

**Proposta di realizzazione di un Comparto Produttivo Agroalimentare tra Emilia Wine s.c.a. e PreGel s.p.a.
mediante Accordo di Programma in variante alla pianificazione territoriale ed urbanistica
ai sensi degli artt. 59 e 60 della L.R. 24 / 2017
in via 11 settembre 2001, Arceto di Scandiano (RE)**

PROGETTO DEFINITIVO

Proponenti:

Lares Srl

via E. Comparoni, 64 - 42122 Gavasseto, Reggio Emilia

Lares s.r.l.
Sede Legale: Via Comparoni n. 64
42122 REGGIO EMILIA
Indirizzo Postale: C.P. 10 SUCC. 2
42121 REGGIO EMILIA
Cod. Fisc. e Part. I.V.A. 01514230356



PreGel Spa

via E. Comparoni, 64 - 42122 Gavasseto, Reggio Emilia

PreGel
Your passion. Our ingredients.

PreGel s.p.a.
PO BOX 10 SUCC. 2 - 42121 REGGIO EMILIA
Via Comparoni n. 64 - GAVASSETO
42122 REGGIO EMILIA (Italy)
Cod. Fisc./Part. I.V.A. 01133190353

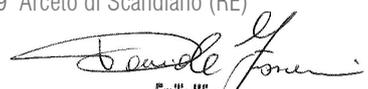


Emilia Wine Sca

via 11 Settembre 2001, 3 - 42019 Arceto di Scandiano (RE)

EMILIA WINE®
SOCIETÀ COOPERATIVA AGRICOLA

Emilia Wine s.c.a.
Via 11 Settembre 2001, 3 - 42019 Arceto di Scandiano (RE) - ITALY
Tel. 0522-609107 - Fax 0522-609637
Prog. Imp. (RE) - C.F. - P.Iva: 00130230352 - REA CCIAA RE 40679



- UR PROGETTO URBANISTICO
- AR PROGETTO ARCHITETTONICO
- IN PROGETTO INFRASTRUTTURALE
- ST PROGETTO STRUTTURALE
- IE PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI
- IM PROGETTO IMPIANTI MECCANICI
- IA PROGETTO IMPIANTI IDRICI ANTINCENDIO
- VF PROGETTO PREVENZIONE INCENDI
- SIC PROGETTO SICUREZZA
- VAS RAPPORTO AMBIENTALE VAS

oggetto: **RELAZIONE IDRAULICA**

scala: -

revisione: 3

data: marzo 2019

Progetto urbanistico, architettonico, infrastrutturale e coordinamento generale:

Andrea Oliva architetto

via L. Ariosto 17 - 42121 Reggio Emilia
tel 0522 1713846 - info@cittaarchitettura.it
ing. Giacomo Fabbi, arch. Luca Parini,
arch. Luca Paroli, arch. Marinella Soliani

Progetto Strutturale:

Studio Tecnico Associato Abaton

viale Martiri della Libertà 16 - 42019 Scandiano (RE)
ing. Sergio Spallanzani

Progetto Impianti Elettrici e Speciali:

Eta Studio Srl

via F. Cassoli 12 - 42123 Reggio Emilia
p.i. Fabrizio Costoli, p.i. Claudio Villa

Progetto Impianti Meccanici e Idrici antincendio:

MBI Energie Srl

via degli Artigiani 27 - 42019 Scandiano (RE)
ing. Federico Mattioli

Progetto Prevenzione Incendi, Sicurezza in fase di Progettazione e Rapporto Ambientale VAS:

SIL engineering Srl

via Aristotele 4 - 42122 Reggio Emilia
PREV. INCENDI: p.i. Massimo Sambuchi, ing. Andrea Prampolini
SICUREZZA: p.i. Massimo Sambuchi
AMBIENTE: dott. Manuela Salsi



