. Terreno.....	7
3.5. Caratteristiche di sollecitazione .....	8
3.5.1. Pressione di calcolo .....	8
3.5.2. Sovrappressione conseguente alle prove idrauliche in posto .....	8
3.5.3. Portata.....	8
3.5.4. Salto termico .....	8
3.6. Caratteristiche del blocco .....	8
3.7. Calcolo delle sollecitazioni.....	9
3.7.1. Generalità.....	9
3.7.2. Combinazioni .....	10
3.7.3. Variazione termica positiva .....	10
3.7.4. Variazione termica negativa .....	10
3.8. Verifiche di necessità del blocco.....	11
3.9. Verifiche del blocco, se necessarie .....	12
<b>3. FOGLI DI CALCOLO PER LA VERIFICA DEI BLOCCHI.....</b>	<b>13</b>
3.1. Deviazione planimetrica 11,25° .....	14
3.2. Deviazione planimetrica 22,50° .....	16
3.3. Deviazione planimetrica 45° .....	18
3.4. Deviazione planimetrica 90° .....	20

## 1. INTRODUZIONE

### 1.1. Generalità

Oggetto della presente relazione è il dimensionamento dei blocchi di ancoraggio per la nuova condotta premente che dall'impianto di sollevamento S1 recapita i reflui al depuratore comunale di Castelvetro.

Caratteristiche:

- Diametro condotta: 429 mm (DN 400);
- Spessore condotta: 6,5 mm;
- Materiale condotta: ghisa;
- Portata massima: 103 l/s;
- Pressione di esercizio: 100 m di colonna d'acqua  $\approx$  10 atm;
- Sovrapressione dovuta a colpo di ariete: 40 m di colonna d'acqua  $\approx$  4 atm.

I blocchi verranno posizionati in corrispondenza delle curve planimetriche del percorso.

Non sono previste curve piano altimetriche.

Le curve planimetriche hanno deviazioni di 11.25, 22.50, 45.00 e 90.00 gradi.

Tutti i blocchi si considerano di default (e comunque a favore di sicurezza) coperti da uno strato di terreno spesso 1,25 m.

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni."
- CIRC.M. 02/02/2009 "Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni» di cui al D.M. 14/01/2008."
- UNI ENV: Eurocodici 1,2,3,4,5,6,7,8.
- UNI-EN 206-1:2006 "Calcestruzzo-Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità."
- UNI-EN 11104:2004 "Calcestruzzo-Specificazione, prestazione, produzione e conformità-Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1."
- UNI-EN 197-1:2007 "Cemento-Parte 1: Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni."
- UNI-EN ISO 898-1:2009 "Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio - Parte 1: Viti e viti prigioniere con classi di resistenza specificate - Filettature a passo grosso e a passo fine."
- UNI 3740-1:2009 "Elementi di collegamento filettati di acciaio - Prescrizioni tecniche – Generalità.;"
- ORD.PR.C.MM. 20/03/2003 N° 3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica."
- ORD.PR.C.MM. 10/10/2003 N° 3316 "Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri N° 3274 del 20 marzo 2003."
- ORD.PR.C.MM. 03/05/2005 N° 3431 "Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri N° 3274 del 20 marzo 2003, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica»."

- D.M. 09/01/1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche."
- D.M. 16/01/1996 "Norme tecniche relative ai «Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi»."
- D.M. 16/01/1996 " Norme tecniche relative alle costruzioni in zone sismiche."
- CIRC.M. 04/07/1996 "Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche» di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996."
- CIRC.M. 04/07/1996 "Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi» di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996."
- D.M. 14/02/1992 "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche."
- CIRC.M. 24/06/1993: "Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche di cui al D. M. 14/02/1992."
- L. 05/11/1971 n. 1086: "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica."
- L. 02/02/1974 n. 64: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche."
- CNR 10025/84 "Istruzioni per il progetto, l'esecuzione e il controllo delle strutture prefabbricate in conglomerato cementizio e per le strutture costruite con sistemi industrializzati."
- CNR-UNI 10012/85: "Istruzioni per la valutazione delle azioni sulle costruzioni."
- CIRC. M. 12/12/1985: "Norme tecniche relative alle tubazioni."
- CNR-UNI 10024/86: "Analisi di strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo."
- D.M. 03/12/1987: "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate."
- D.M. 11/03/1988: "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione."
- CNR-UNI 10011/88: "Costruzioni in acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione."
- CIRC.M. 04/05/1990: "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, la esecuzione e il collaudo dei ponti stradali."
- CIRC. M. 12/12/1985: "Norme tecniche relative alle tubazioni."

## 1. METODI DI CALCOLO E VERIFICA

### 1.1. Metodi di calcolo

L'analisi della struttura è stata compiuta cogli usuali schemi propri della scienza e della tecnica delle costruzioni, nel rispetto del vigente regolamento italiano.

### 1.2. Metodo di verifica

Si adotta il metodo delle tensioni ammissibili contenuto nel D.M. 14/02/1992, come permesso dal comma 2 dell'art.1 del D.M. 09/01/1996, colle eccezioni specificate al comma 1 del punto 4 della Parte Generale dello stesso.

## 2. PRESCRIZIONI SUI MATERIALI

Per l'esecuzione dell'opera e la verifica delle opere esistenti su cui andrà a gravare, saranno utilizzati i materiali di seguito indicati insieme alle relative caratteristiche meccaniche, come previsto dal Regolamento Italiano per la progettazione con il metodo delle tensioni ammissibili.

### 2.1. Calcestruzzo

Si adotta un calcestruzzo di classe:

$$R_{ck} = 200 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 255000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_c = 72.50 \text{ kg/cm}^2$$

tensione ammissibile a taglio non richiedente dimensionamento dell'apposita armatura:

$$\tau_{c0} = 4.67 \text{ kg/cm}^2$$

tensione ammissibile a taglio richiedente dimensionamento dell'apposita armatura:

$$\tau_{c1} = 15.43 \text{ kg/cm}^2$$

tensione ammissibile di aderenza per barre ad aderenza migliorata:

$$\tau_b = 14 \text{ kg/cm}^2$$

### 2.2. Acciaio in barre per getti in calcestruzzo armato

Si adottano barre ad aderenza migliorata d'acciaio Fe B44k:

$$E_s = 2060000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_s = 2550 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = 15$$

### 2.3. Acciaio da carpenteria

#### 2.3.1. Tubi

Si adotta per i tubi un acciaio di tipo Fe 510 C; condizione di carico I, spessore  $\leq 40$  mm:

$$\sigma_{adm,I} = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{adm,I} = 1386 \text{ kg/cm}^2$$

condizione di carico II, spessore  $\leq 40$  mm:

$$\sigma_{adm,II} = 2700 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{adm,II} = 1559 \text{ kg/cm}^2$$

### 2.3.2. Restante carpenteria

Si adotta per le restanti opere di carpenteria metallica un acciaio di tipo Fe 360 C; condizione di carico I, spessore  $\leq 40$  mm:

$$\sigma_{adm,I} = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{adm,I} = 92 \text{ kg/cm}^2$$

condizione di carico II, spessore  $\leq 40$  mm:

$$\sigma_{adm,II} = 1800 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{adm,II} = 104 \text{ kg/cm}^2$$

## 3. BLOCCHI

### 3.1. Generalità

Nel presente capitolo vengono compiute le verifiche statiche relative ai blocchi d'ancoraggio, utilizzando la simbologia dei fogli di calcolo in allegato, ai quali si rimanda per tutti i valori relativi alle condotte in esame. In tali fogli vengono compiute tutte le verifiche ed adottate tutte le formule descritte in seguito, notando che i dati d'ingresso sono quelli segnati in grassetto.

