

Servizio Idrico Integrato

Cod. ATO A/FO33

Commessa n° LRF002

COLLETTAMENTO A DEPURAZIONE DELLE ACQUE REFLUE
NERE DELLA LOCALITA' COSTABIANCA NEL COMUNE DI
LORETO - Lotto 1.

PROGETTO ESECUTIVO

		rev.
G..	Elaborati Grafici	
G01	Corografia	
G02	Planimetrie di Progetto Fognatura	
G03	Planimetrie Piano Regolatore Generale	
G04	Profili Longitudinali Fognatura	
G05	Particolari Tipo per Scavi, Rinterri e Posa condotte	
G06	Particolari Tipo per Attraversamento Fossi non demaniali	
G07	Particolari Costruttivi Scolmatori	
G08	Particolari Costruttivi Pozzetti Ispezione	
G09	Planimetrie Catastali	

--	--	--

D..	Elaborati Documentali	
D1	Relazione Generale	
D2	Relazioni Tecniche Specialistiche - Calcoli	
D3	Relazione Geologica	
D4	Capitolato Spaciale d'Appalto	
D5	Elenco Prezzi Unitari	
D6	Elenco Prezzi Oneri Sicurezza	
D7	Computo Metrico Estimativo	
D8	Computo Oneri Sicurezza	
D9	Piano Particellare	
D10	Piano Sicurezza e Coordinamento	
D11	Cronoprogramma	

Redatto	Verificato	Approvato	Tavola	Scala	Data	Rev.
P.I. Lassandari			n°		01/2016	0 1
			nomefile			2 3
			LO Costabianca D2 Rel Calcoli ES.doc			4 5

ASTEAspa

Sede legale:
Via Lorenzo Gigli, n. 2
62019 RECANATI (MC)
Tel. 071.7111.31 (centralino) Fax. 071.7111.324

www.asteaspa.it

Sede amministrativa:
via Guazzatore, n. 163
60027 Osimo (AN)
Tel. 071.7247.1 (centralino) Fax 071.7247.214

info@asteaspa.it

Capitale Sociale: € 76.115.676,00
Reg. Imprese di MC n. 01501460438
R.E.A. di MC n. 157491
Partita IVA e C.F. n. 01501460438

ASTEA S.P.A.

COLLETTAMENTO A DEPURAZIONE DELLE ACQUE REFLUE NERE DELLA LOCALITA' COSTABIANCA DEL COMUNE DI LORETO – Lotto 1.

RELAZIONI SPECIALISTICHE e CALCOLI

PREMESSA

A completamento di quanto contenuto nel documento di progetto **D1 - RELAZIONE GENERALE**, nel presente documento sono sviluppate almeno le seguenti relazioni tecniche specialistiche e i calcoli, in modo da definire in dettaglio le caratteristiche, le dimensioni e gli aspetti inerenti all'esecuzione e alla manutenzione degli impianti tecnologici e di ogni altro aspetto dell'opera o del lavoro.

Argomenti trattati:

- ✓ **SPECIFICHE TECNICHE MATERIALI O COMPONENTI;**
- ✓ **SPECIFICHE SCAVI, RINTERRI E RIPRISTINI SUPERFICIALI;**
- ✓ **RELAZIONE INTERFERENZE CON ALTRI SERVIZI;**
- ✓ **CALCOLI ESECUTIVI IMPIANTI e STRUTTURE;**
 - o **DIMENSIONAMENTO IDRAULICO;**
 - o **VERIFICA IDONEITA' IMPIANTI CONNESSI ALL'OPERE IN PROGETTO ;**
 - o **CALCOLO STATICO CONDOTTE.**

=====

SPECIFICHE TECNICHE MATERIALI O COMPONENTI.

Il progetto prevede la costruzione del collettore fognario e delle opere d'arti ovvero dei componenti pertinenti con le seguenti caratteristiche realizzative:

- fognature a gravità con tubi in PVC rigido a norma UNI EN 1401 e classe di rigidezza SN8 (8 KN/mq);
- pozzetti d'ispezione e scolmatori realizzati in opera in calcestruzzo armato e vibrato con classe di resistenza $R_{cK'}$ non inferiore a 350 Kg/cm²;
- pozzetti d'ispezione prefabbricati in calcestruzzo armato e vibrato di tipo carrabile;
- tubazione all'interno del pozzetto d'ispezione senza interruzione di continuità e cioè con scorrimento delle acque reflue sulla condotta in PVC, ispezione mediante asola sulla condotta e piani inclinati a 45° verso l'asola in calcestruzzo liscio;
- chiusini in ghisa sferoidale a norma UNI EN 124, telaio a sezione quadrata e apertura a passo d'uomo DN600, guarnizione in gomma EPDM, coperchio a sezione circolare incernierato, classe di resistenza D400.

Per i materiali non espressamente citati nella presente sezione, fare riferimento al Capitolato Speciale d'Appalto.

Dal punto di vista altimetrico si è cercato, dove possibile, di seguire le pendenze dettate dal terreno.

Dal profilo longitudinale dei vari tratti di fognature non è emersa la necessità di realizzare pozzetti di salto, in quanto non sussistono pendenze di particolare rilevanza.

Si è inoltre cercato di garantire, in ogni punto, un livello di ricoprimento minimo della condotta non inferiore a 150 cm, in modo da assicurare che le normali lavorazioni agricole svolte con mezzi meccanici non arrechino danni alle tubazioni.

La distanza tra la fognatura da realizzare e l'argine dei fossi fiancheggiati non dovrà essere inferiore a m 10,00, ottemperanza alle disposizioni della lettera f dell'art. 96 del Regio Decreto n. 523 del 25/07/1904.

Gli scavi debbono essere eseguiti a sezione obbligata con l'adozione di opportuni accorgimenti per garantire la stabilità delle scarpate.

In particolare la larghezza dello scavo in corrispondenza della tubazione non deve superare il doppio del diametro esterno della stessa per non causare sovrappressioni e conseguenti schiacciamenti dovuti al rinterro.

La posa della condotta dovrà essere fatta su di un letto di sabbia o sabbione naturale fine dello spessore minimo di cm 15, per poi procedere al successivo rinfilanco sempre con sabbia o sabbione per un'altezza minima di cm 10 dall'estradosso superiore della tubazione, salvo eventuale diversa prescrizione del Direttore dei Lavori in fase di esecuzione.

Sarà inoltre consentito anche l'uso di materiale inerte macinato fine in sostituzione della sabbia o sabbione naturale, ma solo su strade imbrecciate o pavimentate.

Il rimanente riempimento dello scavo potrà essere realizzato con terreno proveniente dallo scavo stesso (per i tratti su terreno agricolo), previa verifica da parte della direzione lavori.

L'attraversamento del collettore in corrispondenza della Strada Provinciale n. 24 Bellaluce deve essere realizzato con macchine presso trivelle o simili, senza intaccare la pavimentazione stradale e creare disagi alla circolazione veicolare.

Per gli attraversamenti fluviali è prevista la protezione delle tubazioni con guaine in acciaio e rinfilanco in calcestruzzo, in modo da evitare futuri danneggiamenti alle condotte durante le operazioni di pulizia o sagomatura dei fossi, sia demaniali che privati, eseguita con mezzi meccanici.

=====

SPECIFICHE SCAVI, RINTERRI E RIPRISTINI SUPERFICIALI.

Gli scavi debbono essere eseguiti a sezione obbligata ovvero ristretta con l'adozione di opportuni accorgimenti per garantire la stabilità delle scarpate.

In particolare la larghezza dello scavo in corrispondenza della tubazione non deve superare il doppio del diametro esterno della stessa per non causare sovrappressioni e conseguenti schiacciamenti dovuti al rinterro (vedi elaborato grafico **G07 - PARTICOLARI TIPO per SCAVI, RINTERRI e POSA CONDOTTE**).

La posa della condotta su terreni agricoli o aree a verde deve essere eseguita (salvo eventuale diversa prescrizione del Direttore dei Lavori in fase di esecuzione) con:

- letto di posa con sabbia o sabbione naturale fine, dello spessore in funzione del diametro della condotta da posare e comunque minimo di cm 10-15;
- posa tubazione sul letto di sabbia o sabbione e controllo della pendenza;
- rinfilo tubazione con lo stesso materiale del letto di posa, per un'altezza minima di cm 10 dall'estradosso superiore della tubazione, ben costipato con mezzi manuali;
- rinterro con terreno naturale di scavo a granulometria fine essente da zolle per un'altezza di cm 20;
- riempimento finale dello scavo con terreno proveniente dallo scavo stesso.

Sarà consentito anche l'uso di materiale inerte naturale macinato fine come la rena in sostituzione della sabbia.

