PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PUBBLICA DENOMINATO PP23 AVENTE PER OGGETTO LA NUOVA COSTRUZIONE DI EDIFICI A DESTINAZIONE RESIDENZIALE, SITI IN VIA VITTORIO EMANUELE II, COMUNE DI ALBINEA (RE)

Questo documento è riservato. E' vietata qualsiasi forma di riproduzione non autorizzata

committente: società Rio Arianna.srl
via Manfredo Fanti 2, Reggio Emilia

oggetto: MECCANICO
RELAZIONE IDRAULICA
Calcoli e verifiche idrauliche

scala: -

data: 10/2021

gruppo di progettazione:

Meccanico:

Ing. I. Nicholas Ghidoni.
Via P. Mattarella, 6
42020 - Montecavolo
375/6278097
nicholas@studiohelica.it

progettista:
PROGETTISTA

REV	DATA	APPR.	VERIF.	ORIG.	EMESSO DA	FASE DI COMMESSA
0	10/21	NG	NG	NG	NG	DEFINITIVO

R.01
tav. n.

Giovanni Olivi
architetto
Studio | Corso Garibaldi 20 - 42121 Reggio Emilia
Cell. 349.2859227 e-mail: oliviarch@gmail.com

Sommario

1 PREMESSA 4
2 INQUADRAMENTO 5
2.1 Geolocalizzazione 5
2.2 Planimetria 6
2.3 Descrizione 7
2.4 Punti di allaccio 8
2.5 Planimetria catastale 9
3 ANALISI IDROLOGICA ED IDRAULICA 10
3.1 Metodo di calcolo 10
Curva di Possibilità pluviometrica 10
Tempo di Corrivazione 10
Trasformazione afflussi-deflussi 11
Portata al Colmo 11
Calcolo Idraulico delle condotte 12
Classi di carico 12
3.2 Caditoie 13
4 PORTATE DI TEMPO ASCIUTTO 14
4.1 Portata media annua 14
4.2 Portata di punta 14
5 ACQUE METEORICHE 15
5.1 Superfici scolanti 15
Note 15
5.2 Curva di Possibilità Pluviometrica 17
5.3 Tempo di corrivazione 17
5.4 Intensità di Pioggia 18
5.5 Portata al Colmo 18
5.6 Verifica tubazioni acqua bianche 18
5.7 Caditoie stradali 19
5.8 Portata di scarico consentita 19

6 ACQUE NERE 21
6.1 Portata media annua 21
6.2 Portata di punta 21
6.3 Dimensionamento pozzetto di sollevamento 21
6.4 Calcolo perdite di carico 22
6.4.1. Perdite di carico concentrate 22
6.4.2. Perdite di carico continue 22
6.5 Verifica tubazioni acqua nere 32
7 VERIFICA STATICA 33
7.1 Descrizione 33
7.2 Tubi rigidi 33
7.3 Tubi flessibili 33
7.4 Tipi di trincea 34
7.5 Azione dei sovraccarichi verticali 38
7.6 Sovraccarichi distribuiti 41
7.7 Azioni dovute all'acqua 41
7.8 Verifica statica di tubazioni rigide 42
7.9 Verifica statica di tubazioni flessibili 43
7.10 Note sulla posa e sui materiali 47
8 MANUFATTI ORDINARI 51
8.1 Tubazioni in PVC 51
8.1.1. Caratteristiche dei tubi 51
8.1.2. Raccordi 51
8.1.3. Dimensioni dei tubi 52
8.1.4. Marcatura 53
8.1.5. Sistema qualità e certificazioni 53
8.2 Tubazioni in GRES 53
8.2.1. Dimensioni 54
8.2.2. Sistemi di giunzione 54
8.2.3. Normativa di riferimento 55
8.3 Pozzetti 56

8.4 Pozzetti di ispezione 56
8.5 Chiusini 56
8.6 Caditoie 57
8.7 Pozzetti di curva e confluenza 58
8.8 Pozzetti di salto 58
8.9 Pozzetti di sollevamento 58

1 PREMESSA

La presente relazione ha come unico scopo quello di verificare e dimensionare:

- le reti di scarico acque bianche;
- le reti scarico acque nere;
- verificare staticamente le aste;

a servizio del Piano Particolareggiato PP23 che sarà realizzato Comune di Albinea. La nuova urbanizzazione avrà origine da Via Vittorio Emanuele II in prossimità dell'incrocio con Via Daniele da Torricella.

Rappresentano parte integrante del progetto gli elaborati:

- RM.01 – Relazione idraulica;
- IM.01 – Analisi idrologica;
- IM.02 – Reti acque bianche e nere;
- IM.03 – Profili longitudinali;
- IM.04 – Particolari costruttivi;

2 INQUADRAMENTO

2.1 Geolocalizzazione

La nuova urbanizzazione sarà realizzata nel Comune di Albinea in prossimità dell'incrocio tra Via Vittorio Emanuele II e Via Daniele da Toricella.

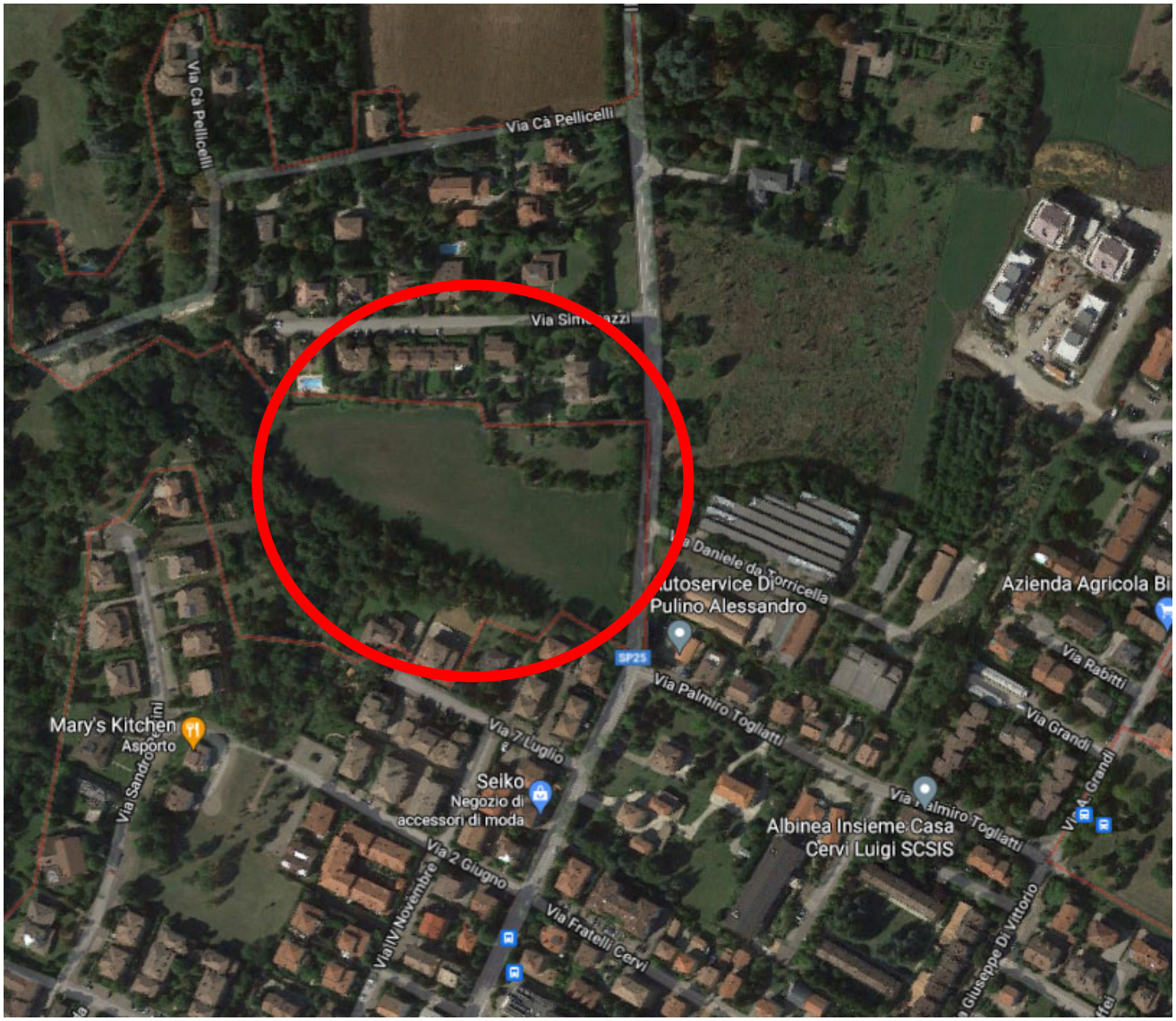


Fig.1 – Inquadramento satellitare

2.2 Planimetria

Si riporta un estratto planimetrico dell'intervento.

Fig.2 – Planimetria generale

2.3 Descrizione

Il piano particolareggiato PP23 è individuato a livello catastale al Foglio 8, Mappali 671, 213, 211 e 214 nel Comune di Albinea.
All'interno del comparto in oggetto sono stati identificati numero 13 lotti edificabili di diverse dimensioni, serviti da una strada che divide l'area in senso longitudinale.

LOTTO	SUPERFICIE FONDIARIA	UNITA' ABITATIVE
1	831,9 m²	max 2
2	796,5 m²	max 4
3	791,1 m²	max 1
4	723,7 m²	max 2
5	1025,5 m²	max 2
6	674,2 m²	max 1
7	894,2 m²	max 4
8	844,7 m²	max 1
9	816,3 m²	max 2
10	803,5 m²	max 2
11	955,8 m²	max 1
12	804,7 m²	max 1
13	978,4 m²	max 1

Risultano parte integrante dell'urbanizzazione altri 6.298,3 m² di aree pubbliche, composti da 3.271,9 m² di strade, 2.476,4 di aree a verde e 550,0 m² di parcheggi pubblici.

2.4 Punti di allaccio

Il punto di allaccio per lo scarico delle reti fognarie acque bianche è stato individuato sul lato SUD del comparto nella cameretta 52159 servita da tubazione in calcestruzzo di diametro 1000 mm.
Il punto di scarico delle reti fognarie acque nere è stato individuato a EST del comparto lungo Via Vittorio Emanuele II nella cameretta 151 in fognatura mista esistente.

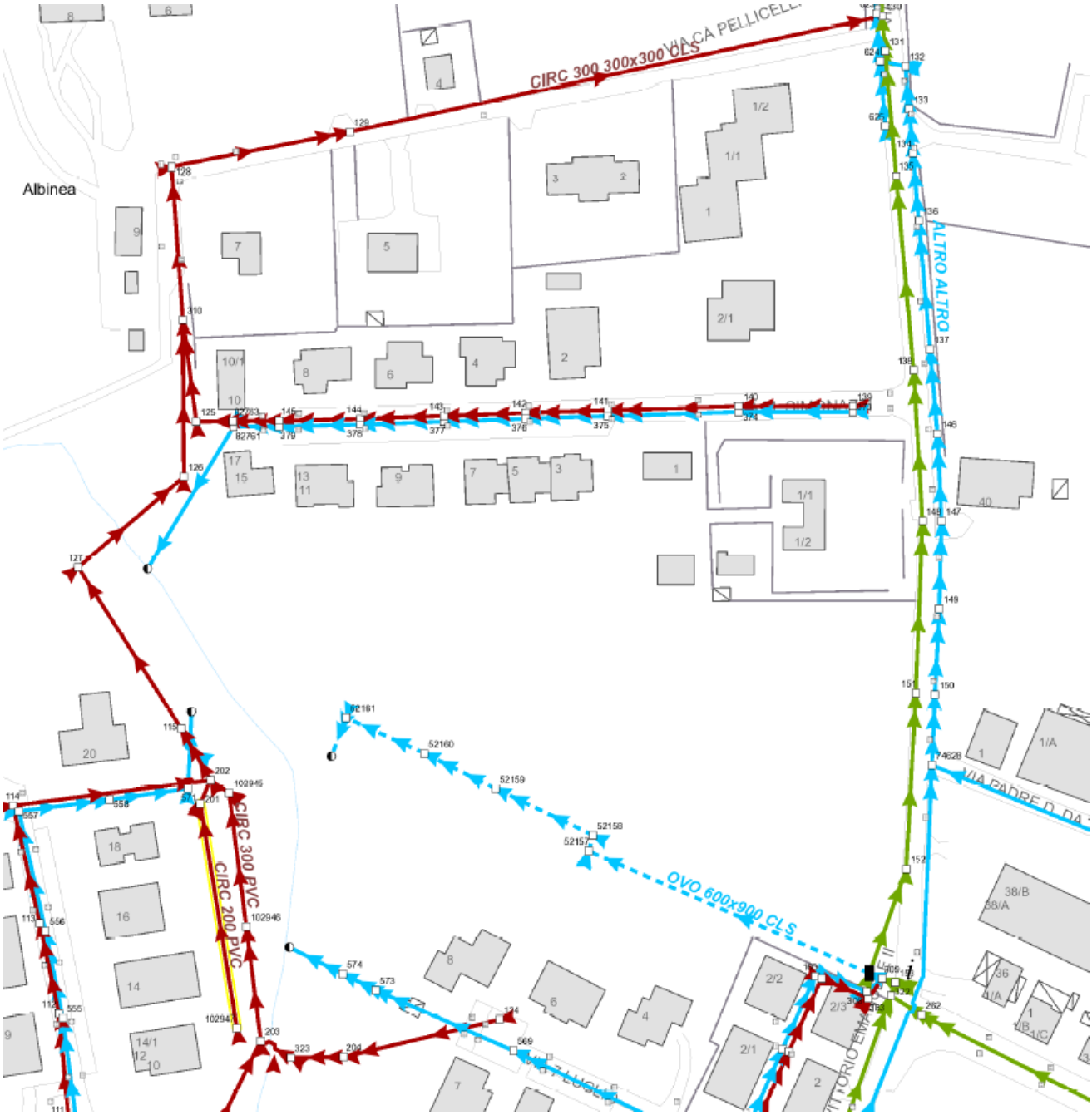


Fig.3 – Cartografia IRETI

2.5 Planimetria catastale

Di seguito si riporta la planimetria catastale che individua il punto di scarico della rete acque bianche e nere. Il lotto in oggetto è individuato al Foglio 8 – Mappali 671, 213, 211 e 214.

3 ANALISI IDROLOGICA ED IDRAULICA

3.1 Metodo di calcolo

Curva di Possibilità pluviometrica

Il dimensionamento della rete acque bianche a servizio della nuova costruzione sarà eseguito utilizzando un modello di trasformazione afflussi–deflussi.
Il modello di trasformazione afflussi-deflussi del tipo cinematico rappresenta il metodo più utilizzato nel contesto dei Bacini Emiliano Romagnoli, utilizzando una curva di possibilità pluviometrica che riassume la relazione tra le altezze massime e le durate di pioggia che si possono verificare in una determinata zona e per un assegnato valore del periodo di ritorno.

$$H(t,Tr) = a * t^n$$

$H(t,T_r) = altezzadi\ pioggia\ in\ mm, corrispondenti\ al\ tempo\ t\ di\ corrivazione\ della\ rete;$

Tempo di Corrivazione

Il tempo di corrivazione della sezione terminale di un generico tratto della rete viene valutato attraverso la seguente relazione:

$$t_c = t_r + t_a$$

dove
$T_r = tempo\ di\ rete, dato\ dalla\ somma\ dei\ tempi\ di\ percorrenza\ dei\ singoli\ tratti\ [s];$

Il tempo di rete, come da studi svolti dal Politecnico di Milano [Mignosa, 1995], è calcolato secondo:

$$t_r = \sum_i \frac{L_i}{1{,}5V_i}$$

dove:
$L_i = lunghezza\ dell'i - esimo\ bacino;$
$V_i = velocità\ maedia\ dell'i - esimo\ bacino;$

$T_a = tempo\ di\ accesso\ alla\ rete. Stimabile\ in\ 5\ minuti\ secondo\ la\ letteratura$

Trasformazione afflussi-deflussi

Il coefficiente di afflusso rappresenta il rapporto tra il volume totale di deflusso e il volume totale di pioggia caduta sul bacino. In letteratura sono presenti diversi coefficienti correttivi che tengono conto di fenomeni quali:

- evaporazione ed evotraspirazione;
- ritenzioni nelle depressioni superficiali;
- infiltrazioni nei suoli permeabili;

Ai fini della presente relazione, per il calcolo delle portate al colmo, in eventi meteorici considerati critici, non si è fatto riferimento in maniera cautelativa a nessuno di quest'ultimi.

Il coefficiente di deflusso è stato stimato con la relazione di Larcan, Mignosa e Paoletti [1987]:

$$\varphi = \varphi_p * (1 - I_m) + \varphi_{im} * I_m$$

dove
$\varphi = coefficiente\ di\ deflusso;$
$I_m = frazione\ di\ area\ imperbeabile\ del\ bacino\ considerato;$

Portata al Colmo

La portata di deflusso è stata determinata mediante l'utilizzo del metodo cinematico o della corrivazione fondato sulle seguenti ipotesi:

- la formazione della piena è dovuta unicamente ad un trasferimento della massa liquida;
- ogni goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile che dipende solo dal punto di caduta;
- la portata defluente deriva dalla somma delle portate elementari provenienti da diversi punti del bacino che si presentano nello stesso istante alla sezione di chiusura;

Per un dato bacino e una data curva di possibilità pluviometrica, la portata massima di deflusso in una sezione generica della rete si ottiene considerando una pioggia di durata pari al tempo massimo di corrivazione del bacino e viene solitamente determinata dalla seguente espressione:

$$Q(t,T) = \frac{\varphi * I(t,T) * A}{360}$$

dove:
$Q(t,T) = portata\ massima\ per\ il\ tempo\ di\ ritono\ T\ assegnato\ [m^3/s];$
$\varphi = coefficiente\ di\ deflusso, ritenuto\ indipendente\ dalla\ durata\ t\ e\ dal\ tempo\ di\ ritorno\ T;$

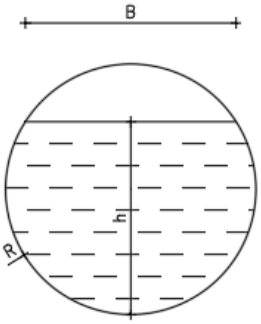
$I = intensità\ di\ pioggia\ [mm/h]$;
$A = iarea\ del\ bacino\ drenato\ [Ha]$;

Calcolo Idraulico delle condotte

L'equazione utilizzata per la verifica idraulica è l'equazione di Chèzy, utilizzando la formula di Gauckler-Stickler per il coefficiente di scabrezza.

$$V = K_s R^{1/3} i^{1/2}$$

$K_s = coefficiente\ di\ scabrezza\ secondo\ Gauckler - Stickler [\ m^{\frac{1}{3}} s^{-1}]$
= 95 per canali con pareti in cemento perfettamente liscio;
= 80 per canali con pareti in cemento non perfettamente liscie;
= 50 per terra abbastanza regolare o muratura vecchia con depositi di limo;
= 40 per terra con erba sul fondo;
= 35 per terra in cattive condizioni;
= 30 per canali in abbandono con grande vegetazione;
$R = raggio\ idraulico = A/P\ [m]$
$A = area\ della\ sezione\ bagnata\ [mq]$
$P = perimetro\ bagnato\ [m]$
$i = pendenza\ della\ rete\ [m/m]$



$h = altezza\ del\ pelo\ libero$
$R = raggio\ dell\ sezione\ circolare\ di\ scolo$
$B = Larghezza\ del\ pelo\ libero$

Classi di carico

È utile ricordare che tutte le analisi idrauliche, eseguite con la metodologia e i modelli descritti in precedenza, permettono di individuare classi di carico idonee a rappresentare la situazione idraulica dei bacini e delle condotte.

In particolare, per tratti uniformi di canalizzazione, si possono determinate la portata massima potenziale della sezione terminale (Qmax) e la portata massima conseguente all'evento di pioggia critico (Qp); il confronto tra i due valori permette l'attribuzione del tronco ad una delle seguenti classi:
CLASSE 1 = Qp < 70% Qmax
CLASSE 2 = 70% Qmax < Qp < Qmax
CLASSE 3 = Qmax < Qp < 130% Qmax
CLASSE 4 = Qp > 130 Qmax

3.2 Caditoie

Le acque meteoriche intercettate da una caditoia possono essere valutate sotto il profilo della portata secondo la formula proposta nel manuale ASCE [ASCE e WEF, 1992], secondo la relazione

$$Q = \mu * P * h^{3/2}$$

$Q_C = portata\ della\ caditoia;$
$P = perimentro\ idraulicamente\ attivo;$
$h = tirante\ idrico\ agente\ sulla\ cunetta;$

4 PORTATE DI TEMPO ASCIUTTO

4.1 Portata media annua

La portata media annua è la base iniziale di calcolo da cui poi saranno derivate le portate minime e massime in funzione dei coefficienti di stanca e di punta.

La portata media annua è calcolabile come

$$Q_{\text{MEDIA}} = \frac{(1-e)*d*P}{24*3600} = \frac{(1-0{,}20)*300\ \frac{l}{ab*gg}*69}{86400} = 0{,}192\ l/s$$

$e = coefficiente\ di\ dispersione\ non\ maggiore\ del\ 15 \div 20\%$
$d = dotazione\ idrica\ giornaliera\ per\ abitante$
$P = numero\ di\ utenti\ gravanti\ sulla\ fognatatura\ a\ monte\ della\ sezione\ di\ calcolo$

Nel calcolo delle aste della fognatura nera sarà assunta come portata media la portata di 0,0028 l/s per ogni AE.

4.2 Portata di punta

Il calcolo della portata di punta è stato effettuato utilizzando come coefficiente quello proposto dalla relazione di Gaines e Rich e utilizzabile con buona approssimazione anche per piccolissime collettività.

$$C_{\max} = \frac{4{,}273 * {Q_{MEDIA}}^{-0{,}049} + 15{,}85 * AE^{-0.167}}{2} = \frac{4{,}658 + 7{,}815}{2} = 6{,}237$$

Si ha pertanto una portata di punta pari a

$$Q_{\text{PUNTA}} = 0{,}192\ \text{l/s} * 6{,}237 = 1{,}20\ l/s$$

Nel calcolo delle aste della fognatura nera sarà assunta come portata di punta la portata di 0,0174 l/s per ogni AE.