Vengono analizzati i vari carichi che sollecitano la condotta, le combinazioni degli stessi e le tensioni ammissibili con le quali compiere le verifiche.

### 3.2. Caratteristiche della condotta

Nei calcoli si è tenuto conto del diametro nominale o interno della condotta:

$$DN$$

e dello spessore:

$$s$$

da cui derivano il diametro esterno:

$$D = DN + 2s$$

l'area unitaria di sezione normale della condotta:

$$A_{sez} = \pi \frac{D^2 - DN^2}{4}$$

il relativo peso proprio unitario:

$$q = A_{sez} \gamma_{acciaio}$$

e la sezione liquida a condotta riempita

$$A = \pi \frac{DN^2}{4}$$

### 3.3. Caratteristiche della deviazione

La generatrice superiore esterna della condotta ha sopra d'essa un ricoprimento alto:

$$H$$

dal quale si ricava la profondità di scorrimento, ossia la profondità dal piano di campagna alla quale si trova la generatrice inferiore esterna della condotta:

$$H_f = H + D$$

Qualora la condotta non sia interrata, o nei casi nei quali si debba tener conto del blocco per reggere la condotta, si stabiliscono le lunghezze della stessa competenti al blocco in esame tanto a monte:

$$L_m$$

quanto a valle dello stesso:

$$L_v$$

S'introducono poi l'angolo planimetrico fra le condotte:

$$\delta$$

e le livellette, (in pendenza percentuale) tanto a monte:

$$i_m$$

che a valle della condotta:

$$i_v$$

colla convenzione che a pendenza negativa corrisponde livelletta negativa, sicché per trasformare queste in angoli della condotta rispetto all'orizzontale, stabilendo come orario il segno positivo si ha, rispettivamente, per l'angolo fra l'orizzontale e la condotta a monte del blocco:

$$\alpha = -\arctg\left(\frac{i_m}{100}\right)$$

e per quello fra l'orizzontale e la condotta a valle dello stesso:

$$\gamma = -\arctg\left(\frac{i_v}{100}\right)$$

utilizzando i gradi, si viene a stabilire allora l'angolo verticale fra le condotte come:

$$\beta = 180^\circ - \gamma + \alpha$$

Per le verifiche, infine, s'introducono i coefficienti di sicurezza a sollevamento:

$$k_{soll}$$

ed a scorrimento:

$$k_{scorr}$$

mentre per lo schiacciamento si limita la pressione d'imposta, calcolata più avanti, ad essere minore od uguale alla tensione ammissibile del terreno di posa.

### **3.4. Caratteristiche dei materiali**

#### **3.4.1. Acciaio**

Per il peso proprio della tubazione si adotta il valore di normativa del peso specifico dell'acciaio, pari a:

$$\gamma_{\text{acciaio}} = 7850 \text{ kg/m}^3$$

il modulo d'elasticità dell'acciaio vale:

$$E = 2100000 \text{ kg/cm}^2$$

il coefficiente di dilatazione termica è pari a:

$$\alpha_{\Delta t} = 0.000012 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

il coefficiente di Poisson vale:

$$\nu = 0.3$$

#### **3.4.2. Acqua**

Per il calcolo della spinta dell'acqua contenuta nella condotta, , utilizzando i chilogrammi-massa, la densità dell'acqua vale:

$$\rho_{\text{acqua}} = 102 \text{ kg/m}^3$$

per il calcolo del peso dell'acqua nella condotta, si adotta il valore del peso specifico dell'acqua, pari a:

$$\gamma_{\text{acqua}} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

#### **3.4.3. Calcestruzzo**

Per il peso proprio del blocco, si adotta il valore di normativa del peso specifico del calcestruzzo non armato, pari a:

$$\gamma_{\text{calcestruzzo}} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

#### **3.4.4. Terreno**

Sulla base delle prospezioni geologiche effettuate, si adotta per la modellazione un terreno dalle seguenti caratteristiche: peso specifico pari a:

$$\gamma_{\text{terreno}}$$

angolo di attrito interno:

$$\varphi$$

per i calcoli si considera sempre che le spinte mobilizzino la spinta attiva del terreno; difatti la posizione che le spinte mobilizzano la spinta passiva risulta non realistica per due motivi: il primo è che la forza necessaria a mobilizzarla dovrebbe comportare la rottura del terreno, quindi una notevole compressione, ossia spostamento, dello stesso, inaccettabile per il buon funzionamento della condotta; il secondo è che la condotta viene posata in una trincea che, se non è sostenuta da palancole o pareti sbadacchiate, è scavata a scarpa e poi riempita da materiale opportunamente costipato: in entrambe queste condizioni è lecitamente supponibile che le superfici di mobilizzazione delle spinte siano prossime a quelle di spinta attiva, senza essere per questo troppo cautelative; com'è noto, poi, il coefficiente di spinta si calcola tramite la relazione:

$$k_a = \text{tg}^2 \left( \frac{90^\circ - \varphi}{2} \right)$$

Il coefficiente d'attrito fra terreno è calcestruzzo vale:

$$f$$

Per la tensione ammissibile del terreno si adotta il valore di:



$\sigma_t$

### 3.5. Caratteristiche di sollecitazione

#### 3.5.1. Pressione di calcolo

Dalle verifiche idrauliche a moto vario presentate nella relazione idraulica la pressione interna massima d'esercizio risulta pari a:

$p_e$

la sovrappressione dovuta al colpo d'ariete risulta pari a:

$\Delta p$

quindi la pressione di calcolo è data dalla seguente formula:

$$p_{calc} = p_e + \Delta p$$

#### 3.5.2. Sovrappressione conseguente alle prove idrauliche in posto

La pressione di prova in posto (ai sensi del Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 12.12.1985 "Norme tecniche relative alle tubazioni") corrisponde al massimo valore fra 1.5 volte la pressione d'esercizio (in atmosfere), e la stessa maggiorata di 2 atm, per cui si ha:

$$p_{coll} = \text{MAX} (1.5 p_{calc}; p_{calc} + 2 \text{ atm})$$

#### 3.5.3. Portata

In base alla portata di calcolo:

$Q$

Viene calcolata la velocità dell'acqua nella condotta:

$$v = \frac{Q}{A}$$

#### 3.5.4. Salto termico

Qualora la condotta sia scoperta, o qualora si voglia tener conto delle dilatazioni termiche che possono sollecitare il blocco ed eventualmente il tratto di condotta tra due blocchi a carico di punta, è possibile introdurre un salto termico di progetto (in gradi centigradi):

$\Delta t$

### 3.6. Caratteristiche del blocco

Si suppone, per generalizzare quanto possibile il calcolo, l'adozione di un blocco prismatico retto a base trapezia isoscele, la cui base maggiore:

$B$

si trovi posta all'estradosso del gomito, quella minore:

$b$

ovviamente all'intradosso, la distanza delle stesse sia pari ad:

$h_1$

mentre l'altezza del blocco sia pari ad:

$$h_2$$

infine, la generatrice inferiore esterna della condotta dista dall'imposta del blocco:

$$h_{imp}$$

Si può allora calcolare la distanza fra il piano di campagna e la sommità del blocco:

$$H_{sup} = H_f + h_{imp} - h_2$$

Il volume del blocco, depurato della condotta:

$$V_b = \frac{B+b}{2} h_1 h_2 - \frac{B+b}{2} \pi \frac{D^2}{4}$$

Da cui si ricava il peso del blocco per le verifiche, pari a quello del volume netto del calcestruzzo, del tratto di condotta contenutavi e dell'acqua che riempie questo tratto:

$$P_b = V_b \gamma_{calcestruzzo} + (q + A \gamma_{acqua}) \frac{B+b}{2}$$

questo peso si deve opporre al sollevamento (eventuale), nonché allo scorrimento, per quest'ultimo caso va calcolata la forza ammissibile resistente, pari al peso sopra calcolato, depurato della reazione al sollevamento per il suo coefficiente di sicurezza, moltiplicato per il coefficiente d'attrito:

$$R_{att,b} = (P_b - V_{min} k_{soll}) \cdot f$$

qualora questa reazione fosse insufficiente, al movimento del blocco si oppone anche la spinta attiva della parete d'estradosso della curva:

$$R_{lat,b} = \gamma_{terreno} k_a \frac{H_{sup} + (H_f + h_{imp})}{2} h_2 B$$

con questi valori si effettuano le verifiche sotto riportate.

### 3.7. Calcolo delle sollecitazioni

#### 3.7.1. Generalità

Le sollecitazioni che sollecitano i gomiti vengono calcolate di seguito, stabilendo che abbiano come direzione quella dell'asse della condotta e verso positivo se escono dal nodo; si hanno le quattro sollecitazioni elementari sotto descritte e calcolate.

Spinta idrodinamica sul gomito:

$$F_1 = p_{coll} A + p_{acqua} Q V$$

Componente assiale del peso proprio della condotta nel tratto a monte del blocco:

$$F_{2,m} = i_m q \sin \alpha$$

e nel tratto a valle:

$$F_{2,v} = - i_v q \sin \gamma$$

Dilatazione termica impedita (sia positiva che negativa):

$$F_3 = \pm \Delta t \alpha_{\Delta t} E A_{sez}$$

Effetto Poisson:

$$F_4 = - \frac{p_{coll} DN}{2 s} v A_{sez}$$

### 3.7.2. Combinazioni

I carichi sopra descritti sollecitano il gomito secondo due combinazioni: l'una che considera la variazione termica positiva, l'altra quella negativa, venendo così ad avere due combinazioni, ciascuna delle quali calcolata per la sezione a monte e quella a valle del gomito; dei segni delle forze s'è già tenuto conto nelle formule sopra riportate.

### 3.7.3. Variazione termica positiva

Risultante di monte:

$$R_{m,p} = F_1 + F_{2,m} + F_3 + F_4$$

sua componente orizzontale:

$$O_{m,p} = R_{m,p} \cos \alpha$$

sua componente verticale (positiva verso il basso):

$$V_{m,p} = R_{m,p} \sin \alpha$$

Risultante di valle:

$$R_{v,p} = F_1 + F_{2,v} + F_3 + F_4$$

sua componente orizzontale:

$$O_{v,p} = R_{v,p} \cos \gamma$$

sua componente verticale (positiva verso il basso):

$$V_{v,p} = - R_{v,p} \sin \gamma$$

Risultante orizzontale:

$$O_p = \sqrt{O_{m,p}^2 + 2 O_{m,p} O_{v,p} \cos \delta + O_{v,p}^2}$$

Risultante verticale:

$$V_p = V_{m,p} + V_{v,p}$$

### 3.7.4. Variazione termica negativa

Risultante di monte:

$$R_{m,n} = F_1 + F_{2,m} - F_3 + F_4$$

sua componente orizzontale:

$$O_{m,n} = R_{m,n} \cos \alpha$$

sua componente verticale (positiva verso il basso):

$$V_{m,n} = R_{m,n} \sin \alpha$$

Risultante di valle:

$$R_{v,n} = F_1 + F_{2,v} - F_3 + F_4$$

sua componente orizzontale:

$$O_{v,n} = R_{v,n} \cos \gamma$$

sua componente verticale (positiva verso il basso):

$$V_{v,n} = - R_{v,n} \sin \gamma$$

Risultante orizzontale:

$$O_n = \sqrt{O_{m,n}^2 + 2 O_{m,n} O_{v,n} \cos \delta + O_{v,n}^2}$$

Risultante verticale:

$$V_n = V_{m,n} + V_{v,n}$$

### 3.8. Verifiche di necessità del blocco

Il blocco può essere necessario per contrastare il sollevamento del gomito, per ripartire il carico sul terreno o per impedire la traslazione orizzontale dello stesso; per la prima verifica è necessario conoscere se fra le due risultanti verticali ce ne siano di negative, e fra queste trovare la minima:

$$V_{\min} = \min(V_p; V_n)$$

questo valore va confrontato con il peso della terra che grava sopra il cielo della condotta, su una superficie d'impronta pari alla proiezione orizzontale della stessa per una lunghezza di due diametri, sommato al peso proprio della condotta e dell'acqua contenutavi per un tratto di uguale lunghezza:

$$P_{adm} = 2 D (D H \gamma_{\text{terreno}} + A \gamma_{\text{acqua}} + q)$$

Si deve verificare che:

$$k_{\text{calc, soll}} = \frac{P_{adm}}{-V_{\min}} \geq k_{\text{soll}}$$

altrimenti è necessario dimensionare il blocco a sollevamento.

Per la seconda verifica è necessario conoscere se fra le due risultanti verticali ce ne siano di positive, e fra queste trovare la massima:

$$V_{\max} = \max(V_p; V_n)$$

questo valore va confrontato con la reazione ammissibile d'impronta, che è pari al prodotto della tensione ammissibile del terreno per una superficie d'impronta pari alla proiezione orizzontale della stessa per una lunghezza di dodici diametri (si suppone lecito considerare una lunghezza d'influenza della spinta sulla condotta, considerata come trave su suolo elastico, pari a cinque diametri per parte oltre ai due diametri di effettiva ampiezza del gomito):

$$V_{adm} = 12 D D \sigma_t$$

Si deve verificare che:

$$k_{\text{calc, schiacc}} = \frac{V_{adm}}{V_{\max}} \geq 1$$

altrimenti è necessario dimensionare il blocco a schiacciamento del terreno.

Per la terza verifica è necessario trovare la massima risultante orizzontale:

$$O = \text{MAX}(O_p; O_n)$$

questo valore va confrontato con la reazione ammissibile laterale, supposta pari al prodotto della spinta attiva del terreno sulla proiezione verticale della condotta per una lunghezza di dodici diametri (si suppone lecito considerare una lunghezza d'influenza della spinta sulla condotta come sopra già descritta, visto che sicuramente in una lunghezza del genere si sviluppa tale spinta):

$$O_{adm} = 12 D \gamma_{\text{terreno}} k_a \frac{H + H_f}{2} D$$

Si deve verificare che:

$$k_{\text{calc,scorr}} = \frac{O_{adm}}{O} \geq k_{\text{scorr}}$$

altrimenti è necessario dimensionare il blocco a scorrimento.