Su strade imbrecciate o pavimentate di norma la posa della condotta deve essere eseguita (salvo eventuale diversa prescrizione del Direttore dei Lavori in fase di esecuzione) con:

- letto di posa con sabbia o sabbione naturale fine, dello spessore in funzione del diametro della condotta da posare e comunque minimo di cm 10-15;
- posa tubazione sul letto di sabbia o sabbione e controllo della pendenza;
- rinfilo tubazione con lo stesso materiale del letto di posa, per un'altezza minima di cm 30 dall'estradosso superiore della tubazione, ben costipato con mezzi manuali;
- rinterro con stabilizzato calcareo nuovo di media pezzatura o inerte proveniente dallo scavo;
- riempimento finale dello scavo con stabilizzato calcareo;
- ripristino della pavimentazione superficiale con binder e tappetino d'usura.

In sostituzione della sabbia, potrà essere usato materiale inerte naturale macinato fine come la rena o materiale inerte riciclato fine, mentre al posto dello stabilizzato calcareo è possibile utilizzare materiale inerte riciclato o misto cementato.

=====

RELAZIONE INTERFERENZE CON ALTRI SERVIZI

Di seguito in elenco sono riportate le interferenze dell'opera con altri, con relazione giustificativa della risoluzione di ogni singola interferenza.

Descrizione seguente con andamento da valle verso monte – Vedi Planimetria Intervento.

- ✓ Metanodotto AP SNAM Rete gas, tratto pozzetto 1 - 2 (allaccio distributore metano Buldorini).

RELAZIONE GIUSTIFICATIVA RISOLUZIONE DELL'INTERFERENZA.

E' stato eseguito il rilevamento superficiale con strumentazione elettromagnetica da parte dei tecnici della SNAM Rete gas dell'ubicazione della condotta in Fe DN 80, la quale è risultata posta ad una profondità di circa m 2,00 dal piano di campagna.

Dalla presenza dello sfiato e dalle indicazioni planimetriche dell'ufficio tecnico SNAM di Civitanova Marche, il metanodotto in Fe DN 80 nel tratto che interferisce con il passaggio della fognatura risulta essere inguainato.

Il superamento dell'interferenza con il metanodotto è prevista mediante attraversamento inferiore ad una distanza tra l'estradosso superiore della fognatura e l'estradosso inferiore della guaina del metanodotto non inferiore a m 0,50.

Riferimento normativo DM 24/11/1984 – Norme sicurezza gasdotti – Parallelismi ed Attraversamenti.

La risoluzione dell'interferenza è predisposta previa individuazione dell'esatta ubicazione altimetrica del metanodotto, da ottenere anche mediante l'esecuzione di sondaggio, in modo da valutare e concordare le modalità per il superamento dell'ostacolo con l'Ente gestore.

- ✓ Autostrada A14 Loreto – Civitanova Marche, tratto pozzetto 2-3.

RELAZIONE GIUSTIFICATIVA RISOLUZIONE DELL'INTERFERENZA.

Il superamento dell'interferenza con il rilevato dell'autostrada A14 è stata esclusa dalle lavorazioni del presente progetto.

- ✓ Metanodotto AP SNAM Rete gas, tratto pozzetto 4 - 5 (allaccio distributore metano Buldorini).

RELAZIONE GIUSTIFICATIVA RISOLUZIONE DELL'INTERFERENZA.

E' stato eseguito il rilevamento superficiale con strumentazione elettromagnetica da parte dei tecnici della SNAM Rete gas dell'ubicazione della condotta in Fe DN 80 ad una profondità di circa m 1,50 dal piano di campagna.

Riferimento normativo DM 24/11/1984 – Norme sicurezza gasdotti – Parallelismi ed Attraversamenti.

Il superamento dell'interferenza con il metanodotto è prevista mediante attraversamento inferiore ad una distanza tra l'estradosso superiore della fognatura e l'estradosso inferiore del metanodotto in Fe DN 80 non inferiore a m 1,50.

La risoluzione dell'interferenza è predisposta previa individuazione dell'esatta ubicazione altimetrica del metanodotto, da ottenere anche mediante l'esecuzione di sondaggio, in modo da valutare e concordare le modalità per il superamento dell'ostacolo con l'Ente gestore.

- ✓ Metanodotto AP SNAM Rete gas, tratto pozzetto 6 - 7 (allaccio cabina primaria Montarice).

RELAZIONE GIUSTIFICATIVA RISOLUZIONE DELL'INTERFERENZA.

E' stato eseguito il rilevamento superficiale con strumentazione elettromagnetica da parte dei tecnici della SNAM Rete gas dell'ubicazione della condotta in Fe DN 80 ad una profondità di circa m 1,50 dal piano di campagna.

Il superamento dell'interferenza con il metanodotto è prevista mediante attraversamento inferiore ad una distanza tra l'estradosso superiore della fognatura e l'estradosso inferiore del metanodotto in Fe DN 80 non inferiore a m 1,50.

La risoluzione dell'interferenza è predisposta previa individuazione dell'esatta ubicazione altimetrica del metanodotto, da ottenere anche mediante l'esecuzione di sondaggio, in modo da valutare e concordare le modalità per il superamento dell'ostacolo con l'Ente gestore.

✓ Linee telefoniche ed elettriche aeree in zona Bellaluce e Costabianca.

RELAZIONE GIUSTIFICATIVA RISOLUZIONE DELL'INTERFERENZA.

La condotta fognaria è completamente interrata, per cui non sussistono interferenze tra impianti.

Unico accorgimento durante la fase di posa delle tubazioni in prossimità delle linee aeree, la particolare attenzione che dovranno prestare gli operatori delle macchine escavatrici nella movimentazione.

=====

CALCOLI IMPIANTI E STRUTTURE.

DIMENSIONAMENTO IDRAULICO.

Il progetto prevede la costruzione del collettore a gravità con tubazioni in PVC rigido a norma UNI EN 1401 e classe di rigidezza SN8.

Per quanto riguarda la stima delle portate di deflusso, è stata fatta tenendo conto del vigente P.R.G. e dalle varianti ultimamente approvate, il quale ha comportato la realizzazione di nuovi insediamenti.

Per i calcoli delle portate sono state utilizzate le seguenti formule:

- Gauckler - Strickler per il calcolo delle portate nelle condotte a gravità.

Inoltre per le immissioni al nuovo collettore delle fognature presenti nelle zone di intervento sono stati usati i seguenti criteri in ottemperanza alla normativa Regionale (**vedi art. 43 comma 5 del PIANO TUTELA delle ACQUE Delibera n. 145 del 26/01/2010**):

- Portata acque nere pari al numero degli abitanti equivalenti per consumo specifico di 300 litri/giorno;
- Rapporto portata di punta in tempo di pioggia e portata media in tempo di secca nelle reti di tipo misto pari a 4.

La stima degli abitanti serviti necessaria per il calcolo delle portate di deflusso, è stata rilevata dal sistema anagrafico dell'ASTEA Spa il numero di contatori di fornitura acqua attivi di ogni singola Via interessata al collettore da dimensionare.

Ad ogni contatore attivo è stato attribuito n. 4 abitanti equivalenti, come stima di massima ad ampia garanzia del calcolo delle portate di deflusso.

Per quanto riguarda la stima delle portate di deflusso, di seguito l'elenco delle zone con il rispettivo numero di abitanti equivalenti, ricavato sulla base delle utenze acquedotto, divise in zone in base alla confluenza le acque reflue convogliate dalla rete fognaria esistenti ai vari tratti di fognatura in progetto.

A destra del valore degli abitanti da servire, è riportato anche il corrispondente numero di abitanti ipotizzando un aumento demografico del 10%, per eventuali incrementi della popolazione o fluttuazione della stessa:

Descrizione VIA	Abitanti Equivalenti	Incremento 10% A.E.
Via Costabianca	400	440
Via Don Guanella	88	97
Via I° Maggio	20	22
Via Nereo Alfieri	172	190
TOTALE	680	750

COLLETTORE COSTABIANCA.

Ai fini del dimensionamento del collettore fognario Costabianca, dallo studio della morfologia del territorio e quindi dall'ipotesi di profilo longitudinale è risultato che la pendenza minima della nuova condotta non è inferiore al 3‰, mentre la pendenza massima di una tratta raggiunge il valore di 154‰.

Considerato che le fognature esistenti provenienti da Via Costabianca e Via Don Guanella collegare al nuovo collettore sono di tipo misto, è necessario calcolare sia la portata delle acque nere, sia la portata diluita in tempo di pioggia, in ottemperanza al Decreto Legislativo n. 152 del 03/04/2006 ed al Piano di Tutela delle Acque della Regione Marche n. 145 del 26/01/2010.

La normativa Regionale in vigore stabilisce un rapporto acque nere - acque meteoriche di 1:2,5.

Ad ulteriore garanzia del dimensionamento delle condotte, nonché dell'eventuale futura espansione urbanistica, il rapporto di diluizione delle acque reflue è stabilito pari a 1:4.