5 ACQUE METEORICHE

5.1 Superfici scolanti

Si riporta in forma tabellare il calcolo delle superfici scolanti e del relativo coefficiente di afflusso utilizzato per il calcolo. La definizione dei bacini è visibili nell'elaborato grafico di progetto allegato alla presente relazione.

Nella definizione dei sottobacini si è assunto come vincolo cautelativo la percentuale minima, pari al 40%, delle aree a verde, secondo quanto imposto dai vincoli comunali.

Note

- La superficie scolante dei parcheggi essendo costituita da autobloccante è stata considerata con un coefficiente di afflusso pari a 0,7, valore utilizzato e consigliato dalla letteratura.
- Il coefficiente di deflusso del sottobacino BT 14 è stato calcolato considerando le superfici delle aree a verde, delle strade e dei parcheggi.
- Il coefficiente di deflusso per le aree di strade e parcheggi interne ad ogni lotto è stato assunto in modo cautelativo pari a 0,9.

BT	TIPO DI SUPERFICIE	BTi	Ai	φi
			Ha	
SOTTOBACINO 1			**0,08319**	**0,620**
BT 1	TETTI/STRADE INTERNE	BT 1-1	0,04991	0,90
BT 1	AREE A VERDE	BT 1-2	0,03328	0,20
SOTTOBACINO 2			**0,07965**	**0,620**
BT 2	TETTI/STRADE INTERNE	BT 2-1	0,04779	0,90
BT 2	AREE A VERDE	BT 2-2	0,03186	0,20
SOTTOBACINO 3			**0,07910**	**0,620**
BT 3	TETTI/STRADE INTERNE	BT 3-1	0,04746	0,90
BT 3	AREE A VERDE	BT 3-2	0,03164	0,20
SOTTOBACINO 4			**0,07237**	**0,620**
BT 4	TETTI/STRADE INTERNE	BT 4-1	0,04342	0,90
BT 4	AREE A VERDE	BT 4-2	0,02895	0,20
SOTTOBACINO 5			**0,10255**	**0,620**
BT 5	TETTI/STRADE INTERNE	BT 5-1	0,06153	0,90
BT 5	AREE A VERDE	BT 5-2	0,04102	0,20
SOTTOBACINO 6			**0,06549**	**0,620**
BT 6	TETTI/STRADE INTERNE	BT 6-1	0,03929	0,90
BT 6	AREE A VERDE	BT 6-2	0,02620	0,20
SOTTOBACINO 7			**0,08942**	**0,620**
BT 7	TETTI/STRADE INTERNE	BT 7-1	0,05365	0,90
BT 7	AREE A VERDE	BT 7-2	0,03577	0,20
SOTTOBACINO 8			**0,08447**	**0,620**

BT	TIPO DI SUPERFICIE	BTi	Ai	φi
BT 8	TETTI/STRADE INTERNE	BT 8-1	0,05068	0,90
BT 8	AREE A VERDE	BT 8-2	0,03379	0,20
SOTTOBACINO 9			**0,08163**	**0,620**
BT 9	TETTI/STRADE INTERNE	BT 9-1	0,04898	0,90
BT 9	AREE A VERDE	BT 9-2	0,03265	0,20
SOTTOBACINO 10			**0,08035**	**0,620**
BT 10	TETTI/STRADE INTERNE	BT 10-1	0,04821	0,90
BT 10	AREE A VERDE	BT 10-2	0,03214	0,20
SOTTOBACINO 11			**0,09558**	**0,620**
BT 11	TETTI/STRADE INTERNE	BT 11-1	0,05735	0,90
BT 11	AREE A VERDE	BT 11-2	0,03823	0,20
SOTTOBACINO 12			**0,08047**	**0,620**
BT 12	TETTI/STRADE INTERNE	BT 12-1	0,04828	0,90
BT 12	AREE A VERDE	BT 12-2	0,03219	0,20
SOTTOBACINO 13			**0,09784**	**0,620**
BT 13	TETTI/STRADE INTERNE	BT 13-1	0,05871	0,90
BT 13	AREE A VERDE	BT 13-2	0,03913	0,20
SOTTOBACINO 14			**0,62983**	**0,606**
BT 14	STRADE	BT 14-1	0,32719	0,90
BT 14	AREE A VERDE	BT 14-2	0,24764	0,20
BT 14	PARCHEGGI	BT 14-3	0,0550	0,70
DATI CARATTERISTICI DELL'AREA			**1,72194**	**0,615**

5.2 Curva di Possibilità Pluviometrica

Le curve di possibilità pluviometrica con cui saranno condotte le verifiche idrauliche sono valide per la provincia di Reggio Emilia e in particolare per il Comune di Albinea.

TR [anni]	a (mm/h) [t<1 h]	n [t<1 h]	a (mm/h) [t>1 h]	n [t>1 h]
5	35,5	0,637	29,0	0,345
10	40,7	0,611	34,9	0,339
20	45,6	0,592	40,6	0,335
30	48,4	0,583	43,8	0,333
50	52,0	0,573	47,9	0,330

Ai fini del dimensionamento delle condotte è stata utilizzata la seguente curva di possibilità pluviometrica con tempo di ritorno T=10 anni.

tp < 1 ora

a=40,7 mm/ora ^ n

n=0,611

5.3 Tempo di corrivazione

Il tempo di concentrazione si riferisce al tempo necessario affinché la goccia d'acqua caduta nel punto più lontano del bacino arrivi alla sezione di chiusura utilizzata nel calcolo.

$$tc = ta + tr$$

ta = tempo di accesso alla rete – 5 minuti;

tr = tempo di rete;

SOTTOBACINO	Ta sec	Tr sec	Tc sec
1	300	24	324
2	300	24	324
3	300	24	324
4	300	24	324
5	300	24	324
6	300	24	324
7	300	24	324
8	300	24	324
9	300	24	324
10	300	24	324
11	300	24	324
12	300	24	324
13	300	24	324
14	300	48	348
Nb 1-2	300	39	339
Nb 2-3	300	54	354
Nb 3-4	300	65	365

Nb 8-7	300	20	320
Nb 6-7	300	48	348
Nb 7-5	300	68	368
Nb 5-4	300	88	388
Nb 4-9	300	95	395

5.4 Intensità di Pioggia

Al fine di conoscere la portata al colmo per la sezione in oggetto di verifica si calcolerà l'intensità di pioggia relativa al tempo di concentrazione calcolato in precedenza.
Sarà utilizzata la curva di possibilità pluviometrica per piogge di brevi durata ed alte intensità.

$$i_{tc} = a * \left(\frac{t_c}{60}\right)^{n-1}$$

5.5 Portata al Colmo

SOTTOBACINO	Tc h	i mm/h	Q l/sec
1	0,090	103,85	14,88
2	0,090	103,85	14,25
3	0,090	103,85	14,15
4	0,090	103,85	12,94
5	0,090	103,85	18,34
6	0,090	103,85	12,06
7	0,090	103,85	15,99
8	0,090	103,85	15,11
9	0,090	103,85	14,60
10	0,090	103,85	14,37
11	0,090	103,85	17,09
12	0,090	103,85	14,39
13	0,090	103,85	17,44
14	0,097	103,47	106,7
Nb 1-2	0,09416	102,04	78,91
Nb 2-3	0,09833	100,33	99,88
Nb 3-4	0.10139	99,14	121,21
Nb 8-7	0,08889	104,35	31,35
Nb 6-7	0,09667	101	40,59
Nb 7-5	0,10222	98,83	105,93
Nb 5-4	0,10778	96,81	162,49
Nb 4-9	0,10972	96,14	282,83

PORTATA AL COLMO TOTALE

$$Q_{B,TOT} = 282{,}83\ l/s$$

5.6 Verifica tubazioni acqua bianche

Per la verifica delle tubazioni della rete acque bianche e nere si rimanda all'allegato 1 allegato in calce alla presente relazione.

5.7 Caditoie stradali

Le caditoie stradali avranno dimensione di 48x48 cm su telaio da 60x60 cm e saranno realizzate in ghisa sferoidale. La portata intercettata da ogni caditoia è calcolata secondo l'equazione di McGhee (1991) e presente anche nel manuale ASCE e WEF (1992):

$$Q_c = \mu P h^{\frac{3}{2}} = 1{,}66 * 1{,}60 * 0{,}014^{\frac{3}{2}} = 0{,}0044 \frac{m^3}{s} = 4{,}44\ l/s$$

$Q_C = portata\ della\ caditoia;$
$P = perimentro\ idraulicamente\ attivo\ della\ caditoia;$
$h = tirante\ idrico\ agente\ sulla\ cunetta;$

Il numero di caditoie a servizio delle aree destinate a parcheggi e strade, in riferimento al sottobacino di calcolo BT 14, è stato calcolato considerando un sovradimensionamento di sicurezza rispetto al calcolo. Il valore definitivo riportato sotto è derivato inoltre dall'ottimizzazione delle stesse in funzione dalla conformazione dell'area in oggetto.
SOTTOBACINO BT 14

$$N_c = \frac{106{,}7\ l/s}{4{,}4\ l/s} = 24{,}3\ caditoie = 26\ caditoie$$

La portata media intercettata da ogni caditoia è pari a 4,10 l/s.
Ogni caditoia copre un'area massima di 147,0 mq.

5.8 Portata di scarico consentita

La portata di scarico consentita per la rete acque bianche è pari a 90 l/s*ha.
Considerando una superficie totale del comparto pari a 17.219,4 m², si ha una portata di scarico massimo di 154,97 l/s.
La portata di scarico massima sarà garantita mediante l'utilizzo di una valvola di regolazione di portata tipo Hydroslide DN 400 tarata su un'altezza idrostatica massima di 1,48 metri.
Essendo la portata al colmo maggiore del limite imposto dal gestore sarà necessario realizzare un volume di laminazione che garantisca un adeguato accumulo.
Il calcolo del volume di laminazione sarà effettuato mediante il metodo delle sole piogge utilizzando le due equazioni riportate di seguito utilizzando i seguenti dati della curva di possibilità pluviometrica:
T= 30 anni
tp < 1 ora
a=48,1 mm/ora ^ n
n=0,583

$$\Phi_W = \left(\frac{Q_u}{S\varphi an}\right)^{\frac{1}{n-1}} = \left(\frac{154{,}97}{83{,}07}\right)^{-2{,}39} = 0{,}22\ h$$

$$W_W = S\varphi a\left(\frac{Q_u}{S\varphi an}\right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_u\left(\frac{Q_u}{S\varphi an}\right)^{\frac{1}{n-1}} = 512{,}55\left(\frac{154{,}97}{83{,}07}\right)^{-1{,}398} - 154{,}97\left(\frac{154{,}97}{83{,}07}\right)^{-2{,}398} = 89{,}46\ m^3$$

Il volume di laminazione calcolato, aumentato del 30% come previsto dalla letteratura dovrà essere pari a 116,3 m³.

Il volume di accumulo calcolato sarà realizzato sfruttando le tubazioni e i pozzetti presenti nella rete.
La rete dimensionata infatti garantisce il seguente accumulo:

TUBAZIONE	SEZIONE UTILE m²	LUNGHEZZA m	ACCUMULO TOTALE m³
400 PVC*	0,1114	57	6,35
500 PVC*	0,1741	22	3,83
630 PVC*	0,2878	15	4,32
ACCUMULO TOTALE			**14,50**

*Nel calcolo sono state considerate solamente le tubazioni al di sotto della quota di 139,80 mslm, diminuita di un franco di sicurezza di 30 cm, individuata nel punto più basso dell'urbanizzazione.

I pozzetti di progetto garantiscono il seguente accumulo:

POZZETTO	DIMENSIONI m	ATEZZA MEDIA m	ACCUMULO TOTALE m³
Nb 1	1,5 x 1,5	1,00*	2,25
Nb 2	1,5 x 1,5	1,14*	2,57
Nb 3	1,5 x 1,5	1,28*	2,88
Nb 4	1,5 x 1,5	1,39*	3,13
Nb 9	10,0 x 6,5	1,48*	96,2
ACCUMULO TOTALE			**107,03**

* Nel calcolo dell'altezza utile si è tenuto in considerazione di un franco di sicurezza pari a 30 cm rispetto alla quota del piano campagna di 139,80 mslm individuata nel punto più basso dell'urbanizzazione.

L'accumulo totale garantito dalla rete è pari a 121,53 m³.

6 ACQUE NERE

6.1 Portata media annua

La portata media annua è la base iniziale di calcolo da cui poi saranno derivate le portate minime e massime in funzione dei coefficienti di stanca e di punta.

La portata media annua è calcolabile come

$$Q_{\text{MEDIA}} = \frac{(1-e)*d*P}{24*3600} = \frac{(1-0{,}20)*300\ \frac{l}{ab*gg}*70}{86400} = 0{,}194\ l/s$$

$e = coefficiente\ di\ dispersione\ non\ maggiore\ del\ 15 \div 20\%$
$d = dotazione\ idrica\ giornaliera\ per\ abitante$
$P = numero\ di\ utenti\ gravanti\ sulla\ fognatatura\ a\ monte\ della\ sezione\ di\ calcolo$

6.2 Portata di punta

Il calcolo della portata di punta è stato effettuato utilizzando come coefficiente quello proposto dalla relazione di Gaines e Rich e utilizzabile con buona approssimazione anche per piccolissime collettività.

$$C_{\max} = \frac{4{,}273 * Q_{MEDIA}^{-0.049} + 15{,}85 * AE^{-0.167}}{2} = \frac{4{,}63 + 7{,}956}{2} = 6{,}293$$

Si ha pertanto una portata di punta pari a

$$Q_{\text{PUNTA}} = 0{,}194\ \text{l/s} * 6{,}293 = 1{,}22\ l/s$$

Nel calcolo delle aste della fognatura nera sarà assunta come portata di punta la portata di 0,0174 l/s per ogni AE.

6.3 Dimensionamento pozzetto di sollevamento

Di seguito si riportano le caratteristiche dimensionali del pozzetto di sollevamento a servizio delle acque nere e le verifiche secondo le prescrizioni dell'ente gestore.
DIMENSIONI: 3000x3000 mm
ALTEZZA TOTALE: 5,99 m
PORTATA MEDIA DA RETE FOGNARIA: 698,4 l/h
PORTATA MASSIMA DA RETE FOGNARIA: 4392 l/h
NUMERO MASSIMO AVVIAMENTI: 12
PORTATA GRUPPO DI SOLLEVAMENTO: 37,4 mc/h – 10,4 l/s
PREVALENZA GEODETICA (141,55 mslm – 137,16 mslm): 4,39 m
PERDITE DI CARICO: 0,64 m
PREVALENZA TOTALE: 5,03 m

QUOTA PIANO CAMPAGNA: 142,65 mslm
QUOTA FONDO POZZETTO: 136,76 mslm
QUOTA SECCA: 137,16 mslm
QUOTA ARRESTO: 137,26 mslm
QUOTA MARCIA: 137,41 mslm
QUOTA ALLARME: 137,56 mslm
QUOTA INGRESSO TUBAZIONE: 137,98 mslm
VOLUME MARCIA: 1,35 m³
VOLUME DI EMERGENZA: 3,78 m³
TEMPO UTILE DI EMERGENZA: 5,41 h
TUBAZIONE DI MANDATA: DN 100
MOTORE: 4 POLI

6.4 Calcolo perdite di carico

Le perdite di carico distribuite sono state valutate secondo la formula di Darcy-Weisbach:

$$\Delta P = \gamma \frac{L}{Di} \frac{v^2}{2}$$

valutando il coefficiente di attrito secondo l'equazione di Coolebrook, in cui il rapporto $\frac{\varepsilon}{D}$ rappresenta la scabrezza relativa.

$$\frac{1}{\sqrt{\gamma}} = -2log\left(\frac{2{,}51}{Re\sqrt{\gamma}} + \frac{\frac{\varepsilon}{D}}{3{,}71}\right)$$

La valutazione delle perdite di carico concentrate è stata effettuata mediante il metodo diretto, in cui viene attribuito un coefficiente adimensionale per la valutazione delle perdite di carico in base all'accidentalità.

$$\Delta P = \varepsilon\rho \frac{v^2}{2\ x\ 9{,}81}$$

6.4.1. Perdite di carico concentrate

DESCRIZIONE	Q [m3/h]	DN	v [m/s]	ε	n	ΔP	
curva	37,4	DN 100	1,263	0,8	3	**195,37**	**mm C.a.**
valvola	37,4	DN 100	1,263	0,1	1	**8,14**	**mm C.a.**
ritegno	37,4	DN 100	1,263	1	1	**81,40**	**mm C.a.**
confluenza	37,4	DN 100	1,263	1	1	**81,40**	**mm C.a.**

6.4.2. Perdite di carico continue

DESCRIZIONE	L [m]	Q [m3/h]	DN	v [m/s]	λ_c	ΔP	
Tubazione ACCIAIO DN 100	7	37,4	DN 100	1,263	0,0171	**95,48**	**mm C.a.**
Tubazione PE D. 110 mm	5	37,4	D 110	1,633	0,0,166	**125,81**	**mm C.a.**

Si allega la scheda tecnica della pompa selezionata.

GRUNDFOS

Nome Società:
Creato da:
Telefono:

Data: 11/10/2021

Q.tà	Descrizione
1	**SEV.80.80.13.4.50D**

Attenzione: le foto e i disegni sono solo indicativi

Codice prodotto: 96047757

Pompa centrifuga non autoadescante, monostadio, progettata per la gestione di acque reflue, acqua di processo e liquame non depurato.

La pompa è stata progettata per un funzionamento intermittente e continuo. Il sistema di raffreddamento libero senza liquidi e manutenzione garantisce l'utilizzo della pompa per installazione sommersa o a secco. L'efficiente girante SuperVortex fornisce il passaggio di lunghe fibre e solidi fino a 80 mm ed è adatta per acque reflue con contenuto di materiale solido fino al 5%. Un sistema di montaggio a fascetta in acciaio inox consente un facile e rapido smontaggio della pompa dal gruppo motore per la manutenzione e l'ispezione. Non occorrono strumenti speciali. Il collegamento alle tubazioni è tramite una flangia DIN.

Ulteriori dettagli sul prodotto

Applicazioni tipiche sono trasferimento di liquido, quali:

- grandi quantità di acque di scolo e superficiali
- acque reflue domestiche con scarico da WC
- acque reflue di edifici commerciali senza scarichi da WC
- acque reflue industriali contenenti fanghi.

La pompa è ideale per il pompaggio dei liquidi sopra indicati ad es. in:

- stazioni di pompaggio della rete municipale
- edifici pubblici
- condomini
- fabbriche/industria.

La pompa è adatta per l'installazione temporanea e permanente, autoportante su supporto ad anello, su base di appoggio, su staffe o su un sistema di autoaccoppiamento.

Pompa

Tutte le superfici dei componenti in ghisa sono protette con trattamento di cataforesi.

La superficie dei componenti della pompa in ghisa viene successivamente verniciata con verniciatura a polvere ecologica (tipo NCS 9000N (nera), lucido codice 30, spessore 100 micron), che garantisce elevata protezione da urti e corrosione.

La pompa finale viene montata da componenti già verniciati, che impediscono la formazione di ruggine o incrostazioni nelle scanalature tra i componenti, ecc.

La girante SuperVortex è una girante ad aletta multipala simmetrica.

Il design assicura un flusso completamente fuori dalla girante, che offre un limitato contatto tra la girante e il liquido pompato.

In tal modo si garantisce che fibre lunghe, stracci e altro passino liberamente attraverso la pompa senza che si impiglino e senza causare intasamenti o inceppamenti.

Stampato da Grundfos CAPS [2021.28.003] 1/12

GRUNDFOS

Nome Società:
Creato da:
Telefono:

Data: 11/10/2021

Il sistema di tenuta consiste in due tenute meccaniche il cui scopo è di garantire una tenuta affidabile tra il liquido pompato e il motore. Le tenute meccaniche sono incorporate in un sistema di tenuta a cartuccia singola, facile da sostituire sul posto senza l'uso di attrezzi speciali.

La combinazione della tenuta primaria e secondaria in un sistema di tenuta a cartuccia singola riduce i tempi di montaggio rispetto alle tenute tradizionali.

- Tenuta primaria: Carburo di silicio/carburo di silicio (SiC/SiC)
- Tenuta secondaria: Carbonio/ceramica

La tenuta meccanica è bidirezionale, ovvero funziona correttamente in caso di riflusso attraverso la pompa.

La pompa è omologata EN12050-1.

Motore

Il motore è a tenuta stagna, totalmente incapsulato, con un cavo di alimentazione da 10 m. La spina in acciaio inox è fissata con un dado di raccordo. Il dado e gli O-ring assicurano una tenuta per evitare l'ingresso del liquido.

La spina è riempita di poliuretano, per garantire tenuta stagna e resistenza intorno ai fili del cavo. Ciò impedisce l'ingresso dell'acqua nel motore attraverso il cavo in caso di rottura dello stesso o di errato maneggiamento durante l'installazione o la manutenzione.

Una struttura compatta del motore con un albero corto riduce le vibrazioni, con una conseguente maggiore efficienza e durata della tenuta meccanica e dei cuscinetti a sfere.

Il motore dispone di una protezione termica integrata per proteggere il motore contro il surriscaldamento e garantire l'affidabilità.

Una solida cassa statore con condotti di raffreddamento integrati trasferisce efficacemente il calore in eccesso al liquido pompato tramite una flangia di raffreddamento intermedia in ghisa, che è a diretto contatto con il liquido pompato.

Ciò consente il funzionamento continuo anche in un'installazione a secco.

Una camicia in acciaio inox estremamente robusta e resistente agli urti con una liscia facile da pulire è montata sulla parte superiore della cassa statore.

La pompa è stata progettata per il funzionamento a velocità variabile, al fine di mantenere al minimo il consumo energetico.

Per evitare il rischio di sedimentazione nei tubi, si consiglia di utilizzare la velocità variabile della pompa in un intervallo dal 30% al 100% della velocità nominale ed una velocità del flusso superiore a 1 m/s.