### **3.9. Verifiche del blocco, se necessarie**

Qualora fosse necessaria la verifica a schiacciamento del terreno, si calcola la pressione massima dello stesso, ottenuta ripartendo l'eventuale risultante verticale massima per la superficie d'impronta del blocco:

$$\sigma_{t,max} = \frac{V_{max} + P_b}{\frac{B + b}{2} h_1}$$

dev'essere:

$$\sigma_{t,max} \leq \sigma_t$$

Qualora fosse necessaria la verifica a sollevamento del blocco, utilizzando il peso netto del blocco, sopra calcolato, si deve verificare che:

$$k_{\text{calc,soll,bl}} = \frac{P_{adm}}{-V_{min}} \geq k_{soll}$$
$$0.8 f_{tk}$$

Qualora, infine, fosse necessaria la verifica a scorrimento, si compie prima quella per solo attrito resistente, utilizzando la reazione ammissibile per attrito, sopra calcolata, si deve verificare che:

$$k_{\text{calc,scorr,bl,attr}} = \frac{R_{att,b}}{O} \geq k_{\text{scorr}}$$

se questa non fosse verificata, si compie quella per attrito resistente e reazione orizzontale, utilizzando la reazione ammissibile per attrito e quella per spinta laterale, sopra calcolate, si deve verificare che:

$$k_{\text{calc,scorr,bl,lat}} = \frac{R_{att,b} + R_{lat,b}}{O} \geq k_{\text{scorr}}$$

### 3. FOGLI DI CALCOLO PER LA VERIFICA DEI BLOCCHI



### 3.1. Deviazione planimetrica 11,25°

#### Caratteristiche della condotta

DN =	400	mm	Diametro nominale
s =	6.5	mm	Spessore
D =	41.30	cm	Diametro esterno
s =	0.65	cm	Spessore
A <sub>sez</sub> =	83.01	cm <sup>2</sup>	Sezione condotta
q =	65	kg/m	Peso unitario
A =	0.1257	m <sup>2</sup>	Sezione interna

#### Caratteristiche della deviazione

H =	1.25	m	Altezza di ricoprimento
H <sub>f</sub> =	1.66	m	Profondità di scorrimento
L <sub>m</sub> =	0.00	m	Lunghezza di condotta competente alla deviazione a monte della stessa
L <sub>v</sub> =	0.00	m	Lunghezza di condotta competente alla deviazione a valle della stessa
i <sub>m</sub> =	0.00	%	Livellina a monte della deviazione
i <sub>v</sub> =	0.00	%	Livellina a valle della deviazione
δ =	168.75	°	Angolo planimetrico fra le condotte
α =	0.00	°	Angolo orizzontale-condotta di monte
γ =	0.00	°	Angolo orizzontale-condotta di valle
β =	180.00	°	Angolo condotta di valle-condotta di monte
k <sub>coll</sub> =	1.2		Coefficiente di sicurezza al sollevamento del blocco
k <sub>scorr</sub> =	1.2		Coefficiente di sicurezza allo scorrimento del blocco

0.0000107

#### Caratteristiche dei materiali

γ <sub>acciaio</sub> =	7800	kg/m <sup>3</sup>	Peso specifico ghisa
E =	1700000	kg/cm <sup>2</sup>	Modulo d'elasticità ghisa
ν =	0.21		Coefficiente di Poisson ghisa (0.21- 0.26)
α <sub>st</sub> =	0.0000107	°C <sup>-1</sup>	Coefficiente di dilatazione termica ghisa
ρ <sub>acqua</sub> =	1000	kg <sub>m</sub> /m <sup>3</sup>	Densità acqua
γ <sub>acqua</sub> =	1000	kg/m <sup>3</sup>	Peso specifico acqua
γ <sub>calcestruzzo</sub> =	2400	kg/m <sup>3</sup>	Peso specifico calcestruzzo
γ <sub>terreno</sub> =	1900	kg/m <sup>3</sup>	Peso specifico terreno
φ =	26	°	Angolo di attrito interno terreno
k <sub>a</sub> =	0.390		Coefficiente di spinta attiva del terreno (azione instabilizzante)
k <sub>p</sub> =	2.561		Coefficiente di spinta attiva del terreno (azione stabilizzante)
k <sub>p</sub> -k <sub>a</sub> =	2.171		
f =	0.43		Coefficiente d'attrito calcestruzzo-terreno
σ <sub>t</sub> =	1	kg/cm <sup>2</sup>	Tensione ammissibile del terreno

#### Caratteristiche di sollecitazione

p <sub>e</sub> =	10.00	atm	Pressione di esercizio
Δp =	4.00	atm	Colpo d'ariete
p <sub>calc</sub> =	14	atm	Pressione di calcolo
p <sub>coll</sub> =	21	atm	Pressione di collaudo
Q =	0.103	m <sup>3</sup> /s	Portata
V =	0.82	m/s	Velocità
Δt =	0	°C	Variazione termica

#### Dimensioni del blocco

B =	1.00	m	Base maggiore dell'impronta
b =	0.80	m	Base minore dell'impronta
h <sub>1</sub> =	1.00	m	Altezza dell'impronta
h <sub>2</sub> =	1.00	m	Altezza
h <sub>imp</sub> =	0.10	m	Distanza generatrice inferiore condotta-imposta blocco
H <sub>sup</sub> =	0.76	m	Distanza piano di campagna-sommità blocco
V <sub>b</sub> =	0.779	m <sup>3</sup>	Volume netto del blocco
P <sub>b</sub> =	2042	kg	Peso netto del blocco
R <sub>att,b</sub> =	878	kg	Reazione ammissibile per attrito, depurata dell'eventuale reazione d'ancoraggio al sollevamento
R <sub>lat,b</sub> =	5209	kg	Reazione ammissibile per spinta laterale

**Calcolo delle sollecitazioni (assiali, positive se uscenti dal nodo)**

$F_1 =$	26398	kg	Spinta assiale sul gomito
$F_{2m} =$	0	kg	Componente assiale di monte peso proprio
$F_{2v} =$	0	kg	Componente assiale di valle peso proprio
$F_3 =$	0	kg	Spinta assiale per dilatazione termica
$F_4 =$	-11264	kg	Spinta assiale per effetto Poisson (dovuto alla pressione interna)
Variazione termica positiva			
$R_{m,p} =$	15134	kg	Spinta assiale di monte
$O_{m,p} =$	15134	kg	Componente orizzontale
$V_{m,p} =$	0	kg	Componente verticale
$R_{v,p} =$	15134	kg	Spinta assiale di valle
$O_{v,p} =$	15134	kg	Componente orizzontale
$V_{v,p} =$	0	kg	Componente verticale
$O_p =$	2967	kg	Risultante orizzontale
$V_p =$	0	kg	Risultante verticale
Variazione termica negativa			
$R_{m,n} =$	15134	kg	Spinta assiale di monte
$O_{m,n} =$	15134	kg	Componente orizzontale
$V_{m,n} =$	0	kg	Componente verticale
$R_{v,n} =$	15134	kg	Spinta assiale di valle
$O_{v,n} =$	15134	kg	Componente orizzontale
$V_{v,n} =$	0	kg	Componente verticale
$O_n =$	2967	kg	Risultante orizzontale
$V_n =$	0	kg	Risultante verticale
$V_{max} =$	0	kg	Massima risultante verticale
$V_{min} =$	0	kg	Minima risultante verticale
$O =$	2967	kg	Massima risultante orizzontale