Dati di progetto:

Nam = 537 AE (abitanti equivalenti stimati fognature miste agglomerato Costabianca);

Nas = 213 AE (abitanti equivalenti stimati fognature separate agglomerato Costabianca);

$q_p = 300 \text{ l}^* \text{Ab/g}$ (dotazione idrica per abitante al giorno);

$p_g = 1,5$ (coefficiente di punta per il giorno di massimo consumo);

$p_o = 1,5$ (coefficiente di punta oraria del giorno di massimo consumo);

$k = p_g * p_o = 2,25$ (coefficiente di punta massimo consumo);

$f = 1,00$ (indice di conferimento acque in condotta "cautelativo");

$h/D_i = 70\%$ (rapporto di riempimento massimo della condotta);

Q = (portata media in tempo asciutto dell'intero agglomerato di Costabianca);

$Q_k = 1/s$ (portata di punta in tempo asciutto dell'intero agglomerato di Costabianca);

$Q_1 = 1/s$ (portata media in tempo asciutto proveniente dalle fognature miste);

$Q_d = 1/s$ (portata idrica in tempo di pioggia proveniente dalle fognature miste);

$Q/Q_p = 1/4$ (rapporto di diluizione delle acque in tempo di pioggia);

$Q_2 = 1/s$ (portata media in tempo asciutto proveniente dalle fognature separate);

$Q_m = 1/s$ (portata massima da collettare in tempo di pioggia);

$J = 3\%$ (pendenza minima della condotta);

$J_1 = 154\%$ (pendenza massima della condotta);

$K_s = 90$ (coefficiente di scabrezza per tubi in PVC secondo Gauckler - Strickler).

Calcolo portate:

$N_{ab} = 750 \text{ AE}$ (abitanti equivalenti stimati intero agglomerato Costabianca);

$Q = 2,60 \text{ l/s}$ (portata media in tempo asciutto);

$Q_k = Q * k = 2,60 * 2,25 = 5,85 \text{ l/s}$ (portata di punta in tempo asciutto);

$Q_1 = 1,86 \text{ l/s}$ (portata media in tempo asciutto proveniente dalle fognature miste);

$Q_2 = 0,74 \text{ l/s}$ (portata media in tempo asciutto proveniente dalle fognature separate);

$Q_d = Q_1 * (1+4) = 1,86 * 5 = 9,32 \text{ l/s}$ (portata massima in tempo di pioggia);

$Q_m = Q_d + Q_2 * k = 9,32 + 0,74 * 2,25 = 10,99 \text{ l/s}$ (portata massima da collettare in tempo di pioggia).

Calcolo diametro condotta:

Dall'applicazione delle equazione di Gauckler - Strickler con i valori di J e Q_m (essendo $Q_k < Q_m$), si hanno i seguenti risultati:

Di 168,00 mm, che per tubazioni in PVC con classe di rigidezza SN8 a norma UNI EN 1401 corrispondente al De 200 (diametro interno 188,20 mm).

In riferimento alle attuali normative sulle condotte per fognatura a gravità la tubazione da assumere corrisponde al De 315 (diametro interno 296,60 mm).

La scelta garantisce ampiamente la zona da servire anche in previsione di futuri ed eventuali ampliamenti di insediamenti civili ed assimilabili.

Verifiche idrauliche:

$J = 3\text{‰}$ (pendenza minima della condotta);

$J_1 = 154\text{‰}$ (pendenza massima della condotta);

Di = 296,60 mm (diametro interno condotta PVC De 315 SN8);

$h/Di = 70 \%$ (grado di riempimento massimo condotta);

da cui:

con $J = 3\text{‰}$ e $Q = 2,60 \text{ l/s}$; si ha: $V = 0,43 \text{ m/s}$; $h/Di = 14,15 \%$;

con $J_1 = 154\text{‰}$ e $Q = 2,60 \text{ l/s}$; si ha: $V = 1,71 \text{ m/s}$; $h/Di = 5,55 \%$;

con $J = 3\text{‰}$ e $Q_m = 10,99 \text{ l/s}$; si ha: $V = 0,66 \text{ m/s}$; $h/Di = 28,95 \%$;

con $J_1 = 154\text{‰}$ e $Q_m = 10,99 \text{ l/s}$; si ha: $V = 2,66 \text{ m/s}$; $h/Di = 11,00 \%$;

infine con $J = 3\text{‰}$ e $h/Di = 70 \%$; si ha: $Q = 50,33 \text{ l/s}$; $V = 0,97 \text{ m/s}$.

Dai calcoli eseguiti, la tubazione in PVC De 315 SN8, risulta essere verificata e rispondente ai limiti della normativa vigente.

=====

TABELLA – Portate, Pendenze, Velocità e Riempimento dei tratti fognari.

TRATTO	TUBAZIONE		SCABREZZA	PENDENZA	PORTATE	VELOCITA'	RIEMPIMENTO
	tipologia	Di (mm)	Ks	(‰)	(l/s)	(m/s)	H/Di
28 - 29	PVC De 315 SN8	296,60	90	15,00	Qn = 0,38 Qp = 0,85	0,42 0,54	3,90% 5,65%
27 - 28	PVC De 315 SN8	296,60	90	27,00	Qn = 4,20 Qp = 9,32	1,08 1,37	10,50% 15,45%
26 - 27	PVC De 315 SN8	296,60	90	154,00	Qn = 4,20 Qp = 9,32	1,98 2,52	6,95% 10,15%
22 - 26	PVC De 315 SN8	296,60	90	137,50	Qn = 4,20 Qp = 9,32	1,91 2,43	7,15% 10,45%
24 - 25	PVC De 315 SN8	296,60	90	112,50	Qn = 1,66	1,34	4,85%
23 - 24	PVC De 315 SN8	296,60	90	63,00	Qn = 1,66	1,10	5,55%
22 - 23	PVC De 315 SN8	296,60	90	60,00	Qn = 1,66	1,08	5,60%
21 - 22	PVC De 315 SN8	296,60	90	9,50	Qn = 5,85 Qp = 10,99	0,83 1,00	15,85% 21,60%
20 - 21	PVC De 315 SN8	296,60	90	9,50	Qn = 5,85 Qp = 10,99	0,83 1,00	15,85% 21,60%
19 - 20	PVC De 315 SN8	296,60	90	7,80	Qn = 5,85 Qp = 10,99	0,77 0,93	16,65% 22,70%
18 - 19	PVC De 315 SN8	296,60	90	8,00	Qn = 5,85 Qp = 10,99	0,78 0,94	16,55% 22,55%
17 - 18	PVC De 315 SN8	296,60	90	8,00	Qn = 5,85 Qp = 10,99	0,78 0,94	16,55% 22,55%
16 - 17	PVC De 315 SN8	296,60	90	8,00	Qn = 5,85 Qp = 10,99	0,78 0,94	16,55% 22,55%
15 - 16	PVC De 315 SN8	296,60	90	15,00	Qn = 5,85 Qp = 10,99	0,97 1,17	14,20% 19,30%
14 - 15	PVC De 315 SN8	296,60	90	16,00	Qn = 5,85 Qp = 10,99	0,99 1,20	13,95% 19,00%
13 - 14	PVC De 315 SN8	296,60	90	6,60	Qn = 5,85 Qp = 10,99	0,73 0,88	17,35% 23,70%
12 - 13	PVC De 315 SN8	296,60	90	11,00	Qn = 5,85 Qp = 10,99	0,87 1,05	15,30% 20,85%
11 - 12	PVC De 315 SN8	296,60	90	6,80	Qn = 5,85 Qp = 10,99	0,74 0,89	17,20% 23,50%
10 - 11	PVC De 315 SN8	296,60	90	5,00	Qn = 5,85 Qp = 10,99	0,66 0,79	18,55% 25,40%
9 - 10	PVC De 315 SN8	296,60	90	18,00	Qn = 5,85 Qp = 10,99	1,04 1,25	13,60% 18,45%
8 - 9	PVC De 315 SN8	296,60	90	9,00	Qn = 5,85 Qp = 10,99	0,81 0,98	16,05% 21,90%
7 - 8	PVC De 315 SN8	296,60	90	10,00	Qn = 5,85 Qp = 10,99	0,84 1,02	15,65% 21,35%
6 - 7	PVC De 315 SN8	296,60	90	45,00	Qn = 5,85 Qp = 10,99	1,43 1,72	10,90% 14,75%
6 - 7	PVC De 315 SN8	296,60	90	8,00	Qn = 5,85 Qp = 10,99	0,78 0,94	16,55% 22,55%
5 - 6	PVC De 315 SN8	296,60	90	8,00	Qn = 5,85 Qp = 10,99	0,78 0,94	16,55% 22,55%
4 - 5	PVC De 315 SN8	296,60	90	8,00	Qn = 5,85 Qp = 10,99	0,78 0,94	16,55% 22,55%
4 - 5	PVC De 315 SN8	296,60	90	5,00	Qn = 5,85 Qp = 10,99	0,66 0,79	18,55% 25,40%
3 - 4	PVC De 315 SN8	296,60	90	8,00	Qn = 5,85 Qp = 10,99	0,78 0,94	16,55% 22,55%
2 - 3	PVC De 315 SN8	296,60	90	7,00	Qn = 5,85 Qp = 10,99	0,74 0,90	17,10% 23,35%
1 - 2	PVC De 315 SN8	296,60	90	10,00	Qn = 5,85 Qp = 10,99	0,84 1,02	15,65% 21,35%
1 - 2	PVC De 315 SN8	296,60	90	17,00	Qn = 5,85 Qp = 10,99	1,01 1,22	13,75% 18,70%
1 - 2	PVC De 315 SN8	296,60	90	3,00	Qn = 5,85 Qp = 10,99	0,55 0,66	21,05% 28,95%

DIMENSIONAMENTO SCOLMATORI.