Controlli:
Sensore acqua nell'olio: senza sensore acqua in olio

Liquido:
Gamma temperatura del liquido: 0 .. 40 °C

Tecniche:

Materiale:

Installazione:
T max amb: 40 °C
Max pressione di funzionamento: 6 bar

GRUNDFOS

Nome Società:
Creato da:
Telefono:

Data: 11/10/2021

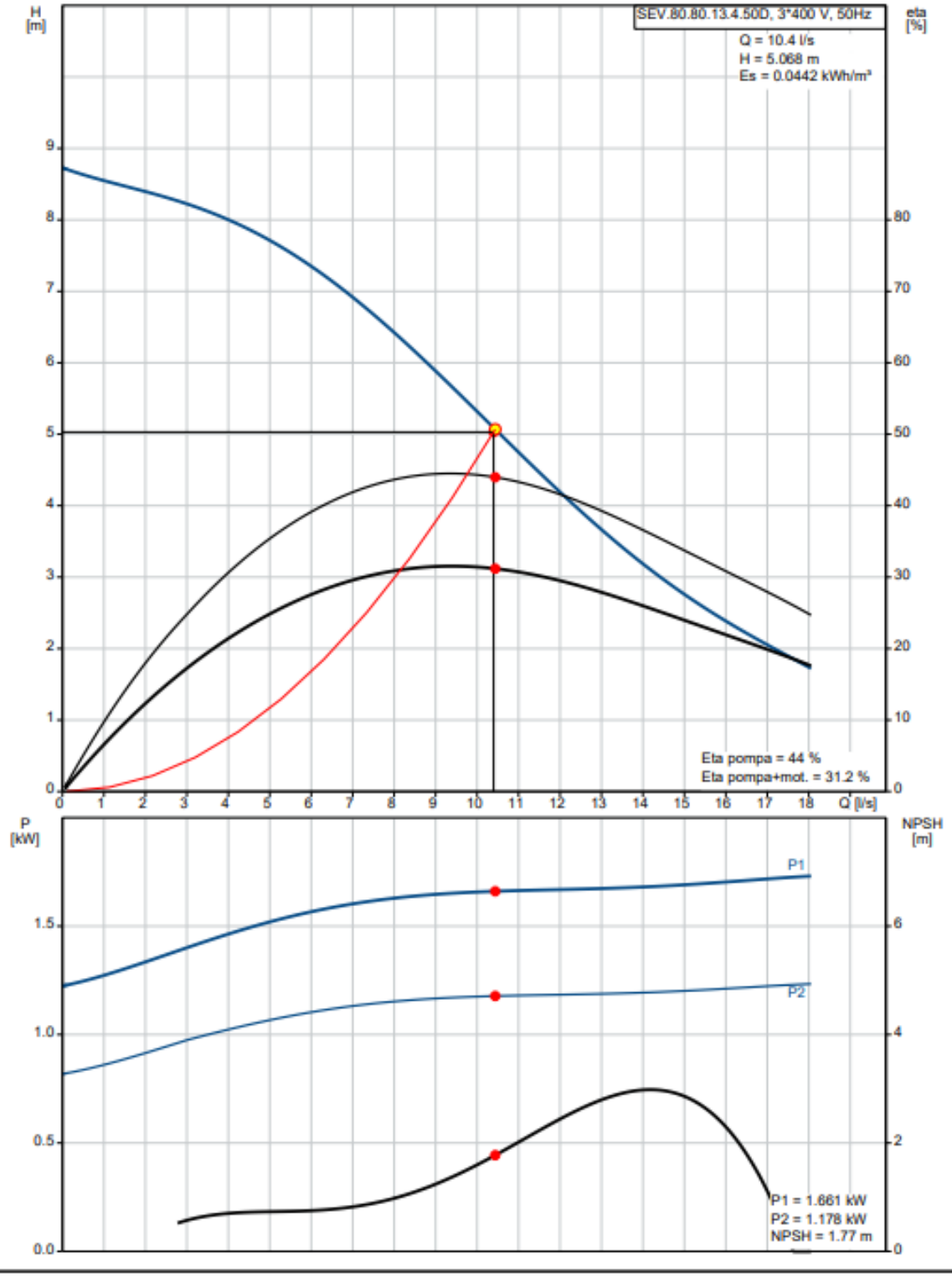
Q.tà	Descrizione
	Dati elettrici:
	Toller. voltaggio: +6/-10 %
	Corrente di avvio: 22 A
	Cos phi - fattore di potenza: 0.72
	Cos fi - fattore di potenza a carico nullo: 0.15
	Cos fi - fattore di potenza a 3/4 di carico: 0.63
	Cos fi - fattore di potenza a 1/2 carico: 0.51
	Altro:
	Nazione di origine: HU
	Tariffa convenzione n.: 84137021

GRUNDFOS

Nome Società:
Creato da:
Telefono:

Data: 20/10/2021

96047757 SEV.80.80.13.4.50D 50 Hz



Stampato da Grundfos CAPS [2021.29.005]

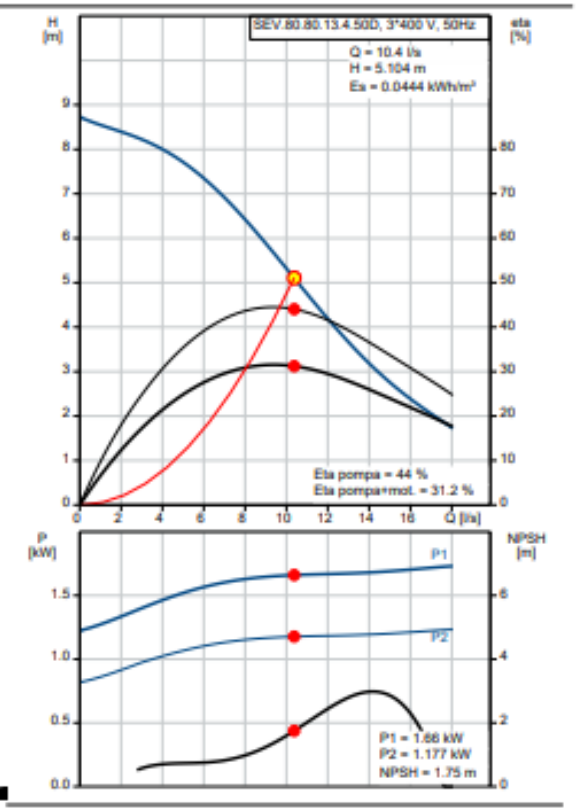
4/12

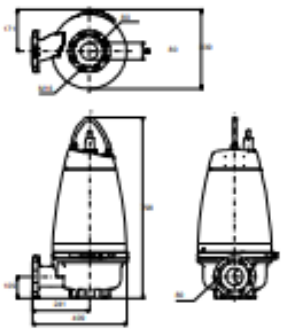
GRUNDFOS

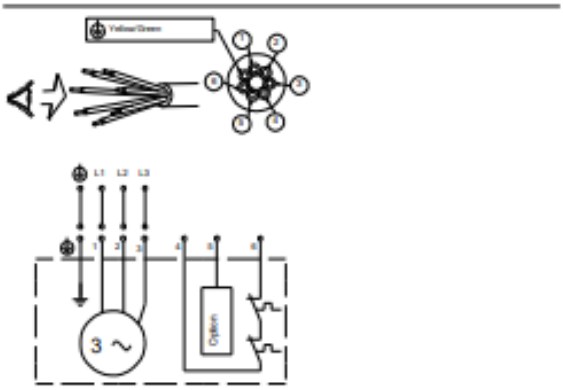
Nome Società:
Creato da:
Telefono:

Data: 15/10/2021

Descrizione	Valore
Informazioni generali:	
Nome prodotto:	SEV.80.80.13.4.50D
Codice prod.:	A richiesta
Codice EAN:	A richiesta
Prezzo:	€ 4471
Tecniche:	
Portata calcolata:	10.4 l/s
Portata massima:	18.1 l/s
Portata massima:	18.1 l/s
Prevalenza della pompa:	5.104 m
Testata max:	8.7 m
Tipo di girante:	SUPER VORTEX
Dimensione max delle particelle:	80 mm
Tenuta meccanica primaria:	SIC/SIC
Max. rendimento idraulico:	44 %
Approvazioni sulla targhetta:	EN12050-1
Tolleranza della curva:	ISO9906:2012 3B2
Camicia di raffreddamento:	Con camicia di raffredamento
Materiale:	
Corpo pompa:	EN 1561 EN-GJL-250
Installazione:	
T max amb:	40 °C
Max pressione di funzionamento:	6 bar
Flangia standard:	DIN
Mandata pompa:	DN 80
Pressione d'esercizio:	PN 10
Profondità max. di installazione:	20 m
Inst. cam.a asciutta/sommersa:	DRY/SUBMERGED
Installazione:	orizzontale o verticale
Accoppiamento automatico:	96090993
Liquido:	
Liquido pompato:	Qualsiasi fluido Newtoniano
Gamma temperatura del liquido:	0 .. 40 °C
Densità:	998.2 kg/m³
Dati elettrici:	
Potenza assorbita - P1:	1.8 kW
Potenza nominale - P2:	1.3 kW
Frequenza di rete:	50 Hz
Tensione nominale:	3 x 380-415 V
Toller. voltaggio:	+6/-10 %
Max. numero avviamenti per ora:	20
Corrente nominale:	3.8-3.9 A
Corrente nominale a 3/4 di carico:	3.2 A
Corrente nominale a metà carico:	2.9 A
Corrente di avvio:	22 A
Corrente nominale in assenza di carico:	2.5 A
Cos phi - fattore di potenza:	0.72
Cos fi - fattore di potenza a carico nullo:	0.15
Cos fi - fattore di potenza a 3/4 di carico:	0.63
Cos fi - fattore di potenza a 1/2 carico:	0.51
Velocità nominale:	1440 giri/min
Coppia a rotore bloccato:	23 Nm
Coppia di rottura:	28 Nm







Stampato da Grundfos CAPS [2021.28.006] 5/12

GRUNDFOS

Nome Società:
Creato da:
Telefono:

Data: 11/10/2021

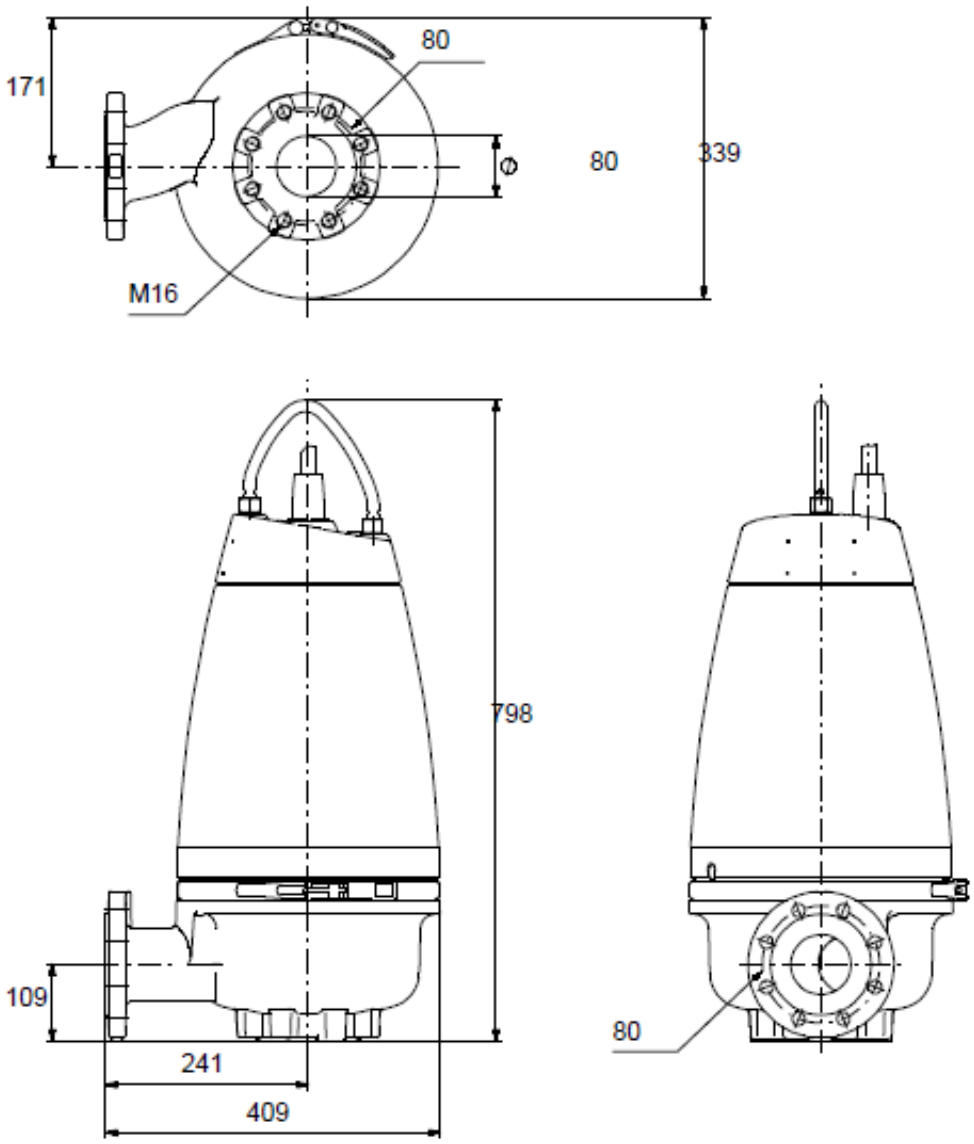
Descrizione	Valore
Momento di inerzia:	0.0165 kg m²
Rendimento motore a pieno carico:	71.7 %
Rendimento motore a 3/4 carico:	69.6 %
Rendimento motore a 1/2 carico:	63.9 %
N. di poli:	4
Tipo di avviamento:	DOL
Classe di protezione (IEC 34-5):	IP68
Classe di isolamento (IEC 85):	F
Antideflagrante:	no
Protezione motore integrata:	Interruttore termico
Protezione termica:	interna
Lunghezza del cavo:	10 m
Tipo di cavo:	LYNIFLEX
Tipo di spina del cavo:	NO PLUG
Controlli:	
Scatola di controllo:	non incluso
Sensore umidità:	N
Sensore acqua nell'olio:	senza sensore acqua in olio
Temp. sensore:	N
Altro:	
Peso netto:	107 kg
Peso lordo:	119 kg
Nazione di origine:	HU
Tariffa convenzione n.:	84137021

GRUNDFOS

Nome Società:
Creato da:
Telefono:

Data: 11/10/2021

96047757 SEV.80.80.13.4.50D 50 Hz



Nota: tutte le misure sono in mm se non diversamente specificato.
Attenzione: il disegno dimensionale semplificato non mostra tutti i dettagli.

Stampato da Grundfos CAPS [2021.28.003]

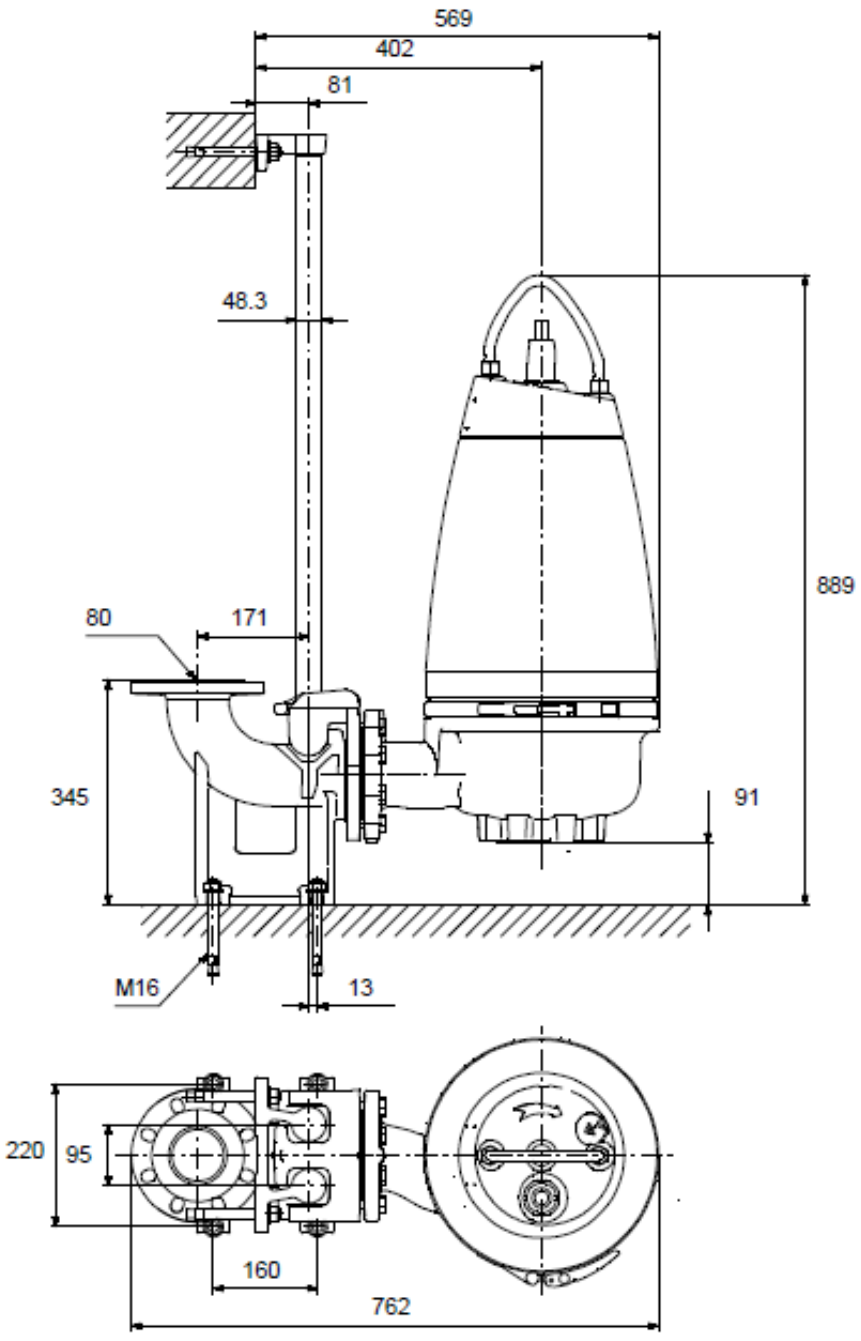
7/12

GRUNDFOS

Nome Società:
Creato da:
Telefono:

Data: 11/10/2021

96047757 SEV.80.80.13.4.50D 50 Hz



Nota: tutte le misure sono in mm se non diversamente specificato.
Attenzione: il disegno dimensionale semplificato non mostra tutti i dettagli.

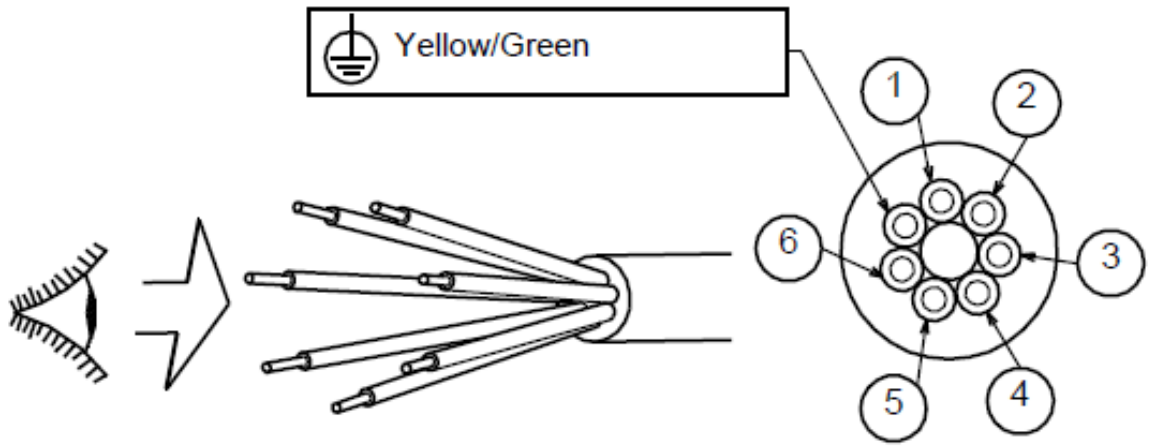
Stampato da Grundfos CAPS [2021.28.003] 8/12

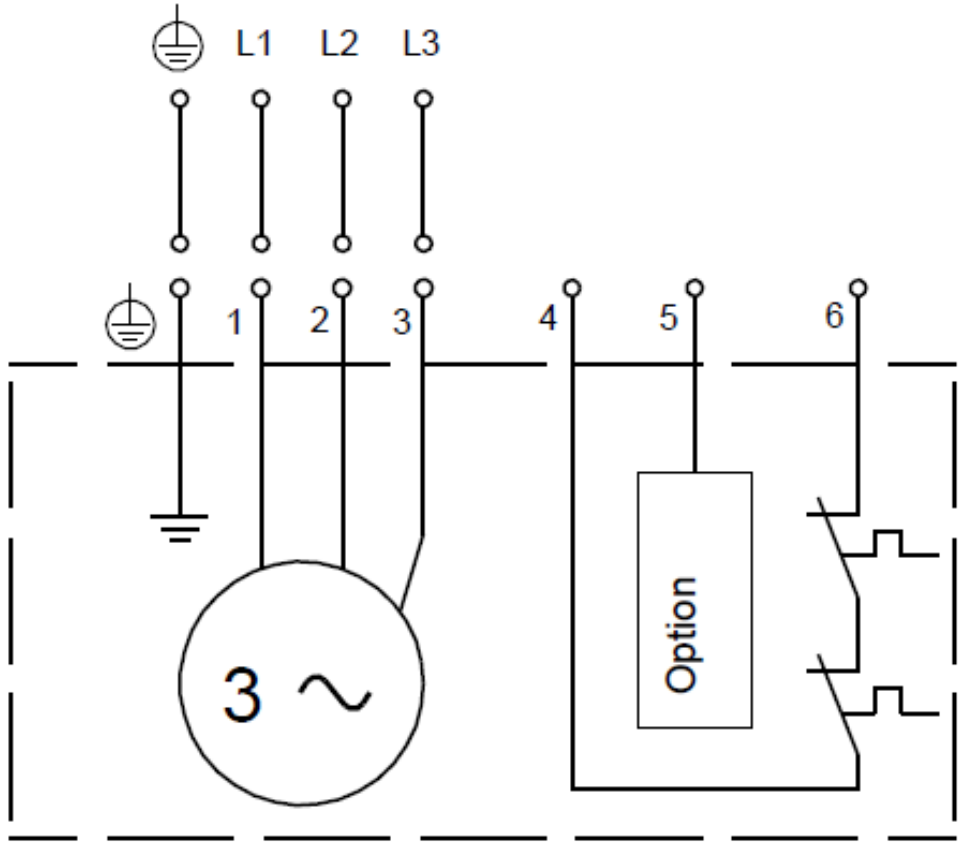
GRUNDFOS

Nome Società:
Creato da:
Telefono:

Data: 11/10/2021

96047757 SEV.80.80.13.4.50D 50 Hz





Unità in [mm] salvo altre indicazioni

Stampato da Grundfos CAPS [2021.28.003] 12/12

6.5 Verifica tubazioni acqua nere

Per la verifica delle tubazioni della rete acque nere si rimanda all'allegato dedicato in calce alla presente relazione.