**Verifica di necessità del blocco**

$P_{adm} =$	967	kg	Resistenza ammissibile al sollevamento
$V_{adm} =$	20468	kg	Reazione ammissibile d'impronta
$O_{adm} =$	2212	kg	Reazione ammissibile laterale
$k_{calc,soil} =$	Infinito		Coefficiente di sicurezza a sollevamento del terreno senza blocco
	No		Necessità di blocco d'ancoraggio per sollevamento
$k_{calc,schiacc} =$	Infinito		Coefficiente di sicurezza a schiacciamento del terreno senza blocco
	No		Necessità di blocco d'ancoraggio per schiacciamento del terreno
$k_{calc,scorr} =$	0.75		Coefficiente di sicurezza a scorrimento senza blocco
	<b>Si</b>		Necessità di blocco d'ancoraggio per scorrimento
<b>Il blocco è necessario per scorrimento</b>			

**Verifica della tensione scaricata sul terreno dal blocco**

$\sigma_{t,max} =$	0.23	kg/cm <sup>2</sup>	Pressione massima sul terreno
	Si		Verifica

**Verifica a sollevamento del blocco**

$k_{calc,soil,bl} =$	Infinito		Coefficiente di sicurezza a sollevamento con blocco
	Si		Verifica

**Verifica a scorrimento del blocco per solo attrito resistente**

$k_{calc,scorr,bl,attr} =$	0.30		Coefficiente di sicurezza a scorrimento con blocco per solo attrito
	<b>No</b>		Verifica

**Verifica a scorrimento del blocco per attrito resistente e reazione orizzontale**

$k_{calc,scorr,bl,lat} =$	2.05		Coefficiente di sicurezza a scorrimento con blocco per attrito e reazione orizzontale
	Si		Verifica



### 3.2. Deviazione planimetrica 22,50°

**Caratteristiche della condotta**

<b>DN =</b>	<b>400</b>	<b>mm</b>	<b>Diametro nominale</b>
<b>s =</b>	<b>6.5</b>	<b>mm</b>	<b>Spessore</b>
<b>D =</b>	<b>41.30</b>	<b>cm</b>	<b>Diametro esterno</b>
<b>s =</b>	<b>0.65</b>	<b>cm</b>	<b>Spessore</b>
<b>A<sub>sez</sub> =</b>	<b>83.01</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>	<b>Sezione condotta</b>
<b>q =</b>	<b>65</b>	<b>kg/m</b>	<b>Peso unitario</b>
<b>A =</b>	<b>0.1257</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>Sezione interna</b>

**Caratteristiche della deviazione**

<b>H =</b>	<b>1.25</b>	<b>m</b>	<b>Altezza di ricoprimento</b>
<b>H<sub>f</sub> =</b>	<b>1.66</b>	<b>m</b>	<b>Profondità di scorrimento</b>
<b>L<sub>m</sub> =</b>	<b>0.00</b>	<b>m</b>	<b>Lunghezza di condotta competente alla deviazione a monte della stessa</b>
<b>L<sub>v</sub> =</b>	<b>0.00</b>	<b>m</b>	<b>Lunghezza di condotta competente alla deviazione a valle della stessa</b>
<b>i<sub>m</sub> =</b>	<b>0.00</b>	<b>%</b>	<b>Livellotta a monte della deviazione</b>
<b>i<sub>v</sub> =</b>	<b>0.00</b>	<b>%</b>	<b>Livellotta a valle della deviazione</b>
<b>δ =</b>	<b>157.50</b>	<b>°</b>	<b>Angolo planimetrico fra le condotte</b>
<b>α =</b>	<b>0.00</b>	<b>°</b>	<b>Angolo orizzontale-condotta di monte</b>
<b>γ =</b>	<b>0.00</b>	<b>°</b>	<b>Angolo orizzontale-condotta di valle</b>
<b>β =</b>	<b>180.00</b>	<b>°</b>	<b>Angolo condotta di valle-condotta di monte</b>
<b>k<sub>coll</sub> =</b>	<b>1.2</b>		<b>Coefficiente di sicurezza al sollevamento del blocco</b>
<b>k<sub>scorr</sub> =</b>	<b>1.2</b>		<b>Coefficiente di sicurezza allo scorrimento del blocco</b>

**Caratteristiche dei materiali**

<b>γ<sub>acciaio</sub> =</b>	<b>7800</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Peso specifico ghisa</b>
<b>E =</b>	<b>1700000</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Modulo d'elasticità ghisa</b>
<b>ν =</b>	<b>0.21</b>		<b>Coefficiente di Poisson ghisa (0.21- 0.26)</b>
<b>α<sub>st</sub> =</b>	<b>0.0000107</b>	<b>°C<sup>-1</sup></b>	<b>Coefficiente di dilatazione termica ghisa</b>
<b>ρ<sub>acqua</sub> =</b>	<b>1000</b>	<b>kg<sub>m</sub>/m<sup>3</sup></b>	<b>Densità acqua</b>
<b>γ<sub>acqua</sub> =</b>	<b>1000</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Peso specifico acqua</b>
<b>γ<sub>calcestruzzo</sub> =</b>	<b>2400</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Peso specifico calcestruzzo</b>
<b>γ<sub>terreno</sub> =</b>	<b>1900</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Peso specifico terreno</b>
<b>φ =</b>	<b>26</b>	<b>°</b>	<b>Angolo di attrito interno terreno</b>
<b>k<sub>a</sub> =</b>	<b>0.390</b>		<b>Coefficiente di spinta attiva del terreno (azione instabilizzante)</b>
<b>k<sub>p</sub> =</b>	<b>2.561</b>		<b>Coefficiente di spinta attiva del terreno (azione stabilizzante)</b>
<b>k<sub>p</sub>-k<sub>a</sub> =</b>	<b>2.171</b>		
<b>f =</b>	<b>0.43</b>		<b>Coefficiente d'attrito calcestruzzo-terreno</b>
<b>σ<sub>t</sub> =</b>	<b>1</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Tensione ammissibile del terreno</b>

**Caratteristiche di sollecitazione**

<b>p<sub>e</sub> =</b>	<b>10.00</b>	<b>atm</b>	<b>Pressione di esercizio</b>
<b>Δp =</b>	<b>4.00</b>	<b>atm</b>	<b>Colpo d'ariete</b>
<b>p<sub>calc</sub> =</b>	<b>14</b>	<b>atm</b>	<b>Pressione di calcolo</b>
<b>p<sub>coll</sub> =</b>	<b>21</b>	<b>atm</b>	<b>Pressione di collaudo</b>
<b>Q =</b>	<b>0.103</b>	<b>m<sup>3</sup>/s</b>	<b>Portata</b>
<b>V =</b>	<b>0.82</b>	<b>m/s</b>	<b>Velocità</b>
<b>Δt =</b>	<b>0</b>	<b>°C</b>	<b>Variazione termica</b>