Per intercettare le portate nere di progetto, attualmente convogliate in fognature di tipo misto e al nuovo collettore fognario e quindi a depurazione, previa applicazione di un adeguato fattore di diluizione, è necessario realizzare degli scolmatori come già menzionato nel capitolo "DESCRIZIONE SOMMARIA DELLE OPERE".

La tipologia degli scolmatori previsti, nel presente progetto definitivo è "**a luce di fondo**" o "**a stramazzo laterale**".

Lo **scolmatore a luce di fondo** è realizzato con una luce posta sul fondo della condotta fognaria mista, attraverso la quale si scarica nella tubazione sottostante la parte della portata destinata all'impianto di depurazione.

Per meglio convogliare il flusso idrico verso la luce di fondo dello scolmatore a fianco si realizza un setto in calcestruzzo da posare sul fondo della condotta da scolmare di opportuna altezza, in modo che la portata diluita sia inviata al trattamento e la portata in eccesso sia scaricata nel vicino corpo idrico recettore.

Lo **scolmatore a stramazzo laterale** è costituito da un setto orizzontale ortogonale al flusso idrico, posto sul fondo della fognatura mista da collegare, avente un'altezza appena superiore alla quota che raggiunge il pelo libero in corrispondenza della portata massima da inviare al depuratore.

Poiché di norma il diametro del collettore di derivazione risulta essere maggiore dell'altezza del setto del derivatore frontale, di conseguenza si verifica che al depuratore è inviata una portata molto maggiore della portata massima in tempo di pioggia

Per evitare all'afflusso di questa portata di acque meteoriche nel collettore, è stata prevista l'istallazione di un regolatore di portata

Il regolatore di portata è costituito da una paratoia regolabile da ubicare sulla parete interna del pozzetto scolmatore all'ingresso del collettore di derivazione verso il depuratore in modo da parzializzare la sezione della tubazione e quindi convogliare all'impianto di trattamento in tempo di pioggia solo la portata desiderata.

Il regolatore di portata funziona senza l'impiego di energia esterna ed è completamente costruito in acciaio inox AISI 304.

La taratura del dispositivo può essere variata direttamente sul posto modificando il grado di apertura della paratoia di valle senza sostituzione di alcuna parte.

Questa caratteristica consente di operare eventuali aggiustamenti che si rendessero necessari a causa di condizioni idrauliche che possono variare nel tempo.

Di seguito il dimensionamento di massima degli scolmatore.

In fase di redazione del progetto esecutivo e a seguito di più dettagliate e precise indicazioni dell'attuale sistema fognario; si provvederà alla definizione dettagliata degli scolmatori

SC01 – SCOLMATORE di VIA I° MAGGIO.

L'intervento di progetto prevede l'intercettazione delle portate nere di progetto, attualmente convogliate nella fognatura di Via Costabianca, nel quale confluiscono le acque reflue di tipo misto in tempo di pioggia, per convogliarle al nuovo collettore fognario e quindi a depurazione previa applicazione di un adeguato fattore di diluizione.

Per convogliare le acque reflue nere e diluite dell'agglomerato sarà realizzato uno scolmatore del tipo a stramazzo laterale.

Lo scolmatore SC01 sarà realizzato in corrispondenza dell'attuale fognatura proveniente dagli insediamenti di Via Nereo Alfieri e Via I° Maggio più precisamente a valle della strada di Via I° Maggio.

In uscita dallo scolmatore la condotta per le acque reflue nere e diluite in tempo di pioggia da inviare all'impianto di trattamento del nuovo collettore Costabianca e la condotta per convogliare nel vicino fosso proveniente da Via San Girolamo tutte le acque in eccesso.

Ai fini del dimensionamento dello scolmatore, si hanno i seguenti valori:

Dati di progetto:

$N = 213$ AE (abitanti equivalenti stimati Via Nereo Alfieri e Via I° Maggio);

$h/Di = 50\%$ (rapporto di riempimento massimo della tubazione);

$k = 2,25$ (coefficiente di punta massimo in tempo asciutto);

$J = 1,00 \%$ (pendenza condotta acque reflue nere e diluite).

Calcolo portate:

$Q = 0,74$ l/s (portata media in tempo asciutto);

$Q_k = Q * k = 0,74 * 2,25 = 1,66$ l/s (portata di punta in tempo asciutto);

Calcolo diametro condotta:

Dall'applicazione delle equazione di Gauckler - Strickler con i valori di J e Q_k , si hanno i seguenti risultati:

$Di = 88$ mm, che per una tubazioni in PVC con classe di rigidità SN8 a norma UNI EN 1401 corrispondente al $De = 110$ (diametro interno 103,60 mm).

Con riferimento alle norme di progettazione delle fognature emanate dal Ministro dei Lavori Pubblici sulla quale è stabilito che il diametro minimo di una tubazione per fognatura a gravità che convogli acque miste è di 300 mm; si decide di adottare come tubazione il $De = 315$ (diametro interno 296,60 mm).

da cui otteniamo:

$h/Di = 12,55\%$ (rapporto di riempimento condotta con Q_k);

$P_{sc01} = 26$ mm (altezza della parete di scolmo rispetto al fondo della tubazione per acque nere e diluite);

$S_{01} = 270,60$ mm (altezza sezione della tubazione acque nere e diluite dello scolmatore laminata dalla paratoia regolabile).

=====

SC02 – SCOLMATORE di VIA DON LUIGI GUANELLA.

L'intervento di progetto prevede l'intercettazione delle portate nere di progetto, attualmente convogliate nella fognatura di Via Don Luigi Guanella (strada comunale che collega Costabianca alla Provinciale Bellaluce), nel quale confluiscono le acque reflue di tipo misto in tempo di pioggia, per convogliarle al nuovo collettore fognario e quindi a depurazione previa applicazione di un adeguato fattore di diluizione.

Per convogliare le acque reflue nere e diluite dell'agglomerato sarà realizzato uno scolmatore del tipo a stramazzo laterale.

Lo scolmatore SC02 sarà realizzato in corrispondenza dell'attuale fognatura proveniente dagli insediamenti di Via Don Luigi Guanella a valle dell'agglomerato lungo la strada comunale di Via Don Luigi Guanella.

In uscita dallo scolmatore la condotta per le acque reflue nere e diluite in tempo di pioggia da inviare all'impianto di trattamento del nuovo collettore Costabianca e la condotta esistente per convogliare nel Fosso Bellaluce tutte le acque in eccesso.

Ai fini del dimensionamento dello scolmatore, si hanno i seguenti valori:

Dati di progetto:

$N = 487$ AE (abitanti equivalenti stimati Via Costabianca e Via Don Luigi Guanella);

$h/Di = 50\%$ (rapporto di riempimento massimo della tubazione);

$k = 2,25$ (coefficiente di punta massimo in tempo asciutto);

$J = 1,00 \%$ (pendenza condotta acque reflue nere e diluite).

Calcolo portate:

$Q = 1,69$ l/s (portata media in tempo asciutto);

$Q_k = Q * k = 1,69 * 2,25 = 3,80$ l/s (portata di punta in tempo asciutto);

$Q_d = Q * 5 = 8,45$ l/s (portata da collettare in tempo di pioggia);

Calcolo diametro condotta:

Dall'applicazione delle equazione di Gauckler - Strickler con i valori di J e Q_d (essendo $Q_k < Q_d$), si hanno i seguenti risultati:

Di 147 mm, che per una tubazioni in PVC con classe di rigidità SN8 a norma UNI EN 1401 corrispondente al De 160 (diametro interno 150,60 mm).

Con riferimento alle norme di progettazione delle fognature emanate dal Ministro dei Lavori Pubblici sulla quale è stabilito che il diametro minimo di una tubazione per fognatura a gravità che convogli acque miste è di 300 mm; si decide di adottare come tubazione il De 315 (diametro interno 296,60 mm).

da cui otteniamo:

$h/Di = 18,75\%$ (rapporto di riempimento condotta con Q_d);

$P_{SC02} = 56$ mm (altezza della parete di scolmo rispetto al fondo della tubazione per acque nere e diluite);

$S_{02} = 240,60$ mm (altezza sezione della tubazione acque nere e diluite dello scolmatore laminata dalla paratoia regolabile).

=====

SC03 – SCOLMATORE di VIA COSTABIANCA.

L'intervento di progetto prevede l'intercettazione delle portate nere di progetto, attualmente convogliate nella fognatura di Via Costabianca (strada comunale che collega Costabianca alla località di Chiarino di Recanati), nel quale confluiscono le acque reflue di tipo misto in tempo di pioggia, per convogliarle al nuovo collettore fognario e quindi a depurazione previa applicazione di un adeguato fattore di diluizione.