7 VERIFICA STATICA

7.1 Descrizione

Lo stato di sollecitazione dei tubi interrati si riconduce a quello degli anelli sottili caricati nel piano verticale cioè con un piccolo valore del rapporto tra spessore e diametro della fibra media. La struttura anello opera in regime di pressoflessione e taglio: sollecitata da carichi esterni (peso proprio, rinterro e carichi accidentali), del carico idraulico e delle reazioni del terreno che la struttura mobilita.
Esso si trova nelle migliori condizioni di stabilità quanto più la struttura ad anello sia premuta dalle reazioni che i suoi spostamenti sotto carico provocano: approssimando, cioè, lo stato ideale di compressione pura che si desta nell'anello sottile premuto dall'esterno da un carico radiale uniforme.
Il rapporto tra la condotta, ridotta strutturalmente ad anello, e il terreno è, ovviamente, diverso dallo stato ideale appena descritto.
Esso dipende in modo essenziale dal rapporto tra la rigidezza EI dell'anello e il modulo (di rigidezza) del terreno, pensato, per esempio, alla maniera lineare di Winkler (1867). E con vari comportamenti, com'è evidente: a partire da un anello molto rigido per giungere ad un anello elastico.
Ma in ogni caso, mobilitando la reazione del terreno in varia misura: limitata alla parte inferiore (in assenza di selle di appoggio) nel caso ti tubazioni rigide; aggiungendo una reazione vincolare nel secondo. In questa prospettiva di comportamento i tubi possono essere schematicamente classificati in tre categorie in funzione del rapporto interattivo dell'anello-tubo col terreno: tubi rigidi; tubi flessibili; tubi semi-rigidi.
Le tubazioni vengono classificate secondo il coefficiente di elasticità in sito N di una tubazione di diametro esterno D, di raggio medio R (D-S/2), di spessore S e modulo elastico Et, posata in un terreno di modulo elastico Es, secondo la seguente relazione.

$$N = \frac{E_s}{E_t}\left(\frac{R}{S}\right)^3$$

N<1: La tubazione interrata è definita rigida;
N>1: La tubazione interrata è definita flessibile o deformabile;

7.2 Tubi rigidi

Appartengono a questa categoria le tubazioni in gres, in calcestruzzo e fibrocemento.
I tubi rigidi non subiscono deformazioni significative prima di giungere alla rottura, ma sotto l'azione dei carichi esterni si fessurano senza che la deformazione della sezione possa assumere caratteri significativi.
Il criterio di dimensionamento considera lo stato limite ultimo di rottura.

7.3 Tubi flessibili

Appartengono a questa categoria i tubi di materiale plastico (PE, PEAD, PRFV) e d'acciaio.
I tubi flessibili possono subire deformazioni significative prima di giungere alla rottura: comportamento che concorre, ovviamente ben prima della rottura, alla stabilità per le reazioni laterali sul tubo (spinta passiva) provocate dall'azione del materiale del rinfianco.

Il criterio di dimensionamento considera la massima ovalizzazione ammissibile: è però anche necessaria la verifica all'instabilità (dell'equilibrio elastico).
La stabilità del sistema, tubo flessibile-terreno dipende dalla capacità del rinterro di dar luogo a una reazione passiva di appoggio: cioè del modulo del terreno schematizzato come suolo elastico, il cui valore dipende essenzialmente dalla qualità del rinterro e dalla sua compattazione, cioè dai magisteri impiegati per la sua posa.

7.4 Tipi di trincea

La verifica statica di una tubazione per fognatura si svolge a partire dalla determinazione dei carichi permanenti e accidentali che gravano su di essa.
Nella determinazione del carico permanente che sollecita una condotta interrata un ruolo importante è riservato all'azione del rinterro. Lo studio di questa azione è stato oggetto di numerose ricerche qui si citeranno i risultati ottenuti da A. Marston e M.G. Sprangler.
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 della condotta può subire come corpo rigido o
elasticamente deformabile, porta a diverse possibili configurazioni di carico.
Una prima distinzione riguarda il rapporto della condotta con il terreno ed il piano di posa: se posata sul fondo di una trincea scavata e successivamente riempita; oppure se posata sul terreno naturale e successivamente ricoperta con un rilevato; avendo cura, ovviamente, in entrambi i casi di creare un letto di posa con adatto materiale.
L'interesse per quest'ultimo caso nasce dall'osservazione che le condotte posate in trincea la cui larghezza sia un multiplo significativo del diametro – due o tre volte – si comportano come quelle posate sul terreno e successivamente ricoperte.
Una finale e notevole osservazione è la seguente: la maggiore sollecitazione alla condotta dovuta al peso della terra che la sovrasta si ha al principio della sua esistenza come struttura.
In prospettiva invece, il suo rapporto con il terreno tende a quello di una condotta inserita in un campo indefinito, anche partendo da una trincea stretta. I modi possibili di posa di una condotta sono rappresentati in figura 1, con riferimento alle prescrizioni della Norma UNI 7517, che tratta dei tubi di fibro-cemento.

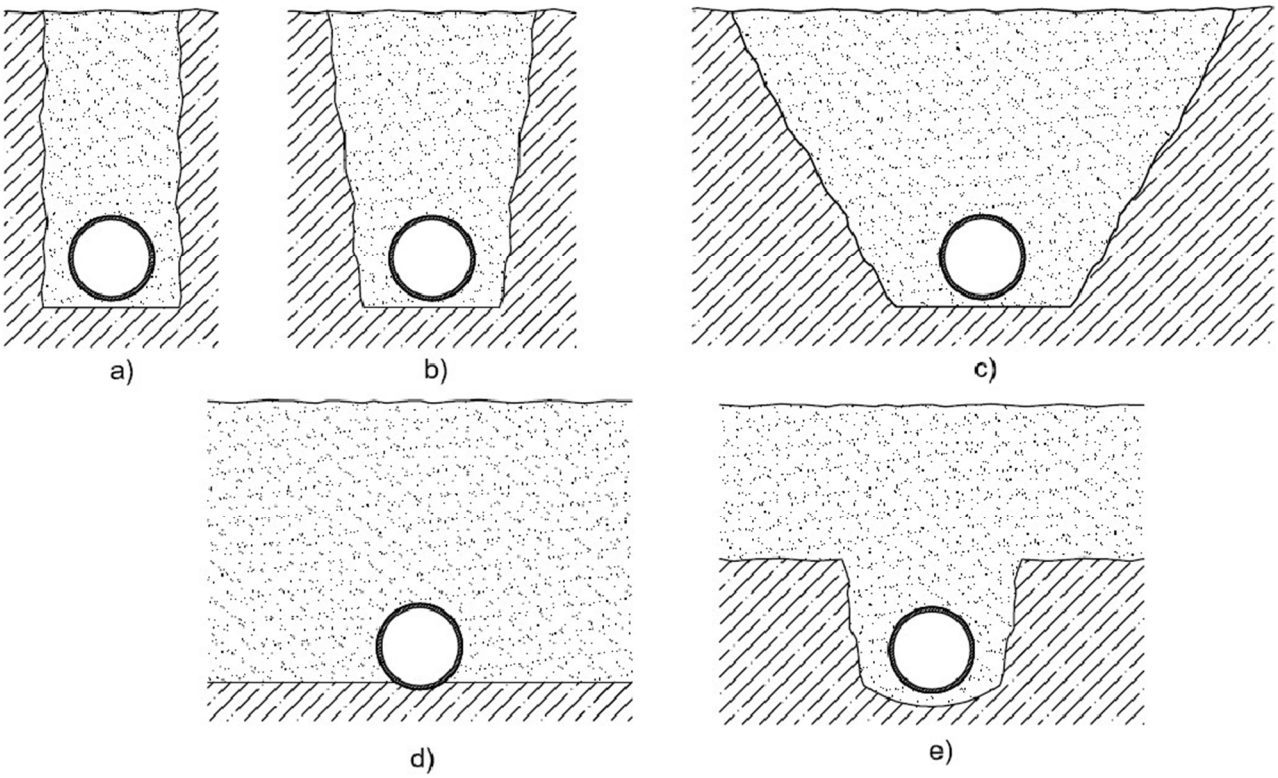
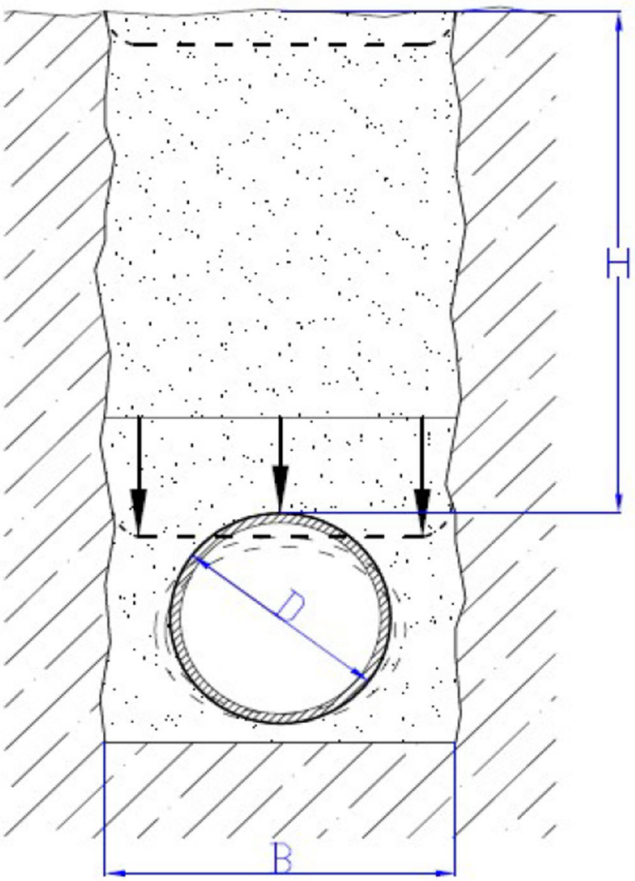


Fig.6 – a) trincea stretta con pareti verticali b) trincea stretta con pareti inclinate c) trincea larga d) trincea indefinita e) trincea stretta con rinterro indefinito

Posa in trincea stretta

La norma UNI considera che una condotta sia posata in trincea stretta quando sia soddisfatta una delle seguenti condizioni:
1. se B≤2D e con H≥1,5B;
2. se 2D≤B≤3D e con H≥3,5B;

Essendo B, la larghezza effettiva della trincea a livello della generatrice superiore del tubo, H la profondità della trincea e D il diametro esterno della condotta.
In questo caso il peso Q del rinterro gravante sul cielo della tubazione è diminuito, rispetto a quello corrispondente al suo volume, per l'azione che l'attrito svolge nel contatto tra il terreno in posto e il rinterro: azione dipendente dal peso specifico γ, dall'angolo di attrito ϕ del terreno indisturbato e dal coefficiente di attrito f nel legame con il rinterro, essendo f≤tg ϕ. Indicato il coefficiente di spinta attiva:



$$K_a = tg^2(45 - \frac{\varphi}{2})$$

E' possibile calcolare il carico Qst alla quota della generatrice superiore della condotta:

$$Q_{st} = C_t \gamma B^2$$

$$C_t = \frac{1 - e^{(-2K_a \frac{fH}{B})}}{2K_a f}$$

Qualora il valore del carico ottenuto dalla precedente espressione risultasse inferiore al peso del prisma sovrastante la condotta (γDH), si consiglia di assumere:

$$Q_{st} = \gamma DH$$

Tale procedura è consigliata nella normativa francese: Ouvrages d'assainissement- Fascicule n. 70 – Janvier 1992.
Se la condotta è di tipo flessibile e i rinfianchi ben compattati, il carico Qst si riduce nel rapporto D/B

$$Q_{st} = C_t \gamma BD$$

DESCRIZIONE DEL TERRENO	ANGOLO DI ATTRITO INTERNO φ [°]	PESO SPECIFICIO γ [kg/mc]	[kN/mc]
Argilla umida comune	12	2000	19,613
Terreno paludoso, torboso (organizo)	12	1700	16,671
Argilla plastica, argilla sabbiosa	14	1800	17,652
Sabbia argillosa	15	1800	17,652
Loess, loess argilloso	18	2100	20,594
Argilla fangosa	20	2000	19,613
Marna, argilla povera	22	2100	20,594
Fango, polvere di roccia	25	1800	17,652
Sabbia non compressa (terreno sabbioso non stabilizzato)	31	1700	16,671
Misto di cava di sabbia e ghiaia	33	2000	19,613
Misto di cava di ghiaia e ciottoli	37	1900	18,633

Posa in trincea larga

Una trincea è definita larga quando non è soddisfatta nessuna delle condizioni indicate dalle relazioni specifiche per i casi di trincea stretta.

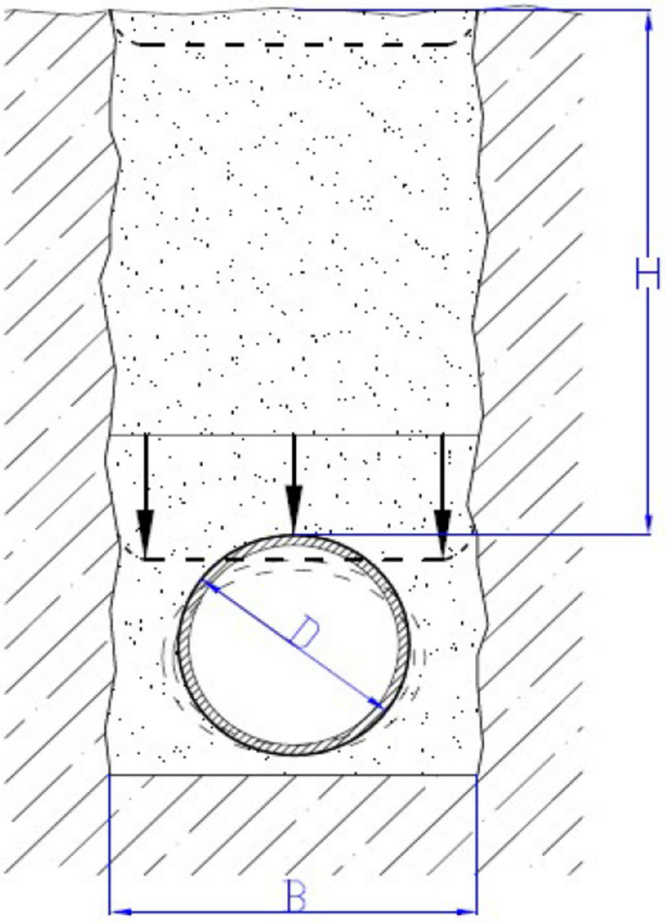
Il carico verticale dovuto al rinterro nelle condizioni di posa in trincea larga è dato dalla formula:

$$Q_{ewt} = C_e \gamma D^2$$

$Q_{ewt} = carico\ verticale\ sul\ tubo\ in\ N/m$

$\gamma = peso\ specifico\ del\ rinterro\ in\ N/m^3$

$D = diametro\ esterno\ del\ tubo$



$C_e = coefficiente\ di\ carico\ del\ terreno\ nella\ posa\ in\ trincea\ larga$

Il coefficiente Ce è funzione del rapporto H/D, delle caratteristiche del terreno e delle modalità di posa, ma, cautelativamente, può essere calcolato tramite le espressioni seguenti:

$$C_e = 0{,}1 + 0{,}85\left(\frac{H}{D}\right) + 0{,}33\left(\frac{H}{D}\right)^2 \quad per\ \frac{H}{D} < 2{,}65$$

$$C_e = 0{,}1 + 1{,}68\left(\frac{H}{D}\right) \quad per\ \frac{H}{D} > 2{,}66$$

Per rinfianco in materiale arido e stabilizzato, praticamente sempre necessario per tubazioni flessibili, risulta Ce=H/D e quindi l'espressione del carico può essere ricondotta alla formula:

$$Q_{st} = \gamma DH$$

Si ritiene che quest'ultima espressione possa essere sempre utilizzata per il calcolo dovuto al rinterro, per tubazioni flessibili.

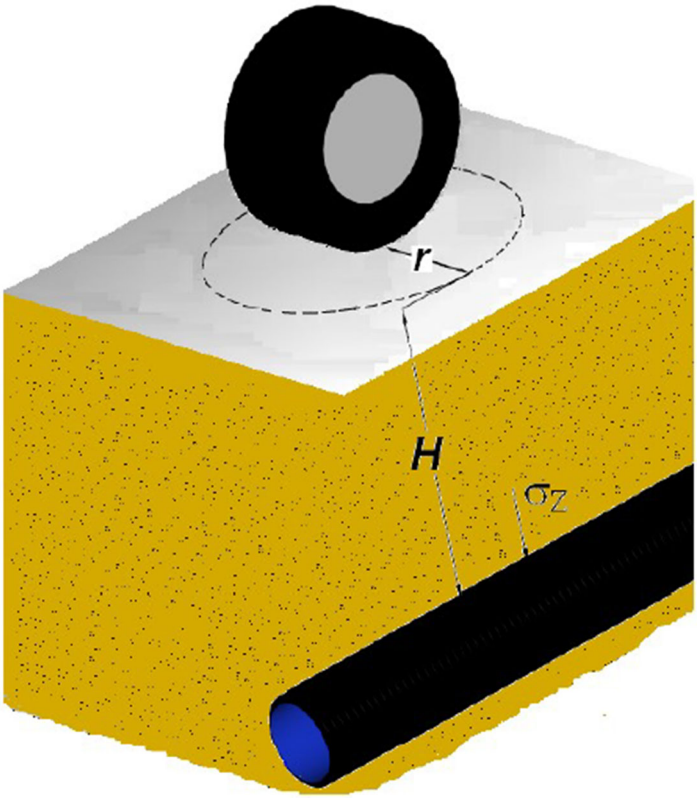
7.5 Azione dei sovraccarichi verticali

I sovraccarichi verticali che gravano sulla condotta sono essenzialmente di due tipi: concentrati o distribuiti; applicati con modalità statica (lentamente) oppure, più spesso, dinamica: il passaggio di un veicolo per esempio.

Essi si diffondono nel terreno e sollecitano variamente la condotta interrata con un carico specifico, a parità di ogni altra condizione, essendo tanto minore il carico quanto più profonda sia la condotta stessa.

Le modalità di diffusione del carico, e quindi la frazione di esso che sollecita la condotta sono legate, oltre che alla profondità, al tipo di carico, alla distribuzione dei carichi concentrati (l'interasse delle ruote, per esempio per un carico mobile) e all'estensione del carico, se distribuito: principalmente per determinare quale sia l'estensione di condotta esposta alla sua azione.

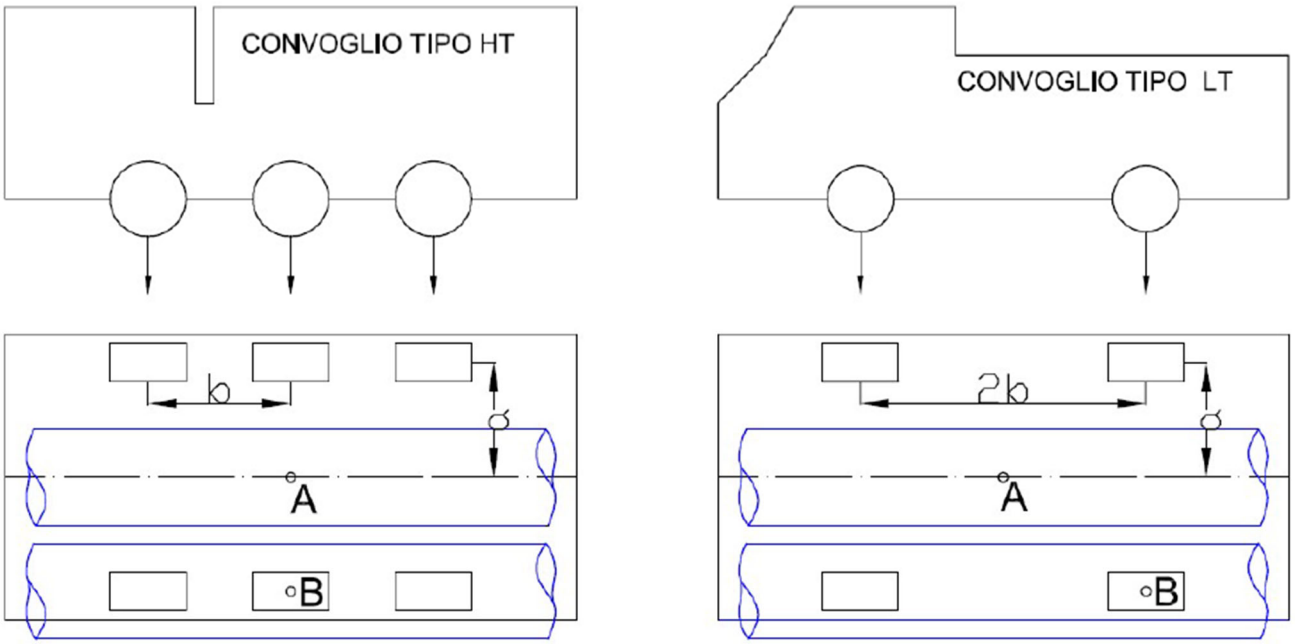
I casi di interesse sono: carico concentrato e puntuale sulla verticale della generatrice superiore della condotta; carichi concentrati da convoglio; carichi uniformemente distribuiti.