**Dimensioni del blocco**

<b>B =</b>	<b>1.20</b>	<b>m</b>	<b>Base maggiore dell'impronta</b>
<b>b =</b>	<b>1.00</b>	<b>m</b>	<b>Base minore dell'impronta</b>
<b>h<sub>1</sub> =</b>	<b>1.00</b>	<b>m</b>	<b>Altezza dell'impronta</b>
<b>h<sub>2</sub> =</b>	<b>1.00</b>	<b>m</b>	<b>Altezza</b>
<b>h<sub>imp</sub> =</b>	<b>0.10</b>	<b>m</b>	<b>Distanza generatrice inferiore condotta-imposta blocco</b>
<b>H<sub>sup</sub> =</b>	<b>0.76</b>	<b>m</b>	<b>Distanza piano di campagna-sommità blocco</b>
<b>V<sub>b</sub> =</b>	<b>0.953</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>Volume netto del blocco</b>
<b>P<sub>b</sub> =</b>	<b>2496</b>	<b>kg</b>	<b>Peso netto del blocco</b>
<b>R<sub>att,b</sub> =</b>	<b>1073</b>	<b>kg</b>	<b>Reazione ammissibile per attrito, depurata dell'eventuale reazione d'ancoraggio al sollevamento</b>
<b>R<sub>lat,b</sub> =</b>	<b>6251</b>	<b>kg</b>	<b>Reazione ammissibile per spinta laterale</b>

**Calcolo delle sollecitazioni (assiali, positive se uscenti dal nodo)**

$F_1 =$	26398	kg	Spinta assiale sul gomito
$F_{2m} =$	0	kg	Componente assiale di monte peso proprio
$F_{2v} =$	0	kg	Componente assiale di valle peso proprio
$F_3 =$	0	kg	Spinta assiale per dilatazione termica
$F_4 =$	-11264	kg	Spinta assiale per effetto Poisson (dovuto alla pressione interna)
Variazione termica positiva			
$R_{m,p} =$	15134	kg	Spinta assiale di monte
$O_{m,p} =$	15134	kg	Componente orizzontale
$V_{m,p} =$	0	kg	Componente verticale
$R_{v,p} =$	15134	kg	Spinta assiale di valle
$O_{v,p} =$	15134	kg	Componente orizzontale
$V_{v,p} =$	0	kg	Componente verticale
$O_p =$	5905	kg	Risultante orizzontale
$V_p =$	0	kg	Risultante verticale
Variazione termica negativa			
$R_{m,n} =$	15134	kg	Spinta assiale di monte
$O_{m,n} =$	15134	kg	Componente orizzontale
$V_{m,n} =$	0	kg	Componente verticale
$R_{v,n} =$	15134	kg	Spinta assiale di valle
$O_{v,n} =$	15134	kg	Componente orizzontale
$V_{v,n} =$	0	kg	Componente verticale
$O_n =$	5905	kg	Risultante orizzontale
$V_n =$	0	kg	Risultante verticale
$V_{max} =$	0	kg	Massima risultante verticale
$V_{min} =$	0	kg	Minima risultante verticale
$O =$	5905	kg	Massima risultante orizzontale

**Verifica di necessità del blocco**

$P_{adm} =$	967	kg	Resistenza ammissibile al sollevamento
$V_{adm} =$	20468	kg	Reazione ammissibile d'impronta
$O_{adm} =$	2212	kg	Reazione ammissibile laterale
$k_{calc,soil} =$	Infinito		Coefficiente di sicurezza a sollevamento del terreno senza blocco
	No		Necessità di blocco d'ancoraggio per sollevamento
$k_{calc,schiacc} =$	Infinito		Coefficiente di sicurezza a schiacciamento del terreno senza blocco
	No		Necessità di blocco d'ancoraggio per schiacciamento del terreno
$k_{calc,scorr} =$	0.37		Coefficiente di sicurezza a scorrimento senza blocco
	<b>Si</b>		Necessità di blocco d'ancoraggio per scorrimento
<b>Il blocco è necessario per scorrimento</b>			

**Verifica della tensione scaricata sul terreno dal blocco**

$\sigma_{t,max} =$	0.23	kg/cm <sup>2</sup>	Pressione massima sul terreno
	Si		Verifica

**Verifica a sollevamento del blocco**

$k_{calc,soil,bl} =$	Infinito		Coefficiente di sicurezza a sollevamento con blocco
	Si		Verifica

**Verifica a scorrimento del blocco per solo attrito resistente**

$k_{calc,scorr,bl,attr} =$	0.18		Coefficiente di sicurezza a scorrimento con blocco per solo attrito
	<b>No</b>		Verifica

**Verifica a scorrimento del blocco per attrito resistente e reazione orizzontale**

$k_{calc,scorr,bl,lat} =$	1.24		Coefficiente di sicurezza a scorrimento con blocco per attrito e reazione orizzontale
	Si		Verifica

### 3.3. Deviazione planimetrica 45°

**Caratteristiche della condotta**

<b>DN =</b>	<b>400</b>	<b>mm</b>	<b>Diametro nominale</b>
<b>s =</b>	<b>6.5</b>	<b>mm</b>	<b>Spessore</b>
<b>D =</b>	<b>41.30</b>	<b>cm</b>	<b>Diametro esterno</b>
<b>s =</b>	<b>0.65</b>	<b>cm</b>	<b>Spessore</b>
<b>A<sub>sez</sub> =</b>	<b>83.01</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>	<b>Sezione condotta</b>
<b>q =</b>	<b>65</b>	<b>kg/m</b>	<b>Peso unitario</b>
<b>A =</b>	<b>0.1257</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>Sezione interna</b>

**Caratteristiche della deviazione**

<b>H =</b>	<b>1.25</b>	<b>m</b>	<b>Altezza di ricoprimento</b>
<b>H<sub>f</sub> =</b>	<b>1.66</b>	<b>m</b>	<b>Profondità di scorrimento</b>
<b>L<sub>m</sub> =</b>	<b>0.00</b>	<b>m</b>	<b>Lunghezza di condotta competente alla deviazione a monte della stessa</b>
<b>L<sub>v</sub> =</b>	<b>0.00</b>	<b>m</b>	<b>Lunghezza di condotta competente alla deviazione a valle della stessa</b>
<b>i<sub>m</sub> =</b>	<b>0.00</b>	<b>%</b>	<b>Livellina a monte della deviazione</b>
<b>i<sub>v</sub> =</b>	<b>0.00</b>	<b>%</b>	<b>Livellina a valle della deviazione</b>
<b>δ =</b>	<b>135.00</b>	<b>°</b>	<b>Angolo planimetrico fra le condotte</b>
<b>α =</b>	<b>0.00</b>	<b>°</b>	<b>Angolo orizzontale-condotta di monte</b>
<b>γ =</b>	<b>0.00</b>	<b>°</b>	<b>Angolo orizzontale-condotta di valle</b>
<b>β =</b>	<b>180.00</b>	<b>°</b>	<b>Angolo condotta di valle-condotta di monte</b>
<b>k<sub>coll</sub> =</b>	<b>1.2</b>		<b>Coefficiente di sicurezza al sollevamento del blocco</b>
<b>k<sub>scorr</sub> =</b>	<b>1.2</b>		<b>Coefficiente di sicurezza allo scorrimento del blocco</b>