Per convogliare le acque reflue nere e diluite dell'agglomerato sarà realizzato uno scolmatore del tipo a stramazzo laterale.

Lo scolmatore SC03 sarà realizzato in corrispondenza dell'attuale fognatura proveniente dagli insediamenti di una parte di Via Costabianca a valle dell'agglomerato lungo la strada comunale di Via Costabianca.

In uscita dallo scolmatore la condotta per le acque reflue nere e diluite in tempo di pioggia da inviare all'impianto di trattamento del nuovo collettore Costabianca e la condotta esistente per convogliare nel Fosso Bellaluce tutte le acque in eccesso.

Ai fini del dimensionamento dello scolmatore, si hanno i seguenti valori:

Dati di progetto:

$N = 50$ AE (abitanti equivalenti stimati Via Costabianca);

$h/Di = 50\%$ (rapporto di riempimento massimo della tubazione);

$k = 2,25$ (coefficiente di punta massimo in tempo asciutto);

$J = 1,00 \%$ (pendenza condotta acque reflue nere e diluite).

Calcolo portate:

$Q = 0,17$ l/s (portata media in tempo asciutto);

$Q_k = Q * k = 0,17 * 2,25 = 0,38$ l/s (portata di punta in tempo asciutto);

$Q_d = Q * 5 = 0,87$ l/s (portata da collettare in tempo di pioggia);

Calcolo diametro condotta:

Dall'applicazione delle equazione di Gauckler - Strickler con i valori di J e Q_d (essendo $Q_k < Q_d$), si hanno i seguenti risultati:

Di 63 mm, che per una tubazioni in PVC con classe di rigidità SN8 a norma UNI EN 1401 corrispondente al De 110 (diametro interno 103,60 mm).

Con riferimento alle norme di progettazione delle fognature emanate dal Ministro dei Lavori Pubblici sulla quale è stabilito che il diametro minimo di una tubazione per fognatura a gravità che convogli acque miste è di 300 mm; si decide di adottare come tubazione il De 315 (diametro interno 296,60 mm).

da cui otteniamo:

$h/Di = 6,30\%$ (rapporto di riempimento condotta con Q_d);

$P_{sc03} = 19$ mm (altezza della parete di scolmo rispetto al fondo della tubazione per acque nere e diluite);

$S_{03} = 277,60$ mm (altezza sezione della tubazione acque nere e diluite dello scolmatore laminata dalla paratoia regolabile).

=====

IDONEITA' RETI E IMPIANTI CONNESSI ALL'OPERA IN PROGETTO

L'opera in questione è relativa a impianto a rete per fognature, per la realizzazione e il mantenimento in esercizio delle funzioni a cui è preposto questo intervento non sono necessari allacciamenti ai pubblici servizi quali: rete idrica, rete elettrica, rete telefonica, ecc. in virtù del fatto che essa ha funzionamento completamente a gravità.

Necessita invece del collegamento con la fognatura esistente per acque reflue a gravità in PRFV DN 500 a servizio dell'agglomerato urbano del Capoluogo di Loreto che confluisce nell'impianto di sollevamento denominato Air Park situato in località Pizzardeto.

E' quindi opportuno fare delle considerazioni sull'influenza che possono avere le future portate di acque reflue sul collettore fognario Loreto SUD e la stazione di pompaggio Air Park.

Nel collettore fognario Loreto SUD sono convogliate le acque reflue urbane del versante SUD dell'agglomerato del Capoluogo lauretano; della zona residenziale Villa Costantina e delle aree produttive di Via Brodolini e zona Tabacchi.

Per un carico idraulico stimato di circa 9.000 abitanti equivalenti.

Alla stazione di pompaggio Air Park sono convogliate le acque reflue provenienti dai collettori Loreto SUD, Loreto NORD e Jet Hotel.

Al collettore fognario Loreto NORD sono convogliate le acque reflue urbane del versante NORD dell'agglomerato del Capoluogo di Loreto; della zona residenziale Villa Musone di Loreto; della zona residenziale di Villa Musone di Recanati e della Zona Industriale Barca.

Al collettore Jet Hotel sono convogliate le acque reflue urbane dell'agglomerato urbano Scossicci di Porto Recanati e degli insediamenti della zona NORD del territorio portorecanatese.

Dai dati forniti dal Servizio Depurazione, che gestisce anche gli impianti di sollevamento fognari, l'impianto di sollevamento Air Park ha un carico idraulico pari a 25.414 abitanti equivalenti ed è in grado di sollevare una portata massima di 353 l/s.

Di seguito verifica idraulica degli impianti esistenti, in merito all'idoneità a soddisfare le esigenze dell'intervento in oggetto.

Dati di progetto:

$Q_d = 10,99 \text{ l/s}$ (portata diluita convogliata dal collettore Costabianca in tempo di pioggia, nel collettore Loreto SUD e all'impianto di sollevamento Air Park);

$Q_{SUD} = 125,00 \text{ l/s}$ (portata diluita convogliata dal collettore Loreto SUD in tempo di pioggia, calcolati in base ai dati del Servizio Depurazione);

$J_{min} = 2,5\text{‰}$ (pendenza minima collettore Loreto SUD, nel tratto a valle della connessione con il collettore Costabianca in progetto);

$D_i = 500 \text{ mm}$ (diametro interno del collettore Loreto SUD in PRFV DN 500);

$h/D_i \leq 70\%$ (rapporto di riempimento massimo della tubazione);

$Q_{soll} = 353 \text{ l/s}$ (portata massima sollevata dall'impianto di pompaggio Air Park);

$Q_a = 211,80 \text{ l/s}$ (portata in arrivo all'impianto di pompaggio Air Park).

Calcolo portate da connettere:

$Q_x = Q_d + Q_{SUD} = 10,99 + 125,00 \sim 136,00 \text{ l/s}$ (portata massima che deve convogliare il collettore Loreto SUD a valle della connessione con il collettore Costabianca).

$Q_w = Q_d + Q_a = 10,99 + 211,80 \sim 222,80 \text{ l/s}$ (portata massima che deve sollevare l'impianto Air Park a seguito della connessione del collettore Costabianca).

Verifiche idrauliche della condotta di connessione:

Perché il collettore Loreto SUD sia idoneo a convogliare anche le acque trasportate dal collettore Costabianca, deve essere rispettata la seguente equazione:

$h/D_i \leq 70\%$ (rapporto di riempimento massimo della tubazione).

Dall'equazione di Gauckler - Strickler con i dati sopra riportati, si ha:

$h/D_i = 56,70\% < 70\%$; $V = 1,14 \text{ m/s}$.

Infine con: DN 500 mm, $J = 2,5\%$ e $h/D_i = 70\%$; si ha:

$Q = 184,94 \text{ l/s}$ (portata massima che può convogliare il PRFV DN 500);

$V = 1,26 \text{ m/s}$ (velocità massima del fluido).

Dai calcoli eseguiti, la tubazione esistente in PRFV DN 500, risulta essere verificata e quindi idonea a ricevere le acque reflue della condotta in progetto.

Verifiche idrauliche connessione impianto di sollevamento Air Park:

Perché l'impianto di pompaggio sia idoneo a sollevare anche le acque trasportate dal collettore Costabianca, deve essere rispettata la seguente equazione:

$Q_w \leq Q_{soll}$ (confronto tra portata in arrivo all'impianto di sollevamento Air Park con la portata che è in grado di sollevare).

Dall'equazione di cui sopra, si ha:

$Q_w = 222,80 \text{ l/s} < Q_{soll} = 353,00 \text{ l/s}$.

Dai calcoli eseguiti l'equazione risulta essere verificata, quindi l'impianto di pompaggio Air Park è idonea a ricevere le acque reflue della condotta in progetto.

=====

CALCOLO STATICO

Presupposto fondamentale di un buon comportamento idraulico di una condotta è la sua integrità strutturale, da stabilire con la verifica statica.

La verifica statica di una tubazione consiste nell'accertare che i carichi agenti sulla struttura provochino tensioni e deformazioni ammissibili.

Il comportamento statico di un tubo va esaminato considerando il sistema tubo-terreno.

L'interazione del tubo con il suolo dipende dalla sua rigidità ovvero flessibilità ed induce reazioni differenti da parte del terreno.

Se la struttura è molto rigida, la funzionalità è soddisfatta quando lo stato di coazione interno è compatibile con le tensioni ammissibili del materiale.

Se la struttura è fortemente deformabile bisogna controllare che la deflessione diametrale sia compatibile con i vincoli di progetto e che non si abbia schiacciamento per instabilità elastica.

Sono tubi rigidi le tubazioni in conglomerato cementizio o fibrocemento, mentre appartengono alla categoria tubi flessibili le tubazioni in PEAD, PVC, PE e acciaio.

Per il calcolo statico delle condotte si è fatto riferimento alle varie metodologie proposte dalla letteratura, dalle ditte costruttrici e dall'espressioni di Marston - Spangler.

Indifferentemente dai carichi gravanti sulle condotte, si è scelto di utilizzare tubazioni in PVC rigido a norma UNI EN 1401 e classe di rigidezza anulare SN8 (8 KN/mq).