Fissato l'asse verticale z, di riferimento coincidente con la retta di azione del carico P, il valore della tensione σ_z (compressione) alla profondità z sulla circonferenza di raggio r:

$$\sigma_Z = \frac{3P}{2\pi} \frac{z^3}{(z^2 + r^2)^{\frac{5}{2}}}$$

Occorre rilevare come l'aumento della profondità concorra in modo notevole a diminuire il carico specifico. L'equazione consente di calcolare la tensione specifica □Z trasmessa alla condotta quale sia la composizione del carico: con più facilità per i carichi concentrati; con un'integrazione estesa alla superficie interessata da quelli distribuiti.
I convogli tipo secondo DIN1072 sono rappresentati dai due tipi di autocarro: pesante HT e leggero LT, secondo gli schemi indicati



Si riporta il carico per ruota per veicoli normali tratto dalla DIN 1072

CLASSE HT	Carico per ruota P [kN]	Classe LT	Carico per ruota	
			Anteriore (Pa)	Posteriore (pp)
60	12	12	20	40
45	12	6	15	20
38	14	3	5	10
30	15	-		
26	31	-		

Indicato con 2a l'interasse tra le ruote in senso trasversale, con 2b quello longitudinale per la classe LT e con b l'interasse per la classe HT, si vuole determinare con riferimento alla classe HT il carico unitario □Z nei due casi seguenti: condotta in posizione assiale (punto A); condotta posta direttamente sotto il treno di ruote (punto B).

$$\sigma_z(A) = \frac{3P}{2\pi H^2} \left[2\left(1 + \frac{a^2}{H^2}\right)^{\frac{-5}{2}} + 4\left(1 + \frac{a^2 + b^2}{H^2}\right)^{\frac{-5}{2}} \right]$$

$$\sigma_z(B) = \frac{3P}{2\pi H^2}\left[1 + (1 + \frac{4a^2}{H^2})^{\frac{-5}{2}} + 2(1 + \frac{b^2}{H^2})^{\frac{-5}{2}} + 2(1 + \frac{4a^2 + b^2}{H^2})^{\frac{-5}{2}}\right]$$

L'applicazione dell'equazione relativa ad una condotta interrata in posizione assiale rispetto ai veicoli in transito fornisce per altezze di ricoprimento inferiori a 2 m (H<2m), valori sensibilmente inferiori a quelli che si ottengono nel caso di condotta posata sotto agli pneumatici dei veicoli.
Questo perché i carichi relativamente lontani da A hanno un effetto modesto alle basse profondità, tale effetto diventa significativo per H>2 m.
Nel caso di veicoli di classe LT la condizione più gravosa risulta quella in cui la condotta venga posata in prossimità del passaggio degli pneumatici (B) ed in particolare di quelli posteriori.
Considerando che la norma fissa il carico sulle ruote posteriori, doppio rispetto a quello sulle anteriori:

$$\sigma_z(B) = \frac{3P_a}{2\pi H^2}\left[2 + 2(1 + \frac{4a^2}{H^2})^{\frac{-5}{2}} + (1 + \frac{4b^2}{H^2})^{\frac{-5}{2}} + (1 + \frac{4a^2 + 4b^2}{H^2})^{\frac{-5}{2}}\right]$$

Le equazioni possono essere esplicitate considerando a = 1m e b = 1,5 m per convogli tipo.

$$Convoglio\ HT = \sigma_z = 0{,}5281\frac{P}{H^{1{,}0461}}$$

$$Convoglio\ LT = \sigma_z = 0{,}8743\frac{P_a}{H^{1{,}5194}}$$

valori di σz calcolati si incrementano per carico dinamico, di un coefficiente ϕ così determinato:

$\varphi = 1\ carico\ statico$

$\varphi = 1 + \frac{0{,}3}{H} per\ strade\ e\ autostrade$

$\varphi = 1 + \frac{0{,}6}{H}\ per\ ferrovia$

Si può calcolare il carico Pv che sollecita una condotta di diametro D(esterno) alla profondità H:

$$P_v = \sigma D \varphi$$

7.6 Sovraccarichi distribuiti

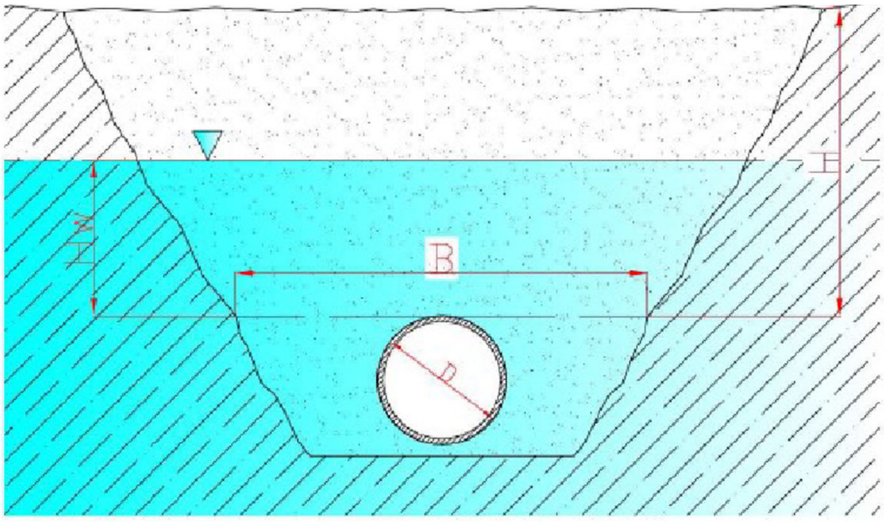
Per il caso di carico uniformemente distribuito p per unità di superficie sull'area AL, A, il carico per unità di lunghezza sulla generatrice superiore del tubo con altezza di ricoprimento H, è dato da:

$$P_{vd} = C_d p D \varphi$$

Dove il valore Cd è tabellato e dipende da A/2H e L/2H

7.7 Azioni dovute all'acqua

Posa in presenza di una falda



Nel caso in cui la canalizzazione fosse posta sotto il livello della falda freatica è da porre in conto la pressione idrostatica che la falda esercita sulla condotta. Indicata con HW l'altezza della superficie libera della falda sulla sommità della canalizzazione, il carico dovuto alla pressione idrostatica esterna è dato dall'espressione:

$$Q_w = \gamma_w \left(H_w + \frac{D}{2} \right) D$$

Dove γ_w è il peso specifico dell'acqua in N/m3.

Si considera il peso dell'acqua che occupa l'intera sezione della condotta oppure la sezione con grado di riempimento 75%, i carichi Pa sono rispettivamente (γW:9,810 N/m3):

$$P_a = 7{,}70\ d^2\ [kN/m]$$

$$P_a = 6{,}20\ d^2\ [kN/m]$$

7.8 Verifica statica di tubazioni rigide

La verifica statica delle tubazioni rigide (calcestruzzo armato) deve essere eseguita utilizzando il metodo diretto

$$\frac{K_r}{Q_s} > \eta$$

in cui:

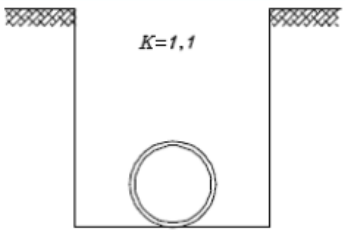
$K_r =$ è *il carico di rottura in trincea* $(F_n * K)$

$K = coefficiente\ di\ posa\ che\ dipende\ dalla\ rigidezza\ del\ piano\ di\ posa\ (K = 2{,}0)$

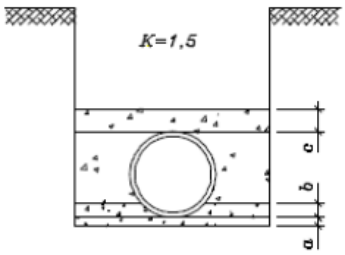
$F_n = carico\ di\ rottura\ per\ schiacciamento\ della\ tubazione$

$Q_s = sommatoria\ dei\ carichi\ esterni\ (Q_s = q_{st} + P + P_{vd} + Q_w + P_a)$

$\eta = coefficiente\ di\ sicurezza = 1{,}4$



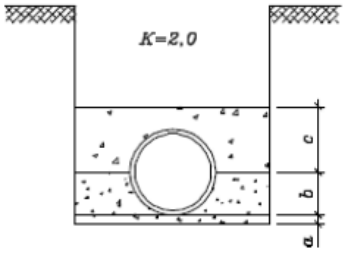
Tipo 1
Semplice appoggio sul fondo della trincea Rinterro non costipato eseguito con materiale di scavo.



Tipo 2
Appoggio su letto di materiale granulare fine e rinterro con materiale granulare fine o con materiale proveniente dagli scavi leggermente costipato.

$a = 0.10\ m + \frac{1}{10} D$

$b = \frac{1}{6} D \qquad c \geq 0.30$

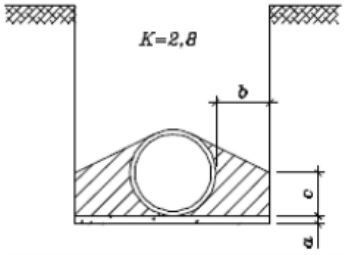


Tipo 3
Appoggio su letto di materiale granulare fine e rinfianco con materiale granulare fine entrambi accuratamente costipati. Rinterro leggermente costipato esente da zolle.

$a = 0.10\ m + \frac{1}{10} D$

$b = 0.5\ D$

$c = 0{,}5\ D + 0{,}30\ m$



Tipo 4
Appoggio su letto di materiale granulare fine e parziale colmatura in calcestruzzo degli spazi laterali.

$a = 0.10\ m + \frac{1}{10} D$

$b = \frac{1}{4} D\ (min.\ 0{,}10\ m)$

$c \geq \frac{1}{3} D$

7.9 Verifica statica di tubazioni flessibili

Per la verifica statica di tubazioni flessibili si può fare riferimento alla norma AWWA (American Water Works Association) C950/88. Le verifiche vanno effettuate considerando caratteristiche a lungo termine dei materiali, dal momento che i materiali plastici presentano un decadimento nel tempo delle caratteristiche meccaniche.

Le operazioni da effettuare per la verifica statica delle tubazioni flessibili sono le seguenti:

- calcolo e verifica dell'inflessione diametrale a lungo termine;
- calcolo e verifica della sollecitazione o deformazione a flessione della sezione trasversale;
- calcolo e verifica del carico critico di collasso.

Se una di queste tre verifiche non dovesse risultare positiva occorrerà una delle seguenti misure:

- migliorare i parametri di installazione
- migliorare le proprietà meccaniche della parete strutturale del tubo;
- una combinazione delle precedenti misure.

Inflessione diametrale

L'inflessione massima anticipata nella tubazione, con il 95% di probabilità, è fornita dall'espressione:

$$\Delta y = \frac{(D_e W_C + W_L) K r^3}{E_t I + 0{,}061 K_a E_S r^3} + \Delta a$$

$\Delta y = inflessione\ verticale\ del\ tubo\ [cm]$
$D_e = fattore\ di\ ritardo\ dell'inflessione$
$W_C = carico\ verticale\ del\ suolo\ sul\ tubo\ [N/cm]$
$W_L = carico\ mobile\ sul\ tubo\ [N/cm]$
$K_x = coefficiente\ di\ inflessione\ dipendente\ dalla\ capacità\ del\ suolo\ di\ sostentere\ il\ tubo$
$r = raggio\ medio\ del\ tubo\ [cm]$
$I = momento\ di\ inerzia\ di\ una\ lunghezza\ unitaria\ di\ tubo$
$E_t = modulo\ elastico\ del\ materiale\ di\ costruzione\ del\ tubo$
$E_t I = fattore\ di\ rigidità\ trasversale\ per\ la\ tubazione\ [Ncm]$
$E_s = modulo\ elastico\ del\ terreno\ [N/cm^2]$
$K_a = \Delta a\ sono\ parametri\ che\ consentono\ di\ passare\ dall'inflessionemedia$
$(50\%\ di\ probabilità)\ all'inflessionemassima\ caratteristica\ (95\%\ di\ probabilità)$

TIPO DI RINTERRO	De
Rinterro poco profondo con grado di costipamento da moderato ad elevato	2,0
Materiale scaricato alla rinfusa o grado di costipamento leggero (scarso)	1,5

TIPO DI INSTALLAZIONE	ANGOLO EQUIVALENTE [°]	COEFFICIENTE Kx
Fondo sagomato con materiale di riempimento ben costipato ai fianchi del tubo (densità proctor≥95%) o materiale di letto e rinfianco di tipo ghiaioso leggermente costipato (densità Proctor ≥70%).	180	0,083
Fondo sagomato con materiale di riempimento moderatamente costipato ai fianchi del tubo (densità Proctor ≥85% e <95%) o materiale di letto e rinfianco di tipo ghiaioso	60	0,103
Fondo piatto con materiale di riempimento sciolto posato ai fianchi del tubo (non raccomandato)	0	0,110

ALTEZZA H del rinterro [m]	Δa	Ka
H≤4,9 m	0	0,75
H>4,9 m e materiale scaricato alla rinfusa con leggero grado di costipamento	0,02 D	1,0
H>4,9 m e materiale con moderato grado di costipamento	0,01 D	1,0
H>4,9 m e materiale con elevato grado di costipamento	0,005 D	1,0

L'inflessione massima a lungo termine delle tubazioni flessibili interrate non dovrà superare il valore cui corrisponde la sollecitazione o deformazione ammissibile stabilita dal fabbricante.
L'inflessione dovrà comunque non inficiare la funzionalità dell'opera: compresa la tenuta dei giunti e l'integrità dell'eventuale rivestimento.
L'inflessione è fortemente dipendente dal modulo di reazione del suolo e, praticamente, inversamente proporzionale al medesimo, mentre dipende relativamente poco dal fattore di rigidità della tubazione e di conseguenza è anche poco influenzata dal decadimento nel tempo delle caratteristiche meccaniche (diminuzione di Et).
Ai fini del contenimento dell'inflessione è quindi teoricamente più conveniente agire sul miglioramento delle condizioni di posa (sottofondo e rinfianco con terreno a grana grossolana e costipamento del letto e del rinfianco) piuttosto che sull'aumento dell'indice di rigidezza delle tubazioni impiegate.

Deformazione massima di flessione

La sollecitazione o deformazione massima di flessione che risulta dall'inflessione del tubo non deve eccedere la resistenza a flessione del prodotto, ridotta di un fattore di sicurezza.

$$\sigma = D_f E_t (\frac{\Delta y}{D})(\frac{s}{D}) \leq \frac{\sigma_{lim}}{\mu}$$

$$\varepsilon = D_f (\frac{\Delta y}{D})(\frac{s}{D}) \leq \frac{\varepsilon_{lim}}{\mu}$$

$\sigma = tensione\ dovuta\ alla\ deflessione\ diametrale\ [N/cm^2]$
$\sigma_{lim} = tensione\ limite\ ultima\ [N/cm^2]$

D_f
$= fattore\ di\ forma, privo\ di\ dimensioni, i\ cui\ valori\ sono\ stati\ parametrizzati\ dalla\ norma\ ANSI - AWWA\ C950/88$
$\mu = coefficiente\ di\ sicurezza, fissato\ dalla\ norma\ pari\ a\ 1{,}5$
$\varepsilon = deformazione\ massima\ risultante$
$\varepsilon_{lim} = deformazione\ limite\ ultima$
i valori ε e ε_{lim} vengono forniti dal produttore della tubazione.

Si definisce indice di rigidità trasversale la grandezza:

$$RG = \frac{E_t I}{D_m^3}$$

$Dm = diametro\ medio\ della\ condotta$

Verifica all'instabilità all'equilibrio elastico

Una tubazione sollecitata da forze radiali uniformemente distribuite e dirette verso il centro di curvatura, dapprima rimane circolare, poi, all'aumentare delle forze, si riflette ovalizzandosi (deformata a due lobi) e progressivamente si ha deformata a tre lobi, ecc.
Il carico critico p_{cr} per unità di superficie vale:

$$p_{cr} = (n_L^2 - 1)\frac{E_t I}{r^3}$$

dove n_L è il numero di lobi della deformata.

Il carico critico che provoca la deformazione a due lobi è quindi pari a:

$$p_{cr} = 3\frac{E_t I}{r^3} = 24RG$$

La forza critica per unità di lunghezza che determina l'instabilità elastica è:

$$p_{cr} = p_{cr} D$$

In una tubazione interrata, la pressione che determina l'instabilità elastica dipende non solamente dall'indice di rigidezza della tubazione RG, ma anche dal modulo elastico Es del suolo che circonda la tubazione in quanto il sistema terreno tubazione si comporta come un'unica entità.
La norma ANSI-AWWA C950/88 fornisce la seguente espressione di stima della pressione ammissibile:

$$q_a = (\frac{1}{FS})(32 R_W B' E_s \frac{E_t I}{D^3})^{\frac{1}{2}}$$

$q_a = pressione\ di\ schiacciamenot\ ammissibile\ [N/cm^2]$

$FS = il\ fattore\ di\ progettazione\ paria\ 2{,}5$
$R_W = fattore\ di\ spinta\ idrostatica\ in\ presenza\ di\ falda$
$R_W = 1 - 0{,}33\left(\frac{H_w}{H}\right) con\ Hw\ compreso\ tra\ 0\ e\ H$
$B' = coefficiente\ empirico\ di\ supporto\ elastico\ B' = 1/(1 + 4e^{-0{,}213H})$
$H = altezza\ di\ rinterro\ [cm]$
$H_W = altezza\ della\ superficie\ libera\ della\ falda\ sulla\ sommità\ della\ tubazione\ [cm]$
La norma americana precisa che la relazione precedente risulta valida nelle seguenti condizioni:
- senza vuoto interno: H≥60 cm;
- con vuoto interno: H≥120 cm;
L'espressione precedente mostra come la pressione ammissibile di schiacciamento, sia condizionata in egual misura dall'indice di rigidezza della tubazione e dal modulo elastico del materiale di sottofondo e rinfianco della tubazione.
Quando la verifica all'instabilità elastica non è soddisfatta converrà in generale prevedere l'uso di una tubazione a più elevato indice di rigidezza.
Quando si è in presenza di inflessioni diametrali Δy/D prossime al valore massimo ammissibile si dovrà usare un fattore di progettazione FS=3.
La verifica all'instabilità elastica si esegue confrontando la pressione ammissibile qa con la risultante della pressione dovuta ai carichi esterni applicati.
La norma ANSI-AWWA considera due casi:
- depressione interna a causa di transitori;
- sovraccarichi mobili.
In presenza di depressione interna dovrà risultare:

$$\gamma_W H_W + R_W \frac{W_C}{D} + P_V \leq q_a$$

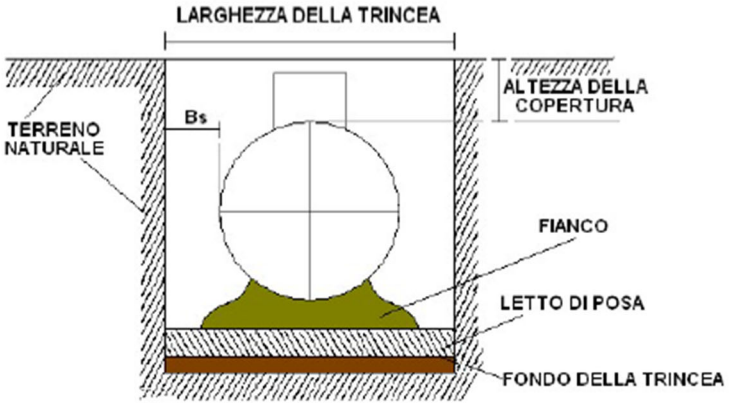
Dove:
PV è la depressione interna in N/cm2 (pressione atmosferica meno pressione assoluta interna).
In presenza di sovraccarichi mobili dovrà risultare:

$$\gamma_W H_W + R_W \frac{W_L}{D} + P_V \leq q_a$$

L'inflessione diametrale e conseguentemente le sollecitazioni e le deformazioni, come pure la pressione massima ammissibile di schiacciamento, in una tubazione flessibile interrata dipendono in maniera determinante dal modulo di elasticità del suolo e quindi dal tipo di terreno utilizzato per il sottofondo ed il rinfianco della tubazione e dal suo grado di costipamento.
Il progettista dovrà accuratamente definire quindi le condizioni di posa e valutare attentamente se la posa della struttura può, nel tempo, subire alterazioni per effetto di altri interventi antropici, quali ad esempio la posa di altri sottoservizi, nello stesso suolo. Il direttore dei lavori dovrà accettare che le modalità esecutive dell'opera consentano di ottenere i requisiti di posa previsti in progetto.

7.10 Note sulla posa e sui materiali

- Secondo quanto specificato si evince che una posa secondo norma prevede un ricoprimento minimo di almeno un metro dall'estradosso del tubo.
- Si consiglia vivamente massima attenzione nella classificazione del terreno indisturbato e nella scelta degli inerti di rinfianco e nella corretta compattazione del rinfianco stesso; questi risultano i fattori che maggiormente influenzano la corretta riuscita del lavoro.
- La norma inoltre non prende in considerazione la posa di condotte su livelli sovrapposti.
- Nel caso di sistemi di tubazioni posati in trincea a scalini il materiale di rinterro della zona del tubo deve essere granulare e deve essere con classe di compattazione W (buona).
- Sistemi di tubazioni paralleli posati assieme in una trincea comune devono essere separati sufficientemente da permettere ad una eventuale attrezzatura di compattazione di compattare il materiale di ripiena nella zona del tubo, tra i tubi. Una distanza maggiore di almeno 150 mm della larghezza del pezzo più largo dell'equipaggiamento di compattazione utilizzato è considerata sufficiente come distanza tra i tubi.
- Valori tipici da considerare per dimensionare la larghezza della trincea, salvo terreni instabili o scavi profondi.