**Caratteristiche dei materiali**

<b>γ<sub>acciaio</sub> =</b>	<b>7800</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Peso specifico ghisa</b>
<b>E =</b>	<b>1700000</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Modulo d'elasticità ghisa</b>
<b>ν =</b>	<b>0.21</b>		<b>Coefficiente di Poisson ghisa (0.21- 0.26)</b>
<b>α<sub>st</sub> =</b>	<b>0.0000107</b>	<b>°C<sup>-1</sup></b>	<b>Coefficiente di dilatazione termica ghisa</b>
<b>ρ<sub>acqua</sub> =</b>	<b>1000</b>	<b>kg<sub>m</sub>/m<sup>3</sup></b>	<b>Densità acqua</b>
<b>γ<sub>acqua</sub> =</b>	<b>1000</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Peso specifico acqua</b>
<b>γ<sub>calcestruzzo</sub> =</b>	<b>2400</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Peso specifico calcestruzzo</b>
<b>γ<sub>terreno</sub> =</b>	<b>1900</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Peso specifico terreno</b>
<b>φ =</b>	<b>26</b>	<b>°</b>	<b>Angolo di attrito interno terreno</b>
<b>k<sub>a</sub> =</b>	<b>0.390</b>		<b>Coefficiente di spinta attiva del terreno (azione instabilizzante)</b>
<b>k<sub>p</sub> =</b>	<b>2.561</b>		<b>Coefficiente di spinta attiva del terreno (azione stabilizzante)</b>
<b>k<sub>p</sub>-k<sub>a</sub> =</b>	<b>2.171</b>		
<b>f =</b>	<b>0.43</b>		<b>Coefficiente d'attrito calcestruzzo-terreno</b>
<b>σ<sub>t</sub> =</b>	<b>1</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Tensione ammissibile del terreno</b>

**Caratteristiche di sollecitazione**

<b>p<sub>e</sub> =</b>	<b>10.00</b>	<b>atm</b>	<b>Pressione di esercizio</b>
<b>Δp =</b>	<b>4.00</b>	<b>atm</b>	<b>Colpo d'ariete</b>
<b>p<sub>calc</sub> =</b>	<b>14</b>	<b>atm</b>	<b>Pressione di calcolo</b>
<b>p<sub>coll</sub> =</b>	<b>21</b>	<b>atm</b>	<b>Pressione di collaudo</b>
<b>Q =</b>	<b>0.103</b>	<b>m<sup>3</sup>/s</b>	<b>Portata</b>
<b>V =</b>	<b>0.82</b>	<b>m/s</b>	<b>Velocità</b>
<b>Δt =</b>	<b>0</b>	<b>°C</b>	<b>Variazione termica</b>

**Dimensioni del blocco**

<b>B =</b>	<b>2.50</b>	<b>m</b>	<b>Base maggiore dell'impronta</b>
<b>b =</b>	<b>1.50</b>	<b>m</b>	<b>Base minore dell'impronta</b>
<b>h<sub>1</sub> =</b>	<b>1.00</b>	<b>m</b>	<b>Altezza dell'impronta</b>
<b>h<sub>2</sub> =</b>	<b>1.00</b>	<b>m</b>	<b>Altezza</b>
<b>h<sub>imp</sub> =</b>	<b>0.10</b>	<b>m</b>	<b>Distanza generatrice inferiore condotta-imposta blocco</b>
<b>H<sub>sup</sub> =</b>	<b>0.76</b>	<b>m</b>	<b>Distanza piano di campagna-sommità blocco</b>
<b>V<sub>b</sub> =</b>	<b>1.732</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>Volume netto del blocco</b>
<b>P<sub>b</sub> =</b>	<b>4538</b>	<b>kg</b>	<b>Peso netto del blocco</b>
<b>R<sub>att,b</sub> =</b>	<b>1951</b>	<b>kg</b>	<b>Reazione ammissibile per attrito, depurata dell'eventuale reazione d'ancoraggio al sollevamento</b>
<b>R<sub>lat,b</sub> =</b>	<b>13022</b>	<b>kg</b>	<b>Reazione ammissibile per spinta laterale</b>

**Calcolo delle sollecitazioni (assiali, positive se uscenti dal nodo)**

$F_1 =$	26398	kg	Spinta assiale sul gomito
$F_{2m} =$	0	kg	Componente assiale di monte peso proprio
$F_{2v} =$	0	kg	Componente assiale di valle peso proprio
$F_3 =$	0	kg	Spinta assiale per dilatazione termica
$F_4 =$	-11264	kg	Spinta assiale per effetto Poisson (dovuto alla pressione interna)
Variazione termica positiva			
$R_{m,p} =$	15134	kg	Spinta assiale di monte
$O_{m,p} =$	15134	kg	Componente orizzontale
$V_{m,p} =$	0	kg	Componente verticale
$R_{v,p} =$	15134	kg	Spinta assiale di valle
$O_{v,p} =$	15134	kg	Componente orizzontale
$V_{v,p} =$	0	kg	Componente verticale
$O_p =$	11583	kg	Risultante orizzontale
$V_p =$	0	kg	Risultante verticale
Variazione termica negativa			
$R_{m,n} =$	15134	kg	Spinta assiale di monte
$O_{m,n} =$	15134	kg	Componente orizzontale
$V_{m,n} =$	0	kg	Componente verticale
$R_{v,n} =$	15134	kg	Spinta assiale di valle
$O_{v,n} =$	15134	kg	Componente orizzontale
$V_{v,n} =$	0	kg	Componente verticale
$O_n =$	11583	kg	Risultante orizzontale
$V_n =$	0	kg	Risultante verticale
$V_{max} =$	0	kg	Massima risultante verticale
$V_{min} =$	0	kg	Minima risultante verticale
$O =$	11583	kg	Massima risultante orizzontale

**Verifica di necessità del blocco**

$P_{adm} =$	967	kg	Resistenza ammissibile al sollevamento
$V_{adm} =$	20468	kg	Reazione ammissibile d'impronta
$O_{adm} =$	2212	kg	Reazione ammissibile laterale
$k_{calc,soil} =$	Infinito		Coefficiente di sicurezza a sollevamento del terreno senza blocco
	No		Necessità di blocco d'ancoraggio per sollevamento
$k_{calc,schiacc} =$	Infinito		Coefficiente di sicurezza a schiacciamento del terreno senza blocco
	No		Necessità di blocco d'ancoraggio per schiacciamento del terreno
$k_{calc,scorr} =$	0.19		Coefficiente di sicurezza a scorrimento senza blocco
	<b>Si</b>		Necessità di blocco d'ancoraggio per scorrimento
<b>Il blocco è necessario per scorrimento</b>			

**Verifica della tensione scaricata sul terreno dal blocco**

$\sigma_{t,max} =$	0.23	kg/cm <sup>2</sup>	Pressione massima sul terreno
	Si		Verifica

**Verifica a sollevamento del blocco**

$k_{calc,soil,bl} =$	Infinito		Coefficiente di sicurezza a sollevamento con blocco
	Si		Verifica

**Verifica a scorrimento del blocco per solo attrito resistente**

$k_{calc,scorr,bl,attr} =$	0.17		Coefficiente di sicurezza a scorrimento con blocco per solo attrito
	<b>No</b>		Verifica

**Verifica a scorrimento del blocco per attrito resistente e reazione orizzontale**

$k_{calc,scorr,bl,lat} =$	1.29		Coefficiente di sicurezza a scorrimento con blocco per attrito e reazione orizzontale
	Si		Verifica

### 3.4. Deviazione planimetrica 90°

Caratteristiche della condotta

DN =	400	mm	Diametro nominale
s =	6.5	mm	Spessore
D =	41.30	cm	Diametro esterno
s =	0.65	cm	Spessore
A <sub>sez</sub> =	83.01	cm <sup>2</sup>	Sezione condotta
q =	65	kg/m	Peso unitario
A =	0.1257	m <sup>2</sup>	Sezione interna