La deformazione diametrale della condotta è determinata dai carichi esterni complessivi dati dalla somma di:

- o carico del terreno sovrastante;
- o carico di traffico o carichi mobili;
- o acqua di falda.

Il carico complessivo del terreno che grava sul tubo, dipende anche dalle caratteristiche dello scavo dove la tubazione viene posata, dai materiali di rinterro e dal loro costipamento.

E' da considerare che, un tubo flessibile interrato, sotto la spinta dei carichi subisce una deformazione verticale Δy (schiacciamento), in virtù della reazione che sviluppa nei confronti del tubo il piano della trincea di scavo, con conseguente deformazione laterale Δx (spanciamento).

La deformazione laterale Δx comprime il terreno ai lati del tubo che, a sua volta, sviluppa una reazione, che è tanto maggiore quanto più è stretta la trincea di scavo.

In pratica, nella trincea di scavo stretta, anche il materiale di rinterro assestandosi trasferisce parte del suo carico alle pareti laterali anziché sul tubo; la cui entità dipende dall'angolo d'attrito del materiale.

Per cui per una questione di causa ed effetto per ridurre le deformazioni del tubo e quindi i fenomeni di ovalizzazione, è necessario posare la condotta in una trincea con determinate caratteristiche.

In base alle loro caratteristiche delle trincee di scavo sono classificate in:

Tabella 01 - TRINCEA di SCAVO

TRINCEA STRETTA 1 con $B \leq 2D$ e $H \geq 1,5B$
TRINCEA STRETTA 2 con $2D < B < 3D$ e $H \geq 3,5B$
TRINCEA LARGA con $3D < B < 10D$ e $B < H/2$
TERRAPIENO con $B \geq 10D$ e $B \geq H/2$

Dove:

D = Diametro esterno del tubo;

B = Larghezza della trincea di scavo in corrispondenza dell'estradosso superiore del tubo;

H = Altezza di ricoprimento dall'estradosso superiore del tubo al piano campagna.

Nella tabella successiva sono riportate le caratteristiche della trincea stretta in funzione del diametro esterno della tubazione da posare:

Tabella 02 - DIMENSIONI TRINCEA STRETTA

TRINCEA STRETTA 1			TRINCEA STRETTA 2		
D	Bmax=2D	Hmin=1,5B	D	Bmax=3D	Hmin=3,5B
(mm)	(m)	(m)	(mm)	(m)	(m)
250	0,50	<u>0,75</u>	250	0,75	1,80
315	0,63	0,95	315	0,95	2,26
400	0,80	1,20	400	1,20	2,85
500	1,00	1,50	500	1,50	3,55
630	1,26	1,89	630	1,89	4,46
710	1,42	2,13	710	2,13	5,02
800	1,60	2,40	800	2,40	5,65
1000	2,00	3,00	1000	3,00	7,05
1200	2,40	3,60	1200	3,60	8,45
<u>0,90</u>	Altezza di ricoprimento insufficiente con materiali sciolti.				
Hmin=3,5B	Altezza di ricoprimento minima calcolata con B=2D.				

Calcolo della deformazione Δy del tubo:

Per le condotte in PVC la verifica statica risulta soddisfatta se il rapporto tra la deformazione Δy ed il diametro risulta inferiore al 5% e si ricava dalla seguente espressione Marston-Spangler:

$$\Delta y = \frac{(a \cdot C_s + C_d + C_f) \cdot K_f}{(8 \cdot S_N) + (0,061 \cdot k_a \cdot E')} + \Delta a$$

Dove:

- Δy = mm (deformazione diametro condotta lungo l'asse y ovvero schiacciamento);
 a = (fattore di auto compattazione o incremento carico ovvero anche fattore di ritardo di inflessione **Tabella 03**);
 C_s = N/m (carico statico del terreno di ricoprimento);
 C_d = N/m (carico dovuto dal traffico veicolare);
 C_f = N/m (carico dovuto dalla falda idrica);
 K_f = (costante di fondo ovvero angolo di supporto del tubo **Tabella 04**);
 S_N = 8 KN/mq (rigidezza anulare o circonferenziale tubi in PVC);
 k_a = (parametro d'inflessione in funzione dell'altezza di ricoprimento **Tabella 07**);
 Δa = mm (parametro d'inflessione in funzione dell'altezza di ricoprimento **Tabella 07**);
 E' = KN/mq (modulo secante del terreno che avvolge il tubo **Tabella 05**).

Calcolo del carico statico del terreno C_s :

Per la determinazione del carico statico del terreno di ricoprimento C_s della condotta si ricorre alle espressioni riportate di seguito.

- In condizioni di TRINCEA STRETTA 1 e 2

$$C_s = C_c \cdot p_t \cdot D_e \cdot B$$

- In condizioni di TRINCEA LARGA o TERRAPIENO

$$C_s = p_t \cdot D_e \cdot H$$

in cui:

- C_c = (coefficiente di carico del terreno di riempimento);
 p_t = N/mc (peso specifico del terreno di ricoprimento **Tabella 06**);
 D_e = mm (diametro esterno della tubazione in PVC da verificare);
 B = m (larghezza trincea di scavo in corrispondenza dell'estradosso superiore del tubo);
 H = m (altezza di ricoprimento dall'estradosso superiore del tubo al piano campagna).

Calcolo del coefficiente di carico del terreno Cc.

Per la determinazione del coefficiente di carico del terreno di ricoprimento Cc nelle condizioni di trincea stretta si ricorre all'espressione:

$$C_c = \frac{1 - e^{(-2 * K_r * H * \mu / B)}}{2 * K_r * \mu}$$

in cui:

e = 2,7182... (esponenziale);

K_r = (coefficiente Rankie **Tabella 06**);

H = m (altezza di ricoprimento dall'estradosso superiore del tubo al piano campagna);

μ = (coefficiente d'attrito materiale di ricoprimento con la trincea **Tabella 06**);

B = m (larghezza trincea di scavo in corrispondenza dell'estradosso superiore del tubo).

Calcolo del carico dovuto dal traffico Cd.

Per la determinazione del carico dovuto al traffico veicolare Cd si ricorre all'espressione:

$$C_d = \frac{3 * Q * D_e * \phi}{2 * \pi * H_d^2}$$

in cui:

Q = N (carico veicolare che grava sulla condotta);

D_e = mm (diametro esterno della tubazione in PVC da verificare);

H_d = m (altezza di ricoprimento dalla mezzeria del tubo al piano campagna);

π = 3,1415... (pigreco);

φ = (coefficiente per effetto del carico dinamico del traffico).

Il coefficiente φ per effetto del carico dinamico del traffico si determina con:

φ = 1 per carico statico;

φ = 1 + 0,3/H_d per strade e autostrade;

φ = 1 + 0,6/H_d per ferrovie.

Calcolo del carico dovuto alla falda idrica Cf.

Il carico Cf derivante dalla presenza eventuale di acqua di falda si ricava dalla formula:

$$C_f = \gamma_{H_2O} * H_f * D_e$$

in cui:

γ_{H₂O} = 9,81 KN/mc (peso specifico dell'acqua);

H_f = mm (altezza della falda idrica dalla mezzeria del tubo);

=====

In questa sezione si riportano le tabelle precedentemente menzionate.

Tabella 03 – FATTORE di RITARDO d'INFLESSIONE

TIPO DI RINTERRO E GRADO DI COSTIPAMENTO	a
Materiale scaricato alla rinfusa o grado di costipamento leggero (scarso)	1,50
Rinterro poco profondo con grado di costipamento da moderato a elevato	2,00

Tabella 04 – COEFFICIENTE di SUPPORTO FONDO TUBO

Angolo 2α	0°	45°	90°	120°	150°	180°
Kf	0,110	0,103	0,096	0,090	0,087	0,083

Tabella 05 – MODULO ELASTICO del MATERIALE di RINFIANCO TUBO

Tipo di terreno	Materiale	Materiale compattato		
	alla	Indice Proctor		
	rinfusa	<85%	85% > x <90%	>90%
		Densità Relativa		
		<40%	40% > x <70%	>70%
A - Bassa granulometria, LL>50	0	0	0	0,35
B - Coesivo a bassa granulometria, LL>50, suoli con media e bassa plasticità, con meno 25% di particelle grossolane.	0,35	1,38	2,76	6,9
C - Bassa granulometria, LL>50, suoli con media e bassa plasticità, con più 25% di particelle di particelle grossolane;	0,69	2,76	6,9	13,8
C - Suoli con granulometria grossolana con più del 12% di particelle fine.				
D - Granulometria grossolana, con meno del 12% di particelle fine.	0,69	6,9	13,8	20,7
E - Misto cava	6,9	20,7	20,7	20,7

NOTA del Manuale di Progettazione HOEPLI pagina 495.

Gruppo B: argille inorganiche con plasticità da bassa a media; limo inorganico; sabbia molto fine.