Dimensioni nominali DN	B_S
DN≤300	200
300<DN≤900	300
900<DN≤1600	400
1600<DN≤2400	600
2400<DN≤3000	900

La resistenza meccanica di una tubazione dovrebbe essere determinata, decisa o specificata prima di intraprendere i lavori di installazione in conformità alla EN 752-3 (Connessioni di scarico e collettori di fognatura all'esterno degli edifici) e alla EN 1295-1. Nell'esecuzione dei lavori, ci si deve assicurare che i dati su cui si basa il progetto vengano rispettati o adattati a eventuali nuove
condizioni:
- larghezza della trincea rispetto alla larghezza prevista
- profondità della trincea rispetto alla profondità prevista;
- sistema di casseratura delle pareti della trincea e conseguenze della sua rimozione;
- grado di costipamento del rivestimento;
- grado di costipamento del riempimento propriamente detto;
- supporto dei tubi e condizioni del fondo della trincea;
- traffico nel cantiere e carichi temporanei;

- tipi di terreno e parametri relativi (per esempio sottosuolo, pareti della trincea, riempimento);
- profilo trasversale della trincea (per esempio trincea a gradini o a pareti inclinate);
- condizione del terreno e del suolo (per esempio gelo e disgelo, pioggia, neve allagamento);
- livello della falda freatica;
- altre tubazioni nella stessa trincea.

- I materiali usati per il rivestimento devono essere conformi per garantire la stabilità permanente e la resistenza meccanica della tubazione interrata. Tali materiali non devono essere nocivi per il tubo o per i materiali del tubo o per la falda freatica.
- I materiali usati per il riempimento devono essere conformi ai requisiti di progetto. I materiali possono essere terreno di origine, se si è dimostrato essere adatto, oppure materiali provenienti da altri luoghi.
- I materiali utilizzati per il riempimento propriamente detto (riporto tra la sommità del rivestimento e la superficie del suolo, la sommità del terrapieno, o laddove applicabile, la base della massicciata stradale o ferroviaria) devono essere conformi ai requisiti di progetto. Per il riempimento propriamente detto si possono utilizzare i materiali specificati al punto precedente.
- Le trincee devono essere progettate e scavate in maniera tale da garantire un'installazione corretta e sicura delle tubazioni. Se per la costruzione, è necessario accedere alle pareti esterne di pareti sotterranee, per esempio pozzetti, si deve prevedere uno spazio di lavoro minimo protetto largo 0,50 m.

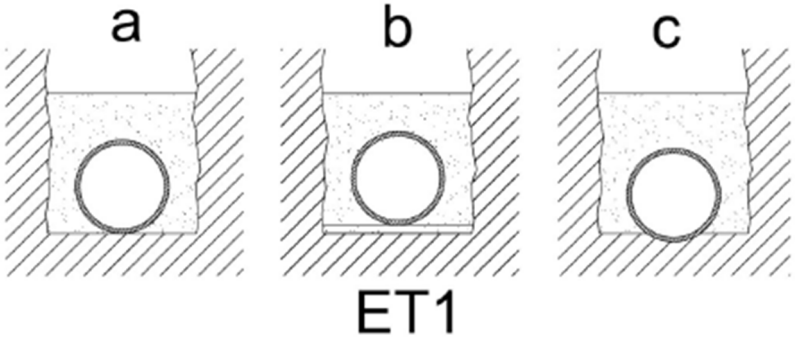
  Laddove due o più tubi vengano posati nella stessa trincea o sotto un terrapieno, si deve rispettare una distanza orizzontale minima tra le tubazioni. Se non viene specificato altrimenti, essa dovrà essere di 0,35 m per tubi fino a DN700 compreso e di 0,50 m per tubi maggiori di DN700. Laddove necessario si devono prevedere misure di sicurezza adeguate per le altre tubazioni di alimentazione, connessioni di scarico e collettori di fognatura, costruzioni o superfici, al fine di proteggerle dal rischio di danneggiamenti.
- La larghezza delle trincee non deve superare il valore massimo specificato nel calcolo di progetto allegato.

DIAMETRO NOMINALE	LARGHEZZA MINIMA		
	Trincea supportata	Trincea non supportata	
		B>60°	B<60°
< 225	De + 0,40	De + 0,40	
>225 <350	De + 0,50	De + 0,50	De + 0,40
>350 <700	De + 0,70	De + 0,70	De + 0,40
>700 <1200	De + 0,85	De + 0,85	De + 0,40
> 1200	De + 1,00	De + 1,00	De + 0,40

- La larghezza minima delle trincee deve essere il valore più grande tra quelli tratti dalle tabelle sottostanti

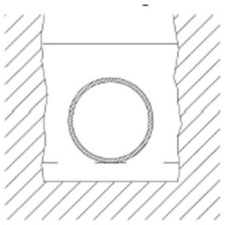
PROFONDITA' DELLA TRINCEA m	LARGHEZZA MINIMA DELLA TRINCEA m
< 1,0	Non richiesta
>1,0 <1,75	0,80
>1,75 <4,00	0,90
>4,00	1,00

- Durante i lavori di installazione, gli scavi dovrebbero essere mantenuti privi d'acqua, per esempio acqua piovana, acqua di infiltrazione, acqua di sorgente o acqua proveniente da perdite nelle tubazioni. I metodi di drenaggio non devono influire sui rivestimenti e sulle tubazioni. Si devono prevedere precauzioni per evitare la perdita di materiale fine durante il drenaggio.
  Laddove esista il rischio di galleggiamento durante l'installazione, i tubi devono essere mantenuti in sito mediante carichi o ancoraggi adeguati.
  Nel caso di tubazioni con scorrimento dell'acqua a gravità, può essere necessario ancorare saldamente i raccordi, magari soltanto temporaneamente, durante la prova di tenuta all'acqua.
- Laddove necessario, si devono prevedere delle nicchie per i bicchieri per concedere spazio sufficiente per l'esecuzione del corretto accoppiamento e per impedire che il tubo poggi sul giunto. La nicchia per il bicchiere non dovrebbe essere più grande di quanto sia necessario per effettuare il corretto montaggio del giunto.
- Si devono osservare anche le eventuali istruzioni di posa provenienti principalmente da altre norme pertinenti o dal costruttore del tubo.
- Vengono fornite alcune indicazioni relative alla composizione del letto di posa e del riempimento indicate dal progetto di norma UNI EN 1295-3. Si possono vedere quattro tipologie di allettamento: (le linee continue nella trincea rappresentano un confine tra materiali aventi proprietà differenti.
  Linee spezzate indicano un passo della costruzione).



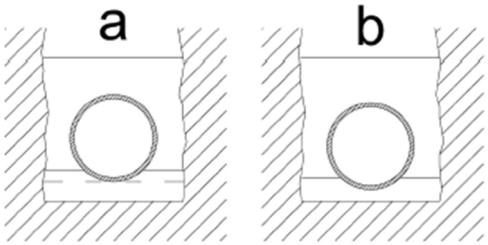
ET1: (allettamento tipo 1 comprende le condizioni a-b-c): il tubo si
appoggia direttamente sul fondo della trincea che in precedenza può essere o meno predisposto. Se il fondo naturale della trincea venisse predisposto appositamente, questo potrebbe essere preparato (b) o appositamente sagomato (c). Sono richieste le stesse proprietà relative alla tipologia di suolo e al grado di compattazione sia per la zona del rinfianco, che per quella del riempimento compreso ai fianchi della

condotta. Il suolo naturale presente in situ costituisce il letto di posa e, se possiede le stesse caratteristiche del materiale di allettamento, la tipologia di posa a può essere considerata alla stregua del caso ET2.



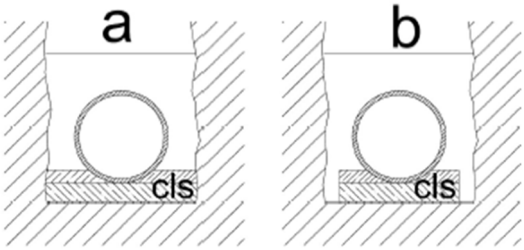
ET2

ET2 (allettamento tipo 2): il tubo ha un letto di posa che viene specificamente predisposto utilizzando lo stesso materiale utilizzato per il rinfianco e per la zona del riempimento in accordo con le principali norme di installazione. Sono richieste le stesse proprietà del terreno e del grado di compattazione sia per il letto di posa che per zone di rinfianco e di riempimento della trincea.



ET3

ET3 (allettamento tipo 3, include i casi a e b): le proprietà del terreno relative alla tipologia di materiale ed al grado di compattazione sono differenti tra la zona del letto e quella del rinfianco e del riempimento. Per gli obiettivi di questa descrizione le proprietà dei suoli vengono classificate sia in base a classi di materiali che di gradi di compattazione.
Con lo scopo di verificare la validità di questo tipo di posa devono essere prese in considerazione le seguenti condizioni:
- la variazione delle caratteristiche tra letto del tubo e rinfianco/riempimento devono essere contenute in al massimo una classe di materiale o compattazione inferiore (richiesta minima)
- la classe relativa alla tipologia di suolo o al grado di compattazione del letto di posa non dovrebbe essere più alta di due livelli rispetto a quella del rinfianco (richiesta massima per tubazioni flessibili).



ET4

ET4 (allettamento tipo 4, include tipologie a e b): i tubi hanno un letto di posa fatto di cemento. Questo tipo di posa non è raccomandato per essere utilizzato per tubazioni flessibili.

8 MANUFATTI ORDINARI

8.1 Tubazioni in PVC

Il materiale con il quale i tubi devono essere fabbricati, consta di una mescola a base di polivinilcloruro e additivi necessari alla trasformazione.
Il PVC nei tubi deve essere almeno l'80% sulla mescola totale.
Il PVC nei raccordi deve essere almeno l'85% sulla mescola totale.
La formulazione deve garantire la prestazione dei tubi e dei raccordi nel corso dell'intera vita dell'opera. La quantità minima di resina PVC nel materiale costituente i tubi e i raccordi deve essere quella prescritta dalle norme di riferimento:
- tubi: contenuto di PVC ≥ 80% in massa verificato secondo la norma **UNI EN 1905** – *Sistemi di tubazioni di materia plastica. Tubi, raccordi e materiali di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Metodo di valutazione del contenuto di PVC in base al contenuto totale di cloro*.
- raccordi: contenuto di PVC ≥ 85% in massa verificato secondo la norma **UNI EN 1905** – *Sistemi di tubazioni di materia plastica. Tubi, raccordi e materiali di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Metodo di valutazione del contenuto di PVC in base al contenuto totale di cloro*.
Il contenuto minimo di PVC può essere verificato su campioni prelevati in tutte le fasi del processo (durante la produzione, da magazzino, da cantiere).

Caratteristiche	**Requisiti**	**Parametri di prova**		**Metodo di prova**
Contenuto di PVC	≥ 80% in massa	Determinazione analitica del contenuto di PVC in base al contenuto di cloro totale		UNI EN 1905
Massa volumica	< 1,53 gr/cm^3	Prova: metodo per immersione		SO 1183
Resistenza alla pressione interna	Nessun cedimento durante il periodo di prova	Chiusure di estremità	tipo A o tipo B	UNI EN 921
		Temperatura di prova	60°C	
		Orientamento	libero	
		Numero di provette	3	
		Tensione circonferenziale	10 MPa	
		Tempo di condizionamento	1 h	
		Tipo di prova	acqua in acqua	
		Periodo di prova	1000 h	

8.1.1. Caratteristiche dei tubi

I tubi in PVC-U a parete compatta devono avere classe di rigidità nominale SN 4/8 (kN/m^2), diametro conformi alla norma **UNI EN 1401-1** e classificati con codice d'applicazione U (interrati all'esterno della struttura dell'edificio) o UD (interrati sia entro il perimetro dell'edificio sia all'esterno di esso). Il sistema di giunzione a bicchiere deve essere con anello di tenuta in gomma conforme alla norma **UNI EN 681-1** e realizzato con materiale elastomerico.

8.1.2. Raccordi

I raccordi in PVC-U a parete compatta devono avere una classe di rigidità nominale di minimo SN 4 (kN/m^2), SDR max 41, conformi alla norma **UNI EN 1401-1** e classificati con codice d'applicazione U (interrati

all'esterno della struttura dell'edificio) o UD (interrati sia entro il perimetro dell'edificio sia all'esterno di esso). Il sistema di giunzione a bicchiere deve essere con anello di tenuta in gomma conforme alla norma **UNI EN 681-1** e realizzato con materiale elastomerico.

8.1.3. Dimensioni dei tubi

I tubi devono avere i diametri, gli spessori e le tolleranze rispondenti ai valori riportati nella norma **UNI EN 1401** capitolo 6, prospetti n. 3, 4, 5 e 6. In particolare, gli spessori dovranno essere conformi alla tabella 44.10, le caratteristiche meccaniche dovranno essere conformi alla tabella 44.11 e le caratteristiche fisiche dovranno essere conformi alla tabella 44.12.

Dimensione nominale [DN/OD]	Diametro esterno nominale d_n	SN2 SDR 51		SN4 SDR 41		SN 8 SDR 34	
		e min	*e* max	*e* min	*e* max	*e* min	*e* max
110	110	-	-	3.2	3.8	3.2	3.8
125	125	-	-	3.2	3.8	3.7	4.3
160	160	3.2	3.8	4.0	4.6	4.7	5.4
200	200	3.9	4.5	4.9	5.6	5.9	6.7
250	250	4.9	5.6	6.2	7.1	7.3	8.3
315	315	6.2	7.1	7.7	8.7	9.2	10.4
355	355	7.0	7.9	8.7	9.8	10.4	11.7
400	400	7.9	8.9	9.8	11.0	11.7	13.1
450	450	8.8	9.9	11.0	12.3	13.2	14.8
500	500	9.8	11.0	12.3	13.8	14.6	16.3
630	630	12.3	13.8	15.4	17.2	18.4	20.5
710	710	13.9	15.5	17.4	19.4	-	-
800	800	15.7	17.5	19.6	21.8	-	-
900	900	17.6	19.6	22.0	24.4	-	-
1000	1000	19.6	21.8	24.5	27.2	-	-

Caratteristiche	Requisiti	Parametri di prova		Metodi di prova
Resistenza all'urto	TIR ≤ 10%	Temperatura di prova	(0±1)°C	UNI EN 744
		Mezzo di condizionamento	Acqua o aria	
		Tipo di percussore	d 90	
		Massa del percussore per:		
		d_{em} = 110 mm	1 kg	
		d_{em} = 125 mm	1,25 kg	
		d_{em} = 160 mm	1,6 kg	
		d_{em} = 200 mm	2,0 kg	
		d_{em} = 250 mm	2,5 kg	
		d_{em} > 315 mm	3,2 kg	
		Altezza di caduta del percussore per:		
		d_{em} < 110 mm	1600 mm	
		d_{em} > 110 mm	2000 mm	

Caratteristiche	Requisiti	Parametri di prova	Metodo di prova
Temperatura di rammollimento Vicat (VST)	> 79°C	conformi alla norma UNI EN 727	UNI EN 727
Ritiro longitudinale	≤ 5% Il tubo non deve presentare bolle o screpolature	temperatura di prova: 150°C tempo di immersione: - per $e \leq 8$ mm: 15 min; - per $e > 8$ mm: 30 min. oppure:	UNI EN 743. Metodo A: bagno liquido
		temperatura di prova: 150°C tempo di immersione: - $e \leq 4$ mm: 30 min: 30 min; - 4 mm $< e \leq 8$ mm: 60 min; - $e > 16$ mm: 120 min.	UNI EN 743. Metodo B: in aria
Resistenza al dicloro-metano ad una temperatura specificata	Nessun attacco in alcuna parte della superficie della provetta	temperatura di prova: 150°C tempo di immersione: 30 min	UNI EN 580

8.1.4. Marcatura

La marcatura dei tubi deve essere, su almeno una generatrice, continua e indelebile, conforme ai requisiti della norma **UNI EN 1401** e contenere almeno con intervalli di massimo 2 m le seguenti informazioni:
- numero della norma: **UNI EN 1401**;
- codice d'area di applicazione: U e UD;
- nome del fabbricante e/o marchio di fabbrica;
- indicazione del materiale (PVC-U);
- dimensione nominale (DN/OD);
- spessore minimo di parete (SDR);
- rigidità anulare nominale (SN);
- informazioni del fabbricante (data e luogo di produzione ai fini della rintracciabilità).

8.1.5. Sistema qualità e certificazioni

La ditta produttrice deve essere in possesso di certificati di conformità alla norma **UNI EN ISO 9001** del proprio sistema di qualità aziendale, rilasciata secondo la norma **UNI CEI EN 45012** da società o enti terzi riconosciuti e accreditati Sincert.
La ditta produttrice deve essere in possesso di certificati di conformità del prodotto (marchio di qualità) sull'intera gamma fornita, rilasciati secondo la norma **UNI CEI EN 45011** da enti terzi o società riconosciuti e accreditati Sincert.
La ditta produttrice deve allegare alle consegne una dichiarazione di conformità alla norma con specifico riferimento al contenuto minimo di resina PVC ≥ 80% in massa per i tubi.

8.2 Tubazioni in GRES

I tubi e gli elementi complementari in gres devono essere realizzati con impasti omogenei di argille idonee,

sottoposte successivamente a cottura ad alte temperature. Le superfici degli elementi possono essere verniciate sia internamente che esternamente, ad eccezione del bicchiere di giunzione e della punta delle canne. Sono ammessi piccoli difetti visivi, quali asperità sulla superficie.
La norma **UNI EN 295** definisce le esigenze cui devono conformarsi i tubi e gli elementi complementari di gres a giunzione flessibile con o senza manicotto, destinati alla costruzione di sistemi di fognatura.
La classe di resistenza prevista 240 con carico di rottura a compressione non inferiore a 48 kN/m

8.2.1. Dimensioni

I diametri nominali minimi ammessi sono quelli del prospetto I della norma **UNI EN 295-1**, che vanno da 100 mm a 1200 mm. La norma ammette anche diametri maggiori a certe condizioni.
Le lunghezze nominali in relazione al diametro nominale sono riportate nel prospetto II della citata norma **UNI EN 295-1**. La tolleranza ammessa per i tubi e per gli elementi complementari deve essere contenuta entro – 1% e + 4%, con un minimo di ± 10 mm.

8.2.2. Sistemi di giunzione

Le caratteristiche del materiale impiegato e gli aspetti funzionali delle giunzioni sono indicati dalla norma **UNI EN 295** (parti 1, 2 e 3).
La giunzione si fabbrica in stabilimento, colando resina poliuretanica liquida attorno alla punta e all'interno del bicchiere dei tubi e pezzi speciali di gres.
Gli elementi di tenuta in poliuretano, sottoposti alle prove previste dal punto 15 della norma **UNI EN 295-3**, devono rispettare le limitazioni del prospetto VII della norma **UNI EN 295-1**. In particolare, le guarnizioni devono avere le seguenti caratteristiche:
- resistenza a trazione: ≥ 2 N/mm$^{2;}$
- allungamento a rottura: ≥ 90%;
- durezza: 67 ± 5 shore A.

Le guarnizioni ad anello di gomma devono essere sottoposte alla prova di ozono, secondo le modalità di cui al punto 14 della norma **UNI EN 295-3**.
I giunti a manicotto di polipropilene, prodotti da fabbricanti in possesso dei requisiti di cui alla norma **UNI EN 295**, devono essere sottoposti alla prove di cui alla norma **UNI EN 295-3** (punto 16), e soddisfare le prescrizioni (indice di rammollimento, resistenza a trazione, allungamento di rottura e temperatura elevata) del prospetto VIII della norma **UNI EN 295-1**. Tali giunti, se approvvigionati da fornitore esterno, devono essere sottoposti alla prova di cui al punto 17 della norma **UNI EN 295-3**, resistendo ad una pressione interna di acqua non inferiore a 60 kPa.
Le tubazioni e i pezzi speciali sono predisposti, per la posa in opera, con il bicchiere verso monte, entro il quale si dispone la punta del pezzo successivo.
Per le giunzioni, la norma **UNI EN 295** prevede i seguenti materiali:
- guarnizioni ad anello di gomma;
- elementi di tenuta di poliuretano;
- giunti a manicotto in polipropilene.

I sistemi di giunzione devono essere in grado di garantire un'omogenea velocità di scorrimento e tenuta idraulica nei confronti di una pressione interna o esterna di 50 kN/m^2 (0,5 bar) con deviazione angolare rispettivamente di 80 mm/m per DN 100-200, di 30 mm/m per DN 225/500, di 20 mm/m per DN 600-800

e di 10 mm/m per DN > 800.
Il collegamento tra le tubazioni si realizza per semplice infilaggio della punta in gres nel bicchiere munito di anello in gomma.
Nel caso di utilizzo di condotte con sezione ridotta, per esempio allacciamenti, queste possono presentare un nuovo sistema di giunzione realizzato con il posizionamento in fabbrica di un anello in gomma all'interno del bicchiere della tubazione.
Altri materiali impiegati per le giunzioni devono rispondere alle indicazioni tecniche fornite dal produttore, come indicato al punto 3.1.5 della norma **UNI EN 295-1**.
Per la tenuta all'acqua dei sistemi di giunzione si eseguirà la prova secondo il punto 9 della norma **UNI EN 295-3**.