Caratteristiche della deviazione

H =	1.25	m	Altezza di ricoprimento
H <sub>f</sub> =	1.66	m	Profondità di scorrimento
L <sub>m</sub> =	0.00	m	Lunghezza di condotta competente alla deviazione a monte della stessa
L <sub>v</sub> =	0.00	m	Lunghezza di condotta competente alla deviazione a valle della stessa
i <sub>m</sub> =	0.00	%	Livellina a monte della deviazione
i <sub>v</sub> =	0.00	%	Livellina a valle della deviazione
δ =	90.00	°	Angolo planimetrico fra le condotte
α =	0.00	°	Angolo orizzontale-condotta di monte
γ =	0.00	°	Angolo orizzontale-condotta di valle
β =	180.00	°	Angolo condotta di valle-condotta di monte
k <sub>coll</sub> =	1.2		Coefficiente di sicurezza al sollevamento del blocco
k <sub>scorr</sub> =	1.2		Coefficiente di sicurezza allo scorrimento del blocco

Caratteristiche dei materiali

γ <sub>acciaio</sub> =	7800	kg/m <sup>3</sup>	Peso specifico ghisa
E =	1700000	kg/cm <sup>2</sup>	Modulo d'elasticità ghisa
ν =	0.21		Coefficiente di Poisson ghisa (0.21- 0.26)
α <sub>st</sub> =	0.0000107	°C <sup>-1</sup>	Coefficiente di dilatazione termica ghisa
ρ <sub>acqua</sub> =	1000	kg <sub>m</sub> /m <sup>3</sup>	Densità acqua
γ <sub>acqua</sub> =	1000	kg/m <sup>3</sup>	Peso specifico acqua
γ <sub>calcestruzzo</sub> =	2400	kg/m <sup>3</sup>	Peso specifico calcestruzzo
γ <sub>terreno</sub> =	1900	kg/m <sup>3</sup>	Peso specifico terreno
φ =	26	°	Angolo di attrito interno terreno
k <sub>a</sub> =	0.390		Coefficiente di spinta attiva del terreno (azione instabilizzante)
k <sub>p</sub> =	2.561		Coefficiente di spinta attiva del terreno (azione stabilizzante)
k <sub>p</sub> -k <sub>a</sub> =	2.171		
f =	0.43		Coefficiente d'attrito calcestruzzo-terreno
σ <sub>t</sub> =	1	kg/cm <sup>2</sup>	Tensione ammissibile del terreno

Caratteristiche di sollecitazione

p <sub>e</sub> =	10.00	atm	Pressione di esercizio
Δp =	4.00	atm	Colpo d'ariete
p <sub>calc</sub> =	14	atm	Pressione di calcolo
p <sub>coll</sub> =	21	atm	Pressione di collaudo
Q =	0.103	m <sup>3</sup> /s	Portata
V =	0.82	m/s	Velocità
Δt =	0	°C	Variazione termica

Dimensioni del blocco

B =	3.50	m	Base maggiore dell'impronta
b =	1.50	m	Base minore dell'impronta
h <sub>1</sub> =	1.50	m	Altezza dell'impronta
h <sub>2</sub> =	1.30	m	Altezza
h <sub>imp</sub> =	0.10	m	Distanza generatrice inferiore condotta-imposta blocco
H <sub>sup</sub> =	0.46	m	Distanza piano di campagna-sommità blocco
V <sub>b</sub> =	4.540	m <sup>3</sup>	Volume netto del blocco
P <sub>b</sub> =	11372	kg	Peso netto del blocco
R <sub>att,b</sub> =	4890	kg	Reazione ammissibile per attrito, depurata dell'eventuale reazione d'ancoraggio al sollevamento
R <sub>lat,b</sub> =	20885	kg	Reazione ammissibile per spinta laterale

**Calcolo delle sollecitazioni (assiali, positive se uscenti dal nodo)**

$F_1 =$	26398	kg	Spinta assiale sul gomito
$F_{2m} =$	0	kg	Componente assiale di monte peso proprio
$F_{2v} =$	0	kg	Componente assiale di valle peso proprio
$F_3 =$	0	kg	Spinta assiale per dilatazione termica
$F_4 =$	-11264	kg	Spinta assiale per effetto Poisson (dovuto alla pressione interna)
Variazione termica positiva			
$R_{m,p} =$	15134	kg	Spinta assiale di monte
$O_{m,p} =$	15134	kg	Componente orizzontale
$V_{m,p} =$	0	kg	Componente verticale
$R_{v,p} =$	15134	kg	Spinta assiale di valle
$O_{v,p} =$	15134	kg	Componente orizzontale
$V_{v,p} =$	0	kg	Componente verticale
$O_p =$	21403	kg	Risultante orizzontale
$V_p =$	0	kg	Risultante verticale
Variazione termica negativa			
$R_{m,n} =$	15134	kg	Spinta assiale di monte
$O_{m,n} =$	15134	kg	Componente orizzontale
$V_{m,n} =$	0	kg	Componente verticale
$R_{v,n} =$	15134	kg	Spinta assiale di valle
$O_{v,n} =$	15134	kg	Componente orizzontale
$V_{v,n} =$	0	kg	Componente verticale
$O_n =$	21403	kg	Risultante orizzontale
$V_n =$	0	kg	Risultante verticale
$V_{max} =$	0	kg	Massima risultante verticale
$V_{min} =$	0	kg	Minima risultante verticale
$O =$	21403	kg	Massima risultante orizzontale

**Verifica di necessità del blocco**

$P_{adm} =$	967	kg	Resistenza ammissibile al sollevamento
$V_{adm} =$	20468	kg	Reazione ammissibile d'impronta
$O_{adm} =$	2212	kg	Reazione ammissibile laterale
$k_{calc,soil} =$	Infinito		Coefficiente di sicurezza a sollevamento del terreno senza blocco
	No		Necessità di blocco d'ancoraggio per sollevamento
$k_{calc,schiacc} =$	Infinito		Coefficiente di sicurezza a schiacciamento del terreno senza blocco
	No		Necessità di blocco d'ancoraggio per schiacciamento del terreno
$k_{calc,scorr} =$	0.10		Coefficiente di sicurezza a scorrimento senza blocco
	<b>Si</b>		Necessità di blocco d'ancoraggio per scorrimento
<b>Il blocco è necessario per scorrimento</b>			

**Verifica della tensione scaricata sul terreno dal blocco**

$\sigma_{t,max} =$	0.30	kg/cm <sup>2</sup>	Pressione massima sul terreno
	Si		Verifica

**Verifica a sollevamento del blocco**

$k_{calc,soil,bl} =$	Infinito		Coefficiente di sicurezza a sollevamento con blocco
	Si		Verifica

**Verifica a scorrimento del blocco per solo attrito resistente**

$k_{calc,scorr,bl,attr} =$	0.23		Coefficiente di sicurezza a scorrimento con blocco per solo attrito
	<b>No</b>		Verifica

**Verifica a scorrimento del blocco per attrito resistente e reazione orizzontale**

$k_{calc,scorr,bl,lat} =$	1.20		Coefficiente di sicurezza a scorrimento con blocco per attrito e reazione orizzontale
	Si		Verifica