Gruppo C: i terreni descritti al gruppo B ma con più del 25% di particelle a grana grossolana; miscele di ghiaia, sabbia e limo (o argilla) mal graduate; sabbie con limo.

Gruppo D: misture di ghiaia e sabbia con pochi fini o nessuno; sabbie ghiaiose con pochi fini o nessuno.

Tabella 06 - CARATTERISTICHE MATERIALI di RICOPRIMENTO

Tipo di materiale	Peso Specifico	Angolo attrito	Coefficiente attrito	Coefficiente
	del materiale	del materiale	materiale - trincea	Rankie
	pt (N/m ³)	φ°	μ	Kr
Argilla secca	15 700	22	0,41	0,45
Argilla umida	19 600	12	0,21	0,66
Ciottoli	17 200	37	0,75	0,25
Fango	15 700	25	0,47	0,41
Gesso	19 600	18	0,33	0,53
Ghiaia	17 200	25	0,47	0,41
Ghiaia con sabbia	16 700	26	0,49	0,39
Sabbia compatta	17200	33	0,65	0,29
Sabbia secca	14 700	31	0,60	0,32
Sabbia umida	18 700	34	0,67	0,28
Sassi	15 700	37	0,75	0,25
Terra alla rinfusa	15 700	31	0,60	0,32
Terra compatta	18 150	32	0,62	0,32
Terra secca sciolta	12 750	12	0,21	0,66
Terra secca costipata	17 200	15	0,26	0,59
Terra umida costipata	19600	33	0,65	0,29

Tabella 07 - PARAMETRO d'INFLESSIONE

Altezza H di ricoprimento (m)	Δa	ka
H ≤ 4,90 m	0,00	0,75
H > 4,90 m e materiale scaricato alla rinfusa con leggero grado di costipamento	0,02D	1,00
H > 4,90 m e materiale con moderato grado di costipamento	0,01D	1,00
H > 4,90 m e materiale con elevato grado di costipamento	0,005D	1,00

=====

Calcolo dell'inflessione diametrale.

Sulla base di quanto riportato nei calcoli della sezione "DIMENSIONAMENTO IDRAULICO", è emerso che il collettore in progetto sarà realizzato con tubi PVC del diametro esterno De 315.

Considerato che, per talune case costruttrici il campo d'impiego dei tubi in PVC in condizioni di trincea stretta, rinfienco e rinterro con materiali sciolti è:

- ❖ minimo ricoprimento sulla generatrice superiore del tubo **0,80 m**;
- ❖ massimo ricoprimento sulla generatrice superiore del tubo da **3 m** a **6 m** a seconda della classe di rigidità anulare SN;
- ❖ traffico stradale da **12 t/asse** a **18 t/asse** a seconda della classe di rigidità SN.

Per tanto, nei tratti di collettore in cui non è possibile avere un'altezza di ricoprimento sulla generatrice superiore del tubo di 1,00 m, è previsto:

- ✚ Per altezze di ricoprimento che vanno da 0,60 a 1,00 m.

Letto di posa dello spessore di 10 cm con misto cementato dosato in funzione dell'altezza di ricoprimento e delle condizione dei luoghi.

Rinfienco minimo dello spessore pari al diametro esterno più 10 cm con misto cementato come sopra.

Rinterro finale con idonei materiali in funzione delle condizione dei luoghi.

- ✚ Per altezze di ricoprimento inferiori a 0,60 m.

Letto di posa dello spessore di 10 cm con conglomerato cementizio a resistenza e rete elettrosaldata.

Rinfienco minimo dello spessore pari al diametro esterno più 10-30 cm di conglomerato cementizio a resistenza e rete elettrosaldata.

Rinterro finale con idonei materiali in funzione delle condizione dei luoghi.

Dati di progetto comuni per il dimensionamento statico del collettore:

E' opportuno precisare che per una agevole posa della tubazione, nonché per limitare sezioni e volumetrie di scavo, occorre almeno in corrispondenza della collocazione del condotto avere una distanza tra l'estradosso del tubo e la parete della trincea di 10-15 cm.

Con questo vincolo si ottiene sempre il rispetto della condizione $B \leq 2De$.

Da questo dato si possono ricavare le altezze minime di ricoprimento, per categoria di diametro, necessarie per rispettare le condizioni di trincea stretta; che sono:

Per De 315 $B = 0,615$ m e $H \geq 0,92$ m (che è inferiore a 1,00 m).

Sulla base delle considerazioni citate in questa sezione, ai materiali scelti per rinfiando e ricoprimento del collettore, all'ubicazione, nonché ai dati riportati nella Relazione Geologica, ecc., sono stati adottati i seguenti parametri di progetto.

• Per i tratti di collettore realizzati su terreni agricoli o aree a verde.

La minima altezza di ricoprimento H prevista dal progetto è pari ad $H=1,50$ m, mentre quella massima ammonta a $H=4,00$ m (vedi tavole profili longitudinali condotte).

Come angolo di supporto del fondo si assunto 120° che dalla Tabella 04 corrisponde a $K_f=0,090$.

Per il valore relativo al fatto di ritardo d'inflessione riferito al tipo di rinterro e grado di costipamento (Tabella 03), si è assunto: per altezze di ricoprimento fino a 4,00 m, a favore di sicurezza il valore $a=2$; mentre per altezze di ricoprimento oltre 4,00 m il valore $a=1,5$.

Per quanto riguarda il materiale di riempimento, da porre sopra al materiale che avvolge la tubazione, è previsto per strati successivi di 30 cm il rinterro con materiale proveniente dagli stessi scavi.

Questo materiale è stato assimilato a "Terra umida costipata" (Tabella 06) che ha peso specifico $P_s = 19.600$ N/mc, coefficiente attrito materiale-trincea $\mu = 0,65$ e coefficiente Rankine $K_r = 0,29$.

Poiché in corrispondenza del tubo è previsto di norma il rinfiando con sabbia fine naturale, a favore di sicurezza è stato assunto come valore del modulo secante $E'=2,76$ N/mmq.

In tale valore rientrano le sabbie molto fine con indice di compattazione Proctor tra 85-90%, oppure le sabbie con limo con indice di compattazione Proctor $< 85\%$, che può raggiungere un valore di $E'=6,90$ N/mmq per indici di compattazione Proctor tra 85-90% (Tabella 05).

I parametri k_a e D_a sono stati assegnati in funzione all'altezza del rinterro H come da Tabella 07.

Le verifiche di inflessione sono state eseguite con riferimento alle altezze di ricoprimento minime $H=1,50$ e massime di $H=5,00$ m; ipotizzando un carico veicolare $Q=50.000$ N, dovuto a mezzi agricoli di tipo statico

Al fine di non trascurare situazioni intermedie che potrebbero risultare altrettanto gravose quanto le situazione limite sopra elencate, le verifiche sono inoltre state effettuate per un'altezza di ricoprimento ogni 0,50 m a partire dall'altezza minima.

Dai risultati delle verifiche di cui sopra, si è provveduto ad esaminare i tratti 4-5 e 15-16 che possono a ragion veduta ritenersi i più gravosi per la stabilità della condotta.

TABELLA RIASSUNTIVA VERIFICHE STATICHE COLLETTORE De 315 - TRATTO IN AREE AGRICOLE O A VERDE.											
ALTEZZE DI RICOPRIMENTO PROGRESSIVE da 1,50 a 4,00 m - passo 0,50 m.										TRATTE PIU' GRAVOSE	
DESCRIZIONE	SIGLA	UNITA' MISURA	TRATTO	TRATTO	TRATTO	TRATTO	TRATTO	TRATTO	TRATTO	TRATTO	TRATTO
			H1,50	H2,00	H2,50	H3,00	H3,50	H4,00	15-16	4-5	
Diametro esterno del tubo;	De	[mm]	315	315	315	315	315	315	315	315	315
Larghezza scavo (da estradosso superiore tubo);	B	[m]	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
Altezza ricoprimento sopra il tubo;	H	[m]	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	1,00	3,65	
Coefficiente attrito trincea-materiale rinterro;	μ	=	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	
Coefficiente Rankie materiale rinterro;	Kr	=	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	
Tipologia di Trincea dello scavo	Scavo	TRINCEA	STRETTA	STRETTA	STRETTA	STRETTA	STRETTA	STRETTA	STRETTA	STRETTA	
Coefficiente di carico del terreno;	Cc	=	1,595	1,874	2,080	2,231	2,342	2,424	1,216	2,369	
Peso specifico del terreno di rinterro o riempimento;	pt	[N/mc]	19600	19600	19600	19600	19600	19600	19600	19600	
Carico statico del terreno;	Cs	[N/m]	6 056	7 116	7 896	8 471	8 893	9 204	4 616	8 997	
Carico veicolare che grava sulla trincea;	Q	[N]	50 000	50 000	50 000	50 000	50 000	50 000	50 000	50 000	
Tipo di traffico: 0-statico; 0,3-strade; 0,6-ferrovie;	n	=	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Effetto dinamico del carico veicolare;	fi	=	1	1	1	1	1	1	1	1	
Carico dovuto al traffico;	Cd	[N/m]	2 737	1 616	1 065	754	562	435	5 613	519	
Altezza falda idrica oltre la mezzeria del tubo;	Hf	[m]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	1,80	
Carico falda idrica;	Cf	[N/m]	0	0	0	0	0	6 180	0	5 562	
Fattore autocompattazione o incremento del carico;	a	=	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,50	2,00	
Costante di fondo (angolo supporto tubo);	Kf	=	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	
Rigidezza circonferenziale a lungo termine;	SN	[KN/mq]	8	8	8	8	8	8	8	8	
Modulo secante del terreno intorno al tubo;	E'	[KN/mq]	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	
Deformazione diamtro o schiacciamento;	Δy	[mm]	5,75	6,14	6,53	6,85	7,11	9,69	4,86	9,32	
	Δy	[%]	1,83%	1,95%	2,07%	2,18%	2,26%	3,08%	1,54%	2,96%	

I risultati ottenuti sono riassunti nelle tabelle che seguenti.