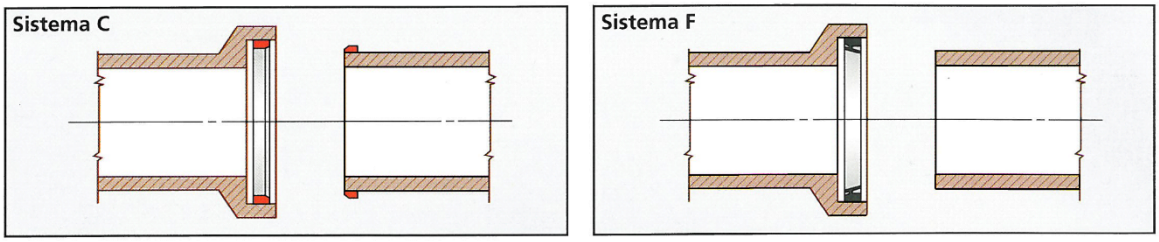


Figura 1 - Sistemi di giunzioni tubi in gres con giunto a bicchiere e guarnizione elastica (norma UNI EN 295)

8.2.3. Normativa di riferimento

Per gli elementi in gres si farà riferimento alle norme di seguito riportate.
a) tubi:

UNI EN 295-1 – *Tubi ed elementi complementari di gres e relativi sistemi di giunzione, destinati alla realizzazione di impianti di raccolta e smaltimento di liquami. Specificazioni*;

UNI EN 295-2 – *Tubi ed elementi complementari di gres e relativi sistemi di giunzione, destinati alla realizzazione di impianti di raccolta e smaltimento di liquami. Controllo della qualità e campionamento*;

UNI EN 295-3 – *Tubi ed elementi complementari di gres e relativi sistemi di giunzione, destinati alla realizzazione di impianti di raccolta e smaltimento di liquami. Metodi di prova*;

UNI EN 295-4 – *Tubi ed elementi complementari di gres e relativi sistemi di giunzione, destinati alla realizzazione di impianti di raccolta e smaltimento di liquami. Requisiti per elementi complementari speciali, elementi di adattamento e accessori compatibili*;

UNI EN 295-5 – *Tubi ed elementi complementari di gres e relativi sistemi di giunzione, destinati alla realizzazione di impianti di raccolta e smaltimento di liquami. Requisiti per i tubi perforati e per gli elementi complementari di gres*;

UNI EN 295-6 – *Tubi ed elementi complementari di gres e relativi sistemi di giunzione, destinati alla realizzazione di impianti di raccolta e smaltimento di liquami. Requisiti per pozzetti di gres*;

UNI EN 295-7 – *Tubi ed elementi complementari di gres e relativi sistemi di giunzione, destinati alla realizzazione di impianti di raccolta e smaltimento di liquami. Requisiti per tubi e sistemi di giunzione di gres per tubazioni con posa a spinta*;

b) mattoni, mattonelle e fondi fogna di gres per condotte di liquidi:

UNI 9459 – *Mattoni, mattonelle e fondi fogna di gres per condotte di liquidi. Caratteristiche e prove*.

8.3 Pozzetti

I pozzetti da utilizzare per ispezioni, confluenze ecc dovranno essere realizzati in calcestruzzo vibrato armato ad alta resistenza ai solfati (XA2) con base d'appoggio, impronte sui quattro lati del manufatto e incastro superiore del tipo a mezzo spessore. I pozzetti e le eventuali prolunghe dovranno essere marcati con il nome del produttore e garantire la rintracciabilità del lotto di produzione, dovranno essere prodotti con cemento del tipo 42,5R ad alta resistenza ai solfati e con dosaggio di cemento e rapporto acqua/cemento idoneo all'ambiente d'esposizione secondo UNI EN 206/1, con caratteristica a compressione del calcestruzzo maturo non inferiore a 40 N/mm^2 ed assorbimento massimo minore del 6%. Le pareti interne dovranno essere trattate a spruzzo con resina epossidica bicomponente di spessore non inferiore a 600 micron da applicare a tutta altezza per i manufatti relativi alla rete di scarico delle acque nere.
La struttura del pozzetto, priva di fori passanti, andrà posta in opera su platea in calcestruzzo (classe 25 N) armata con rete elettrosaldata (su sottofondo in tout-venant ben compattato).

8.4 Pozzetti di ispezione

I pozzetti di ispezione per acque bianche saranno da prevedersi di forma quadrata (al fine di ottemperare al volume minimo di laminazione richiesto) del tipo prefabbricato in calcestruzzo vibrato armato con base d'appoggio, realizzato con l'impiego di cemento ad alta resistenza ai solfati (XA2), ispezionabile con dimensioni interne di 150x150 cm.
I pozzetti di ispezione e raccordo sulla rete nera saranno da prevedersi a base circolare o quadrata (minimo DN 1000 o 80x80 mm), in calcestruzzo vibrocompresso di cemento ad alta resistenza, con spessore delle pareti rinforzato, costituiti da: un elemento di base con canale di scorrimento liquami di altezza pari al 50% della condotta, pavimento circostante con pendenza verso il canale, superficie interna della base del pozzetto rivestita con malta a base di polimeri ad elementi silicei, un elemento di rialzo terminale a forma troncoconica o con soletta di riduzione per passo d'uomo nel caso di pozzetti a forma quadrata, ed eventuali elementi raggiungiquota di diametro interno utile pari a quello individuato per l'elemento di base.
Le giunzioni dei componenti e degli innesti siano a tenuta ermetica con guarnizioni in elastomero resistenti ai liquami aggressivi conformi alle norme UNI 4920.
Le pareti interne dovranno essere trattate a spruzzo con resina epossidica bicomponente di spessore non inferiore a 600 micron da applicare a tutta altezza per i manufatti relativi alla rete di scarico delle acque nere.

8.5 Chiusini

I dispositivi di coronamento e chiusura dovranno rispondere alla normativa UNI EN 124 di classe non inferiore a D400.
La luce netta del chiusino dovrà essere almeno di 600 mm al fine di permettere il passaggio di persone e attrezzature con apparecchi di respirazione.
I materiali utilizzabili per i dispositivi di chiusura dovranno essere:

- Ghisa grigia;
- Ghisa sferoidale;

- Acciaio a fusione;
- Calcestruzzo abbinato con ghisa grigia o ghisa sferoidale;

Griglie e chiusini dovranno essere scelti a seconda della posizione secondo le seguenti classi:

Zone di impiego	
Classe A 15	Zone esclusivamente pedonali e ciclistiche – superfici quali spazi verdi: carico di rottura kN 15
Classe B 125	Marciapiedi - zone pedonali aperte occasionalmente al traffico - aree di parcheggio e parcheggi a più piani per autoveicoli: carico di rottura kN 125
Classe C 250	Cunette ai bordi delle strade che si estendono al massimo fino a 0,5mt sulle corsie di circolazione e fino a 0,2 mt sui marciapiedi - banchine stradali e parcheggi per autoveicoli pesanti: carico di rottura kN 250
Classe D 400	Vie di circolazione (strade provinciali e statali) - aree di parcheggio per tutti i tipi di veicoli: Carico di rottura kN 400
Classe E 600	Aree speciali per carichi particolarmente elevati quali porti ed aeroporti: carico di rottura kN 600

Tutti i chiusini devono essere dotati di sistema di apertura a cerniera che non richieda la previa rotazione del chiusino rispetto al suo telaio e che sia presente il dispositivo di blocco di sicurezza in posizione aperta.

8.6 Caditoie

La raccolta delle acque meteoriche sarà effettuata con griglie asolate rialzabili in ghisa sferoidale, classe di appartenenza non inferiore a C250, secondo la Norma EN 124 e telaio di dimensioni interne almeno 400 x 400 mm.

Il pozzetto della caditoia si preveda del tipo con sifone incorporato, privo di vaschetta di raccolta; l'immissione dell'acqua raccolta dalla caditoia nella dorsale portante verrà realizzata con fognoli di diametro non inferiore a 160 mm, posti in esercizio con pendenza almeno pari allo 1,0% (uno per cento), che si innesteranno direttamente ai pozzetti, mantenendo in tal modo l'integrità della dorsale stessa e le relative caratteristiche di tenuta idraulica.

Qualora ciò non fosse possibile, l'allacciamento dovrà essere nell'intradosso della stessa della condotta fognaria e in ogni caso la quota di scorrimento del raccordo d'innesto non dovrà essere inferiore alla quota corrispondente al massimo riempimento di progetto del tronco ricettore. Inoltre, il raccordo d'innesto non dovrà sporgere all'interno della sezione del tronco ricettore e dovrà essere realizzato con attacco a sella mediante esecuzione di foro eseguito con macchina carotatrice.

Zone di impiego	
Classe A 15	Zone esclusivamente pedonali e ciclistiche – superfici quali spazi verdi: carico di rottura kN 15
Classe B 125	Marciapiedi - zone pedonali aperte occasionalmente al traffico - aree di parcheggio e parcheggi a più piani per autoveicoli: carico di rottura kN 125
Classe C 250	Cunette ai bordi delle strade che si estendono al massimo fino a 0,5mt sulle corsie di circolazione e fino a 0,2 mt sui marciapiedi - banchine stradali e parcheggi per autoveicoli pesanti: carico di rottura kN 250
Classe D 400	Vie di circolazione (strade provinciali e statali) - aree di parcheggio per tutti i tipi di veicoli: Carico di rottura kN 400
Classe E 600	Aree speciali per carichi particolarmente elevati quali porti ed aeroporti: carico di rottura kN 600

8.7 Pozzetti di curva e confluenza

I pozzetti di curva, nel caso di dimensioni ridotte della rete, saranno realizzati come normali pozzetti di ispezione sempre che il pozzetto possa agevolmente contenere la curva.
Per i pozzetti di confluenza invece sarà necessario valutare attentamente le dimensioni delle tubazioni in ingresso e il numero.
Nel caso di canali di grandi dimensioni risulta molto difficile contenere all'interno del pozzetto la confluenza e/o la curva. In questi casi potrebbe risultare più agevole innestare il torrino di discesa o l'elemento di ispezione direttamente sul condotto.

8.8 Pozzetti di salto

I pozzetti di salto sono necessari al fine di limitare la velocità massima nei condotti in funzione della conformazione del territorio.
Per motivi tecnici i pozzetti di salto saranno da limitare quanto più possibile mantenendo una buona distanza gli uni dagli altri.
Qualora la corrente sia molto veloce si potrebbe rendere necessario l'inserimento di un setto atto a innescare fenomeni di macro-turbolenza ed evitare che la corrente prosegua nel suo moto verso valle senza che nel pozzetto si realizzi alcuna dissipazione.

8.9 Pozzetti di sollevamento

I pozzetti di sollevamento dovranno avere le stesse caratteristiche costruttive dei pozzetti di ispezione, con dimensione minima di 3000x3000 mm necessaria a garantire un adeguato accumulo della rete fognaria in caso di manutenzioni straordinarie ai gruppi di pompaggio.
Nel dimensionamento degli impianti di sollevamento dovrà essere garantita una velocità minima di 0.7 m/s sia nel tratto di mandata interno all'impianto che nel tratto fognario in pressione esterno all'impianto.

Per gli impianti si richiede l'utilizzo di pompe di tipo sommerso con almeno 4 poli e mandata minima DN80 e un minimo di due pompe, una di riserva all'altra, da attivarsi con logica di funzionamento alternato asimmetrico.
All'interno della vasca di alloggiamento pompe sarà dislocata:

- una sonda / indicatore di livello di tipo piezo-resistivo, con definizione di allarme di secca;
- uno o più livelli di stacco;
- uno o più livelli di attacco;
- un livello di emergenza;

Il volume di funzionamento definito per ogni pompa dovrà garantire in genere il non superamento di un numero massimo di 12 avviamenti/h calcolati sulla portata di punta dell'impianto.
Per gli impianti di sollevamento di acque nere dovrà essere garantito un volume minimo di emergenza pari a 4h (tempo massimo di intervento squadre operative) senza interessare la rete di monte.
Il pozzetto di sollevamento sarà dotato di quadro elettrico e particolari di dettaglio relativi alla parte elettro-strumentale nonché predisposizione al telecontrollo che andranno concordati prima dell'esecuzione delle opere con i servizi del gestore preposti per tali aspetti. In funzione della specifica situazione potrebbero essere richiesti anche gruppi di continuità (in genere comunque sempre richiesti per sollevamenti acque bianche in sottopassi stradali)
La configurazione standard dell'impianto di sollevamento prevedrà due manufatti realizzati in c.c.a.:
- vasca di alloggiamento pompe;
- pozzetto di alloggiamento valvole;

La vasca di alloggiamento pompe avrà una volumetria coerente con i volumi di funzionamento e di emergenza calcolati nella relazione tecnica, i quali come detto saranno posizionati ad una quota tale da non interessare le tubazioni di monte. Il fondo della vasca di alloggiamento pompe dovrà essere sagomato con una pendenza minima non inferiore al 8% verso le pompe di sollevamento, in corrispondenza delle quali sarà ricavato un piccolo vano di altezza pari al livello di minima sommergenza delle pompe. Al fine di garantire un adeguato funzionamento delle pompe è opportuno evitare fenomeni di turbolenza in prossimità delle pompe adottando opportune soluzioni progettuali quali deflettori in corrispondenza degli ingressi, rispetto di distanze minima delle pompe rispetto alle pareti della vasca nonché tra le pompe (generalmente risultano sufficienti distanze di circa 0.5m). L'installazione delle pompe avverrà mediante appositi piedi di accoppiamento, con predisposizione di tubi guida per accoppiamento rapido opportunamente fissati alle pareti della vasca con apposite staffe e catene di sollevamento. È in genere opportuno prevedere anche tubo di calma per alloggiamento sonda piezo-resistiva, anch'esso opportunamente fissato a parete. Tubazione di mandata interna al sollevamento, tubi guida, staffe, tubo guaina bulloneria e catene dovranno essere in acciaio inox. Si sottolinea che la piastra di copertura della vasca dovrà essere indipendente dalla restante struttura al fine di consentirne l'eventuale movimentazione per esigenze manutentive. A tale scopo si richiama la necessità da una parte di prevedere opportuni agganci sulla stessa, dall'altra di evitare di evitare il fissaggio delle attrezzature accessorie del sollevamento a quest'ultima.
Nel pozzetto di alloggiamento valvole, di profondità generalmente più contenute rispetto alla vasca di alloggiamento pompe, dovranno in genere essere posizionate sulle tubazioni di mandata delle singole pompe, valvole di non ritorno a palla e valvole di sezionamento a saracinesca e dovrà essere prevista, sull'elemento

di giunzione delle varie mandate interne, una tubazione di scarico verso la vasca di alloggiamento pompe con valvola a saracinesca per esigenze manutentive. All'interno di tale pozzetto sarà posizionato anche il collegamento flangiato con il tratto in pressione esterno.
Sulla mandata esterna dovranno essere previste pendenze ascendenti e discendenti non inferiori rispettivamente a 0.2% e 0.5%; dovranno essere previsti pozzetti di sfiato in corrispondenza di punti di massimo altimetrico o brusco cambiamento di pendenza e pozzetti di scarico (con configurazione a doppio pozzetto) in corrispondenza di punti di minimo.

ALLEGATI

Allegato 1 – Acque bianche

ASTA	SOTTOBACINI INFLUENZA	DIAMETRO mm	AREA DI PASSAGGIO m2	MAT.	PEND. %	LUNG. m	SCABR. Gauckler-Strickler	TIRANTE IDRICO mm	TIRANTE CRITICO mm	GRADO DI RIEMPIM. %	PORTATA DI MOTO UNIFORME l/s	PORTATA DI MOTO UNIFORME m³/s	NUMERO DI FROUDE numero	CORRENTE Corrente	NUMERO DI VEDERNIKOV numero	FLUSSO	VELOCITA' m/s
AB 1-1	10-11-12-13-14*	400	0,1114	PVC	0,50%	28,50	80	211	282,5	56,03	78,69	0,0787	0,852	LENTA	0,284	STABILE	1,225
AB 1-2	9-10-11-12-13-14*	400	0,1114	PVC	0,50%	28,50	80	246	282,5	65,32	99,34	0,0993	0,830	LENTA	0,277	STABILE	1,289
AB 1-3	8-9-10-11-12-13-14*	500	0,1741	PVC	0,50%	22,20	80	239	353,1	50,76	121,33	0,1213	0,893	LENTA	0,298	STABILE	1,367
									0,0								
AB 1-7	2-14*	315	0,0691	PVC	0,50%	33,40	80	140	222,5	47,20	31,24	0,0312	0,831	LENTA	0,277	STABILE	0,974
									0,0								
AB 1-6	1-3-14*	315	0,0691	PVC	0,50%	40,80	80	164	222,5	55,29	40,75	0,0408	0,820	LENTA	0,273	STABILE	1,040
									0,0								
AB 1-5	1-2-3-4-14*	400	0,1114	PVC	0,50%	39,40	80	258	282,5	68,51	106,11	0,1061	0,820	LENTA	0,273	STABILE	1,305
AB 1-4	1-2-3-4-5-6-7-14*	500	0,1741	PVC	0,60%	39,40	80	270	353,1	57,35	162,25	0,1623	0,965	LENTA	0,322	STABILE	1,571
AB 1-8	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14*	630	0,2799	PVC	0,60%	15,00	80	323	454,1	53,35	282,35	0,2823	1,015	VELOCE	0,338	STABILE	1,808
AB 1-9	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14*	500	0,1741	PVC	0,50%	5,00	80	278	353,1	59,05	155,04	0,1550	0,877	LENTA	0,292	STABILE	1,449

* Bacini di influenza considerati come apporto parziale rispetto alla portata al colmo calcolata.

Allegato 2 – Acque nere

ASTA	MATERIALE	SOTTOBACINO	A.E.	DIAMETRO mm	AREA DI PASSAGGIO m2	MAT.	PEND. %	LUNG. m	SCABR. Gauckler-Strickler	PORTATA MEDIA	PORTATA MASSIMA	VELOCITA' MEDIA	VELOCITA' MASSIMA
AN 1-1	PVC SN 8	10-11-12-13	15	200	0,0278	PVC	0,40%	28,50	80	0,0468	0,2544	0,140	0,234
AN 1-2	PVC SN 8	9-10-11-12-13	21	200	0,0278	PVC	0,40%	28,50	80	0,0542	0,3694	0,146	0,262
AN 1-3	PVC SN 8	8-9-10-11-12-13	24	200	0,0278	PVC	0,40%	24,00	80	0,0623	0,4126	0,152	0,271
AN 1-4	GRES	5-6-7-8-9-10-11-12-13	45	200	0,0314	PVC	0,40%	39,20	70	0,1221	0,7373	0,169	0,291
AN 1-5	GRES	4-5-6-7-8-9-10-11-12-13	45	200	0,0314	PVC	0,40%	39,20	70	0,1458	0,8555	0,178	0,304
AN 1-6	PVC SN 8	1-3	9	200	0,0278	PVC	0,40%	38,80	80	0,0227	0,1479	0,112	0,198
AN 1-7	GRES	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13	69	200	0,0314	PVC	0,40%	20,00	70	0,1855	1,1870	0,192	0,335
AN 1-8	PE-ad PN 16	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13	69	90	TUBAZIONE IN PRESSIONE								
AN 1-9	PVC SN 8	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13	69	200	0,0278	PVC	0,40%	24,80	80	0,1899	1,1912	0,214	0,371

Allegato 3 – Verifiche statiche

Acque nere – PVC 200 mm minimo ricoprimento

DATI DIMENSIONI DELLA TUBAZIONE			
Diametro della tubazione	DN	200	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	SN	8	kN/m²
Modulo di elasticità	Em	1500	Mpa

DATI DELLO SCAVO			
Larghezza	B	0,70	m
Altezza sull'estradosso	H	0,90	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compattato		
Tipologia del terreno di rinfianco	Misto di cava di sabbia e ghiaia		
Peso specifico	γ_t	19,613	kN/m³
Angolo di attrito interno	φ	33	°
Coefficiente di attrito rinterro/pareti	μ	0,65	/
Angolo di supporto	2α	90	°
Tipo di compattazione	Moderato		
Modulo di elasticità terreno	E_t	14000	kN/m²
Altezza della falda sulla tubazione	h	2	m
Peso specifico sommerso del riempimento	γ	16,5	
Verifica tipo di trincea (UNI7517)	**Trincea larga**		

DETERMINAZIONE CARICO STATICO			
Coefficiente di carico del terreno	Ce	7,66	
Peso specifico dei reinterro	γt	19,613	
Carico del terreno	Q_r	6,01	kN/m
Carico idrostatico	Q_{idr}	0,00	kN/m
Carico statico	Q_{st}	**6,01**	**kN/m**

DETERMINAZIONE CARICO DINAMICO			
Tipologia di traffico	HT 60		
Carico per ruota	P	100	kN/ruota
Coefficiente dinamico	ω	1,33	
Tensione dinamica	σ_z	58,96	kN/m²
Carico dinamico	Q_d	**15,72**	**kN/m**

DETERMINAZIONE DEL CARICO TOTALE			
Carico totale	**Q**	**21,73**	**kN/m**
Deformazione assoluta	Δd	4,54	mm
Deformazione relativa	δ	**2,27**	**%**
	VERIFICA POSITIVA		

Acque nere – PVC 200 mm massimo ricoprimento

DATI DIMENSIONI DELLA TUBAZIONE			
Diametro della tubazione	DN	200	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	SN	8	kN/m²
Modulo di elasticità	Em	1500	Mpa

DATI DELLO SCAVO			
Larghezza	B	0,70	m
Altezza sull'estradosso	H	3,42	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compattato		
Tipologia del terreno di rinfianco	Misto di cava di sabbia e ghiaia		
Peso specifico	γ_t	19,613	kN/m³
Angolo di attrito interno	φ	33	°
Coefficiente di attrito rinterro/pareti	μ	0,65	/
Angolo di supporto	2α	90	°
Tipo di compattazione	Moderato		
Modulo di elasticità terreno	E_t	14000	kN/m²
Altezza della falda sulla tubazione	h	2	m
Peso specifico sommerso del riempimento	γ	16,5	
Verifica tipo di trincea (UNI7517)	**Trincea larga**		

DETERMINAZIONE CARICO STATICO			
Coefficiente di carico del terreno	Ce	28,828	
Peso specifico dei reinterro	γt	19,613	
Carico del terreno	Q_r	22,62	kN/m
Carico idrostatico	Q_{idr}	2,94	kN/m
Carico statico	Q_{st}	**25,56**	**kN/m**

DETERMINAZIONE CARICO DINAMICO			
Tipologia di traffico	HT 60		
Carico per ruota	P	100	kN/ruota
Coefficiente dinamico	ω	1,09	
Tensione dinamica	σ_z	14,591	kN/m²
Carico dinamico	Q_d	**3,17**	**kN/m**

DETERMINAZIONE DEL CARICO TOTALE			
Carico totale	**Q**	**28,73**	**kN/m**
Deformazione assoluta	Δd	6,01	mm
Deformazione relativa	δ	**3,00**	**%**
	VERIFICA POSITIVA		

Acque nere – GRES 200 mm minimo ricoprimento

DATI DIMENSIONI DELLA TUBAZIONE			
Diametro della tubazione	DN	200	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	SN	240	kN/m²
Modulo di elasticità	Em	50000000	kN/m²