- **Per i tratti di collettore realizzati su strade imbrecciate o pavimentate**

La minima altezza di ricoprimento H prevista dal progetto è pari ad $H=1,50$ m, mentre quella massima ammonta a $H=3,00$ m (vedi tavole profili longitudinali condotte).

Come angolo di supporto del fondo si assunto 120° che dalla Tabella 04 corrisponde a $K_f=0,090$.

Per il valore relativo al fatto di ritardo d'inflessione riferito al tipo di rinterro e grado di costipamento (Tabella 03), si è assunto: per altezze di ricoprimento fino a $4,00$ m, a favore di sicurezza il valore $a=2$; mentre per altezze di ricoprimento oltre $4,00$ m il valore $a=1,5$.

In particolare, se la posa avviene su sede stradale asfaltata il rinterro è costituito, in senso verticale dal basso verso l'alto, da: sabbia e sabbione fine naturale o eventualmente da inerte naturale fino (rena) ovvero inerte riciclato fino per il fondo e il rinfiacco oltre l'estradosso della tubazione; con stabilizzato calcareo o eventualmente inerte riciclato ovvero misto cementato; ripristino degli strati superficiali della pavimentazione con binder e tappeto d'usura).

Per quanto riguarda il materiale di riempimento, da porre sopra al materiale che avvolge la tubazione, con materiale stabilizzato calcareo o eventualmente materiale inerte riciclato ovvero misto cementato; queste tipologie di materiali sono stati assimilati a "Ghiaia con sabbia" (Tabella 06) che ha peso specifico $P_s = 16.700$ N/mc, coefficiente attrito materiale-trincea $\mu = 0,39$ e coefficiente Rankine $K_r = 0,49$.

Poiché in corrispondenza del tubo è previsto di norma il rinfiacco con sabbia fine naturale, a favore di sicurezza è stato assunto come valore del modulo secante $E'=2,76$ N/mmq.

In tale valore rientrano le sabbie molto fine con indice di compattazione Proctor tra 85-90%, oppure le sabbie con limo con indice di compattazione Proctor $< 85\%$, che può raggiungere un valore di $E'=6,90$ N/mmq per indici di compattazione Proctor tra 85-90% (Tabella 05).

I parametri k_a e D_a sono stati assegnati in funzione all'altezza del rinterro H come da Tabella 07.

Per il carico dinamico stradale si è assunto il carico veicolare $Q=100.000$ N con tipologia di traffico stradale o autostradale.

I diametri delle condotte fognarie da posare su strada sono: De 315.

Per la tubazione in PVC De 315 la zona di maggiore sollecitazione è il tratto 1-2, con altezza di ricoprimento $H=3,00$ m.

TABELLA RIASSUNTIVA VERIFICHE STATICHE COLLETTORE De 315 - TRATTI SU STRADE PAVIMENTATE.							TRATTE PIU' GRAVOSE	
ALTEZZE DI RICOPRIMENTO PROGRESSIVE da 1,50 a 3,00 m - passo 0,50 m.							TRATTO 1-2	
DESCRIZIONE	SIGLA	UNITA' MISURA	TRATTO H1,50	TRATTO H2,00	TRATTO H2,50	TRATTO H3,00		
Diametro esterno del tubo;	De	[mm]	315	315	315	315	315	
Larghezza scavo (da estradosso superiore tubo);	B	[m]	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	
Altezza ricoprimento sopra il tubo;	H	[m]	1,50	2,00	2,50	3,00	3,00	
Coefficiente attrito trincea-materiale rinterro;	μ	=	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	
Coefficiente Rankie materiale rinterro;	Kr	=	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	
<i>Tipologia di Trincea dello scavo</i>	<i>Scavo</i>	<i>TRINCEA</i>	<i>STRETTA</i>	<i>STRETTA</i>	<i>STRETTA</i>	<i>STRETTA</i>	<i>STRETTA</i>	
Coefficiente di carico del terreno;	Cc	=	1,595	1,874	2,080	2,231	2,231	
Peso specifico del terreno di rinterro o riempimento;	pt	[N/mc]	16700	16700	16700	16700	19600	
Carico statico del terreno;	Cs	[N/m]	5 160	6 063	6 728	7 217	8 471	
Carico veicolare che grava sulla trincea;	Q	[N]	50 000	50 000	50 000	50 000	100 000	
Tipo di traffico: 0-statico; 0,3-strade; 0,6-ferrovie;	n	=	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Effetto dinamico del carico veicolare;</i>	<i>fi</i>	<i>=</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	
Carico dovuto al traffico;	Cd	[N/m]	2 737	1 616	1 065	754	1 509	
Altezza falda idrica oltre la mezzera del tubo;	Hf	[m]	0,00	0,00	0,00	0,00	1,80	
Carico falda idrica;	Cf	[N/m]	0	0	0	0	5 562	
Fattore autocompattazione o incremento del carico;	a	=	2,00	2,00	2,00	2,00	1,50	
Costante di fondo (angolo supporto tubo);	Kf	=	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	
Rigidezza circonferenziale a lungo termine;	SN	[KN/mq]	8	8	8	8	8	
Modulo secante del terreno intorno al tubo;	E'	[KN/mq]	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	
Deformazione diametro o schiacciamento;	Δy	[mm]	5,06	5,32	5,62	5,88	7,66	
	Δy	[%]	1,61%	1,69%	1,79%	1,87%	2,43%	

I risultati ottenuti sono riassunti nella tabella che segue.

Dalle tabelle delle VERIFICHE STATICHE si è riscontrato che la deformazione diametrale massima è di circa 3,08%, che è inferiore al limite di normativa del 5% previsto per tubi in PVC con classe di rigidezza anulare SN 8.

Ciò allo scopo di dimostrare che l'unico parametro da tenere ben presente tanto in fase di calcolo quanto in fase di collaudo è la deformazione diametrale dei tubi di PVC.

A tale proposito per ottenere i migliori risultati è indispensabile:

- utilizzare per il sottofondo, il rinfilanco ed il ricoprimento, i materiali più adatti;*
- procedere al loro compattamento nel modo più valido;*
- provvedere che la trincea presenti la minor larghezza possibile.*

La scelta dello spessore di parete del tubo (tipo SN8 oppure tipo SN4) dipende in gran parte dalle tre condizioni sopra precisate.

Si ricorda che le prescrizioni sui materiali di ricoprimento e le modalità di posa e compattamento sono contenute nel Capitolato Speciale d'Appalto.

=====

VERIFICHE STATICHE POZZETTI IN CALCESTRUZZO REALIZZATI IN OPERA

Elemento fondamentale per la durabilità delle costruzioni realizzate in opera in calcestruzzo e il buon comportamento idraulico è l'integrità strutturale della stessa, da stabilire con le verifiche statiche.

Le verifiche statiche dei pozzetti d'ispezione realizzati in opera in calcestruzzo consistono nell'accertare che i carichi agenti sulla struttura provochino tensioni e deformazioni ammissibili.

Le verifiche statiche sono state eseguite in relazione alle diverse tipologie di ubicazione ed esercizio, dettate da differenti tipi di terreno, dalla presenza o meno della falda acquifera, dall'altezza fuori terra del manufatto o dei carichi veicolari gravanti sulla struttura.

Per le verifiche statiche si rimanda alla "RELAZIONE TECNICA" relativa alle "VERICHE STATICHE DI UNA SERIE DI POZZETTI DI ISPEZIONE PER FOGNATURA" redatto dall'Ingegnere Sara Dubbini di Osimo in data 28/02/2013, su richiesta dell'ASTEA Spa.

L'elaborato tecnico di cui sopra non fa parte della documentazione del presente progetto, ma costituisce elemento di riferimento indispensabile per il corretto dimensionamento, la tipologia dei materiali da utilizzare e le modalità di esecuzione dei manufatti da realizzare in opera nelle diverse tipologie di ubicazione ed esercizio.

=====

Recanati, lì 18 Gennaio 2016

Area Progettazione e Direzione Lavori
Tecnico Progettista
(Per. Ind. Roberto Lassandari)

Responsabile Area Progettazione e Direzione Lavori
(Ing. Simone Baglioni)