DATI DELLO SCAVO			
Larghezza	B	0,70	m
Altezza sull'estradosso	H	3,42	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compattato		
Tipologia del terreno di rinfianco	Misto di cava di sabbia e ghiaia		
Peso specifico	γ_t	19,613	kN/m²
Angolo di attrito interno	φ	33	°
Coefficiente di attrito rinterro/pareti	μ	0,65	/
Angolo di supporto	2α	90	°
Tipo di compattazione	Moderato		
Modulo di elasticità terreno	E_t	14000	kN/m²
Altezza della falda sulla tubazione	h	2	m
Peso specifico sommerso del riempimento	γ	16,5	
Verifica tipo di trincea (UNI7517)	**Trincea larga**		

DETERMINAZIONE CARICO STATICO			
Coefficiente di carico del terreno	Ce	28,828	
Peso specifico dei reinterro	γt	19,613	
Carico del terreno	Q_r	22,62	kN/m
Carico idrostatico	Q_{idr}	2,94	kN/m
Carico statico	Q_{st}	**25,56**	**kN/m**

DETERMINAZIONE CARICO DINAMICO			
Tipologia di traffico	HT 60		
Carico per ruota	P	100	kN/ruota
Coefficiente dinamico	ω	1,09	
Tensione dinamica	σ_z	14,591	kN/m²
Carico dinamico	Q_d	**3,17**	**kN/m**

DETERMINAZIONE DEL CARICO TOTALE			
Carico totale	**Q**	**28,73**	**kN/m**
Classe di resistenza della tubazione		240	
Carico di rottura per schiacciamento	F	48	kN/m
Coefficiente di posa	K	2,00	
Carico di rottura in trincea	Kr	96	kN/m
Coefficiente di sicurezza	η	**3,34>1,400**	
	VERIFICA POSITIVA		

Acque nere – GRES 200 mm massimo ricoprimento

DATI DIMENSIONI DELLA TUBAZIONE			
Diametro della tubazione	DN	200	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	SN	4,76	kN/m²
Modulo di elasticità	Em	50000000	kN/m²

DATI DELLO SCAVO			
Larghezza	B	0,7	m
Altezza sull'estradosso	H	4,47	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compattato		
Tipologia del terreno di rinfianco	Misto di cava di sabbia e ghiaia		
Peso specifico	γ_t	19,613	kN/m²
Angolo di attrito interno	φ	33	°
Coefficiente di attrito rinterro/pareti	μ	0,65	/
Angolo di supporto	2α	90	°
Tipo di compattazione	Moderato		
Modulo di elasticità terreno	E_t	14000	kN/m²
Altezza della falda sulla tubazione	h	2	m
Peso specifico sommerso del riempimento	γ	16,5	
Verifica tipo di trincea (UNI7517)	**Trincea larga**		

DETERMINAZIONE CARICO STATICO			
Coefficiente di carico del terreno	Ce	37,648	
Peso specifico dei reinterro	γt	19,613	
Carico del terreno	Q_r	29,54	kN/m
Carico idrostatico	Q_{idr}	4,97	kN/m
Carico statico	Q_{st}	**34,51**	**kN/m**

DETERMINAZIONE CARICO DINAMICO			
Tipologia di traffico	HT 60		
Carico per ruota	P	100	kN/ruota
Coefficiente dinamico	ω	1,07	
Tensione dinamica	σ_z	11,026	kN/m²
Carico dinamico	Q_d	**2,35**	**kN/m**

DETERMINAZIONE DEL CARICO TOTALE			
Carico totale	**Q**	**36,86**	**kN/m**
Classe di resistenza della tubazione		240	
Carico di rottura per schiacciamento	F	48	kN/m
Coefficiente di posa	K	2,00	
Carico di rottura in trincea	Kr	96	kN/m
Coefficiente di sicurezza	η	**2,60>1,400**	
	VERIFICA POSITIVA		

Acque bianche – PVC 315 mm minimo ricoprimento

DATI DIMENSIONI DELLA TUBAZIONE			
Diametro della tubazione	DN	315	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	SN	8	kN/m²
Modulo di elasticità	Em	1500	Mpa

DATI DELLO SCAVO			
Larghezza	B	0,70	m
Altezza sull'estradosso	H	1,56	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compattato		
Tipologia del terreno di rinfianco	Misto di cava di sabbia e ghiaia		
Peso specifico	γ_t	19,613	kN/m²
Angolo di attrito interno	φ	33	°
Coefficiente di attrito rinterro/pareti	μ	0,65	/
Angolo di supporto	2α	90	°
Tipo di compattazione	Moderata		
Modulo di elasticità terreno	E_t	14000	kN/m²
Altezza della falda sulla tubazione	h	2	m
Peso specifico sommerso del riempimento	γ	16,5	
Verifica tipo di trincea (UNI7517)	**Trincea larga**		

DETERMINAZIONE CARICO STATICO			
Coefficiente di carico del terreno	Ce	8,42	
Peso specifico dei reinterro	γt	19,613	
Carico del terreno	Q_r	16,39	kN/m
Carico idrostatico	Q_{idr}	0,00	kN/m
Carico statico	Q_{st}	**16,39**	**kN/m**

DETERMINAZIONE CARICO DINAMICO			
Tipologia di traffico	HT 60		
Carico per ruota	P	100	kN/ruota
Coefficiente dinamico	ω	1,19	
Tensione dinamica	σ_z	33,17	kN/m²
Carico dinamico	Q_d	**12,46**	**kN/m**

DETERMINAZIONE DEL CARICO TOTALE			
Carico totale	**Q**	**28,85**	**kN/m**
Deformazione assoluta	Δd	6,03	mm
Deformazione relativa	δ	**1,92**	**%**
	VERIFICA POSITIVA		

Acque bianche – PVC 315 mm massimo ricoprimento

DATI DIMENSIONI DELLA TUBAZIONE			
Diametro della tubazione	DN	315	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	SN	8	kN/m²
Modulo di elasticità	Em	1500	Mpa

DATI DELLO SCAVO			
Larghezza	B	0,70	m
Altezza sull'estradosso	H	1,91	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compattato		
Tipologia del terreno di rinfianco	Misto di cava di sabbia e ghiaia		
Peso specifico	γ_t	19,613	kN/m²
Angolo di attrito interno	φ	33	°
Coefficiente di attrito rinterro/pareti	μ	0,65	/
Angolo di supporto	2α	90	°
Tipo di compattazione	Moderata		
Modulo di elasticità terreno	E_t	14000	kN/m²
Altezza della falda sulla tubazione	h	2	m
Peso specifico sommerso del riempimento	γ	16,5	
Verifica tipo di trincea (UNI7517)	**Trincea larga**		

DETERMINAZIONE CARICO STATICO			
Coefficiente di carico del terreno	Ce	10,29	
Peso specifico dei reinterro	γt	19,613	
Carico del terreno	Q_r	20,02	kN/m
Carico idrostatico	Q_{idr}	0,00	kN/m
Carico statico	Q_{st}	**20,02**	**kN/m**

DETERMINAZIONE CARICO DINAMICO			
Tipologia di traffico	HT 60		
Carico per ruota	P	100	kN/ruota
Coefficiente dinamico	ω	1,16	
Tensione dinamica	σ_z	26,83	kN/m²
Carico dinamico	Q_d	**9,78**	**kN/m**

DETERMINAZIONE DEL CARICO TOTALE			
Carico totale	**Q**	**29,80**	**kN/m**
Deformazione assoluta	Δd	6,23	mm
Deformazione relativa	δ	**1,98**	**%**
	VERIFICA POSITIVA		

Acque bianche – PVC 400 mm minimo ricoprimento

DATI DIMENSIONI DELLA TUBAZIONE			
Diametro della tubazione	DN	400	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	SN	8	kN/m²
Modulo di elasticità	Em	1500	Mpa

DATI DELLO SCAVO			
Larghezza	B	1,0	m
Altezza sull'estradosso	H	0,90	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compattato		
Tipologia del terreno di rinfianco	Misto di cava di sabbia e ghiaia		
Peso specifico	γ_t	19,613	kN/m²
Angolo di attrito interno	φ	33	°
Coefficiente di attrito rinterro/pareti	μ	0,65	/
Angolo di supporto	2α	90	°
Tipo di compattazione	Moderata		
Modulo di elasticità terreno	E_t	14000	kN/m²
Altezza della falda sulla tubazione	h	2	m
Peso specifico sommerso del riempimento	γ	16,5	
Verifica tipo di trincea (UNI7517)	**Trincea larga**		

DETERMINAZIONE CARICO STATICO			
Coefficiente di carico del terreno	Ce	3,68	
Peso specifico dei reinterro	γt	19,613	
Carico del terreno	Q_r	11,56	kN/m
Carico idrostatico	Q_{idr}	0,00	kN/m
Carico statico	Q_{st}	**11,56**	**kN/m**

DETERMINAZIONE CARICO DINAMICO			
Tipologia di traffico	HT 60		
Carico per ruota	P	100	kN/ruota
Coefficiente dinamico	ω	1,33	
Tensione dinamica	σ_z	58,96	kN/m²
Carico dinamico	Q_d	**31,45**	**kN/m**

DETERMINAZIONE DEL CARICO TOTALE			
Carico totale	**Q**	**43,01**	**kN/m**
Deformazione assoluta	Δd	9,00	mm
Deformazione relativa	δ	**2,25**	**%**
	VERIFICA POSITIVA		

Acque bianche – PVC 400 mm massimo ricoprimento

DATI DIMENSIONI DELLA TUBAZIONE			
Diametro della tubazione	DN	400	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	SN	8	kN/m²
Modulo di elasticità	Em	1500	Mpa

DATI DELLO SCAVO			
Larghezza	B	1,0	m
Altezza sull'estradosso	H	2,78	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compattato		
Tipologia del terreno di rinfianco	Misto di cava di sabbia e ghiaia		
Peso specifico	γ_t	19,613	kN/m²
Angolo di attrito interno	φ	33	°
Coefficiente di attrito rinterro/pareti	μ	0,65	/
Angolo di supporto	2α	90	°
Tipo di compattazione	Moderata		
Modulo di elasticità terreno	E_t	14000	kN/m²
Altezza della falda sulla tubazione	h	2	m
Peso specifico sommerso del riempimento	γ	16,5	
Verifica tipo di trincea (UNI7517)	**Trincea larga**		

DETERMINAZIONE CARICO STATICO			
Coefficiente di carico del terreno	Ce	11,776	
Peso specifico dei reinterro	γt	19,613	
Carico del terreno	Q_r	39,95	kN/m
Carico idrostatico	Q_{idr}	3,77	kN/m
Carico statico	Q_{st}	**40,72**	**kN/m**

DETERMINAZIONE CARICO DINAMICO			
Tipologia di traffico	HT 60		
Carico per ruota	P	100	kN/ruota
Coefficiente dinamico	ω	1,11	
Tensione dinamica	σ_z	18,12	kN/m²
Carico dinamico	Q_d	**8,03**	**kN/m**

DETERMINAZIONE DEL CARICO TOTALE			
Carico totale	**Q**	**48,75**	**kN/m**
Deformazione assoluta	Δd	10,19	mm
Deformazione relativa	δ	**2,55**	**%**
	VERIFICA POSITIVA		

Acque bianche – PVC 500 mm minimo ricoprimento

DATI DIMENSIONI DELLA TUBAZIONE			
Diametro della tubazione	DN	500	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	SN	8	kN/m²
Modulo di elasticità	Em	1500	Mpa

DATI DELLO SCAVO			
Larghezza	B	1,3	m
Altezza sull'estradosso	H	1,52	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compattato		
Tipologia del terreno di rinfianco	Misto di cava di sabbia e ghiaia		
Peso specifico	γ_t	19,613	kN/m²
Angolo di attrito interno	φ	33	°
Coefficiente di attrito rinterro/pareti	μ	0,65	/
Angolo di supporto	2α	90	°
Tipo di compattazione	Moderata		
Modulo di elasticità terreno	E_t	14000	kN/m²
Altezza della falda sulla tubazione	h	2	m
Peso specifico sommerso del riempimento	γ	16,5	
Verifica tipo di trincea (UNI7517)	**Trincea larga**		

DETERMINAZIONE CARICO STATICO			
Coefficiente di carico del terreno	Ce	5,21	
Peso specifico dei reinterro	γt	19,613	
Carico del terreno	Q_r	25,53	kN/m
Carico idrostatico	Q_{idr}	0,00	kN/m
Carico statico	Q_{st}	**25,53**	**kN/m**

DETERMINAZIONE CARICO DINAMICO			
Tipologia di traffico	HT 60		
Carico per ruota	P	100	kN/ruota
Coefficiente dinamico	ω	1,20	
Tensione dinamica	σ_z	34,08	kN/m²
Carico dinamico	Q_d	**20,40**	**kN/m**

DETERMINAZIONE DEL CARICO TOTALE			
Carico totale	**Q**	**45,93**	**kN/m**
Deformazione assoluta	Δd	9,61	mm
Deformazione relativa	δ	**1,92**	**%**
	VERIFICA POSITIVA		

Acque bianche – PVC 500 mm massimo ricoprimento

DATI DIMENSIONI DELLA TUBAZIONE			
Diametro della tubazione	DN	500	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	SN	8	kN/m²
Modulo di elasticità	Em	1500	Mpa

DATI DELLO SCAVO			
Larghezza	B	1,3	m
Altezza sull'estradosso	H	3,09	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compattato		
Tipologia del terreno di rinfianco	Misto di cava di sabbia e ghiaia		
Peso specifico	γ_t	19,613	kN/m²
Angolo di attrito interno	φ	33	°
Coefficiente di attrito rinterro/pareti	μ	0,65	/
Angolo di supporto	2α	90	°
Tipo di compattazione	Moderata		
Modulo di elasticità terreno	E_t	14000	kN/m²
Altezza della falda sulla tubazione	h	2	m
Peso specifico sommerso del riempimento	γ	16,5	
Verifica tipo di trincea (UNI7517)	**Trincea larga**		

DETERMINAZIONE CARICO STATICO			
Coefficiente di carico del terreno	Ce	10,48	
Peso specifico dei reinterro	γt	19,613	
Carico del terreno	Q_r	51,4	kN/m
Carico idrostatico	Q_{idr}	6,45	kN/m
Carico statico	Q_{st}	**57,85**	**kN/m**

DETERMINAZIONE CARICO DINAMICO			
Tipologia di traffico	HT 60		
Carico per ruota	P	100	kN/ruota
Coefficiente dinamico	ω	1,10	
Tensione dinamica	σ_z	16,22	kN/m²
Carico dinamico	Q_d	**8,90**	**kN/m**

DETERMINAZIONE DEL CARICO TOTALE			
Carico totale	**Q**	**66,75**	**kN/m**
Deformazione assoluta	Δd	13,96	mm
Deformazione relativa	δ	**2,79**	**%**
	VERIFICA POSITIVA		

Acque bianche – PVC 630 mm minimo ricoprimento

DATI DIMENSIONI DELLA TUBAZIONE			
Diametro della tubazione	DN	630	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	SN	8	kN/m²
Modulo di elasticità	Em	1500	Mpa

DATI DELLO SCAVO			
Larghezza	B	1,30	m
Altezza sull'estradosso	H	2,35	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compattato		
Tipologia del terreno di rinfianco	Misto di cava di sabbia e ghiaia		
Peso specifico	γ_t	19,613	kN/m²
Angolo di attrito interno	φ	33	°
Coefficiente di attrito rinterro/pareti	μ	0,65	/
Angolo di supporto	2α	90	°
Tipo di compattazione	Moderata		
Modulo di elasticità terreno	E_t	14000	kN/m²
Altezza della falda sulla tubazione	h	2	m
Peso specifico sommerso del riempimento	γ	16,5	
Verifica tipo di trincea (UNI7517)	**Trincea larga**		

DETERMINAZIONE CARICO STATICO			
Coefficiente di carico del terreno	Ce	6,37	
Peso specifico dei reinterro	γt	19,613	
Carico del terreno	Q_r	49,56	kN/m
Carico idrostatico	Q_{idr}	4,00	kN/m
Carico statico	Q_{st}	**53,56**	**kN/m**

DETERMINAZIONE CARICO DINAMICO			
Tipologia di traffico	HT 60		
Carico per ruota	P	100	kN/ruota
Coefficiente dinamico	ω	1,13	
Tensione dinamica	σ_z	21,60	kN/m²
Carico dinamico	Q_d	**15,35**	**kN/m**

DETERMINAZIONE DEL CARICO TOTALE			
Carico totale	**Q**	**68,91**	**kN/m**
Deformazione assoluta	Δd	14,41	mm
Deformazione relativa	δ	**2,29**	**%**
	VERIFICA POSITIVA		

Acque bianche – PVC 630 mm massimo ricoprimento

DATI DIMENSIONI DELLA TUBAZIONE			
Diametro della tubazione	DN	630	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	SN	8	kN/m²
Modulo di elasticità	Em	1500	Mpa

DATI DELLO SCAVO			
Larghezza	B	1,30	m
Altezza sull'estradosso	H	3,06	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compattato		
Tipologia del terreno di rinfianco	Misto di cava di sabbia e ghiaia		
Peso specifico	γ_t	19,613	kN/m²
Angolo di attrito interno	φ	33	°
Coefficiente di attrito rinterro/pareti	μ	0,65	/
Angolo di supporto	2α	90	°
Tipo di compattazione	Moderata		
Modulo di elasticità terreno	E_t	14000	kN/m²
Altezza della falda sulla tubazione	h	2	m
Peso specifico sommerso del riempimento	γ	16,5	
Verifica tipo di trincea (UNI7517)	**Trincea larga**		

DETERMINAZIONE CARICO STATICO			
Coefficiente di carico del terreno	Ce	8,26	
Peso specifico dei reinterro	γt	19,613	
Carico del terreno	Q_r	64,3	kN/m
Carico idrostatico	Q_{idr}	8,33	kN/m
Carico statico	Q_{st}	**72,63**	**kN/m**

DETERMINAZIONE CARICO DINAMICO			
Tipologia di traffico	HT 60		
Carico per ruota	P	100	kN/ruota
Coefficiente dinamico	ω	1,10	
Tensione dinamica	σ_z	16,39	kN/m²
Carico dinamico	Q_d	**11,34**	**kN/m**

DETERMINAZIONE DEL CARICO TOTALE			
Carico totale	**Q**	**83,97**	**kN/m**
Deformazione assoluta	Δd	17,56	mm
Deformazione relativa	δ	**2,79**	**%**
	VERIFICA POSITIVA		

Acque NERE – PE-ad PN 16 110 mm minimo ricoprimento

DATI DIMENSIONI DELLA TUBAZIONE			
Diametro della tubazione	DN	110	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	SN	229	kN/m²
Modulo di elasticità	Em	1100	Mpa

DATI DELLO SCAVO			
Larghezza	B	0,4	m
Altezza sull'estradosso	H	0,99	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compattato		
Tipologia del terreno di rinfianco	Misto di cava di sabbia e ghiaia		
Peso specifico	γ_t	19,613	kN/m²
Angolo di attrito interno	φ	33	°
Coefficiente di attrito rinterro/pareti	μ	0,65	/
Angolo di supporto	2α	90	°
Tipo di compattazione	Moderata		
Modulo di elasticità terreno	E_t	14000	kN/m²
Altezza della falda sulla tubazione	h	2	m
Peso specifico sommerso del riempimento	γ	16,5	
Verifica tipo di trincea (UNI7517)	**Trincea larga**		

DETERMINAZIONE CARICO STATICO			
Coefficiente di carico del terreno	Ce	15,83	
Peso specifico dei reinterro	γt	19,613	
Carico del terreno	Q_r	3,76	kN/m
Carico idrostatico	Q_{idr}	0,00	kN/m
Carico statico	Q_{st}	**3,76**	**kN/m**

DETERMINAZIONE CARICO DINAMICO			
Tipologia di traffico	HT 60		
Carico per ruota	P	100	kN/ruota
Coefficiente dinamico	ω	1,30	
Tensione dinamica	σ_z	53,37	kN/m²
Carico dinamico	Q_d	**7,65**	**kN/m**

DETERMINAZIONE DEL CARICO TOTALE			
Carico totale	**Q**	**11,26**	**kN/m**
Deformazione assoluta	Δd	0,80	mm
Deformazione relativa	δ	**0,73**	**%**
	VERIFICA POSITIVA		

Acque NERE – PE-ad PN 16 110 mm massimo ricoprimento

DATI DIMENSIONI DELLA TUBAZIONE			
Diametro della tubazione	DN	110	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	SN	229	kN/m²
Modulo di elasticità	Em	1100	Mpa

DATI DELLO SCAVO			
Larghezza	B	0,4	m
Altezza sull'estradosso	H	1,03	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compattato		
Tipologia del terreno di rinfianco	Misto di cava di sabbia e ghiaia		
Peso specifico	γ_t	19,613	kN/m²
Angolo di attrito interno	φ	33	°
Coefficiente di attrito rinterro/pareti	μ	0,65	/
Angolo di supporto	2α	90	°
Tipo di compattazione	Moderata		
Modulo di elasticità terreno	E_t	14000	kN/m²
Altezza della falda sulla tubazione	h	2	m
Peso specifico sommerso del riempimento	γ	16,5	
Verifica tipo di trincea (UNI7517)	**Trincea larga**		

DETERMINAZIONE CARICO STATICO			
Coefficiente di carico del terreno	Ce	15,83	
Peso specifico dei reinterro	γt	19,613	
Carico del terreno	Q_r	3,76	kN/m
Carico idrostatico	Q_{idr}	0,00	kN/m
Carico statico	Q_{st}	**3,76**	**kN/m**

DETERMINAZIONE CARICO DINAMICO			
Tipologia di traffico	HT 60		
Carico per ruota	P	100	kN/ruota
Coefficiente dinamico	ω	1,29	
Tensione dinamica	σ_z	51,20	kN/m²
Carico dinamico	Q_d	**7,27**	**kN/m**

DETERMINAZIONE DEL CARICO TOTALE			
Carico totale	**Q**	**11,03**	**kN/m**
Deformazione assoluta	Δd	0,79	mm
Deformazione relativa	δ	**0,72**	**%**
	VERIFICA POSITIVA		