ANDREA OLIVA
n. 365
ORDINE
DI
REGGIO E.
ARCHITETTO

R.IDR

SOMMARIO

1	PREMESSA	2
2	RETE DI SMALTIMENTO ACQUE BIANCHE	4
2.1	INQUADRAMENTO GENERALE	4
2.2	DESCRIZIONE DELLA RETE	4
2.2.1	<i>Parametri generali di calcolo</i>	5
2.2.2	<i>Metodo di Calcolo e Verifica</i>	5
2.2.3	<i>Elementi della rete</i>	6
2.2.4	<i>Modello di infiltrazione</i>	12
2.2.5	<i>Ietogrammi di pioggia</i>	13
2.2.6	<i>Risultati di calcolo con $T_r=50$ anni</i>	14
2.2.7	<i>Verifica del volume di invaso della rete con il metodo cinematico</i>	18
2.2.8	<i>Misure per la riduzione del rischio di danneggiamento dei beni e strutture (D.G.R. n. 1300 del 01/08/2016)</i>	22
3	RETE DI SMALTIMENTO ACQUE NERE	24
4	VERIFICHE STATICHE TUBAZIONI	26
4.1	VERIFICHE DI RESISTENZA (TUBAZIONI CLS)	26
4.1.1	<i>Carico statico del terreno</i>	26
4.1.2	<i>Carico dinamico da traffico stradale</i>	27
4.1.3	<i>Azione sismica</i>	27
4.1.4	<i>Carico totale sull'estradosso della tubazione:</i>	27
4.1.5	<i>Fogli di calcolo utilizzati per le verifiche di resistenza</i>	29
4.2	VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ (TUBAZIONI PVC)	31
4.2.1	<i>Ipotesi relative alle condizioni al contorno e alle caratteristiche meccaniche dei tubi</i>	31
4.2.2	<i>Carichi agenti sulle tubazioni in fase di esercizio</i>	31
4.2.3	<i>Calcolo della deformazione del tubo</i>	32

1 PREMESSA

La Regione Emilia-Romagna ha emanato il 18 luglio 2014 la Legge Regionale n.14/2014 "Promozione degli investimenti in Emilia Romagna".

Gli obiettivi di tale nuova disposizione sono enunciati all'articolo 1, laddove si afferma che, "al fine di accrescere l'attrazione e la competitività del sistema economico dell'Emilia-Romagna e di raggiungere elevati livelli di sostenibilità ambientale e sociale dello sviluppo, concorrendo alla realizzazione della strategia europea per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva, la Regione promuove", con la norma in commento, **"il rafforzamento, l'innovazione, la specializzazione intelligente e l'internazionalizzazione delle imprese e delle filiere produttive; valorizza i progetti di ricerca e innovazione, la responsabilità sociale d'impresa, l'imprenditorialità sociale e la partecipazione dei lavoratori**, favorisce l'afflusso di investimenti nazionali ed esteri sul territorio e nelle imprese regionali".

Per il raggiungimento di tali obiettivi, la Regione promuove (comma 3):

- a) la qualificazione, l'innovazione del sistema produttivo e la crescita occupazionale;
- b) la realizzazione delle infrastrutture per le reti telematiche in banda ultralarga;
- c) la generazione diffusa di energia, con particolare riferimento all'impiego di fonti energetiche rinnovabili e di soluzioni in grado di aumentare l'efficienza del sistema energetico regionale;
- d) la ricerca e il trasferimento tecnologico;
- e) la formazione delle risorse umane;
- f) il valore della legalità come presupposto indispensabile di uno sviluppo equo e sostenibile;
- g) lo sviluppo della rete di Welfare e dei servizi abitativi.

Le finalità che attengono ad un interesse urbanistico-edilizio sono stabilite dall'articolo 6 mediante "Accordi regionali di insediamento e sviluppo delle imprese" con la possibilità che la Regione possa promuovere la stipula di "Accordi per l'insediamento e lo sviluppo" (AISP) aventi per oggetto **nuovi insediamenti produttivi di imprese o aggregazioni di imprese, progetti di crescita delle imprese o di aggregazioni di imprese e programmi di riconversione produttiva**, che si caratterizzino per:

- a) l'elevato valore degli investimenti a carico delle imprese;
- b) l'accrescimento delle specializzazioni delle imprese, della capacità competitiva e delle specializzazioni della filiera e del sistema produttivo regionale, anche con riferimento ai mercati esteri;
- c) i livelli di ricerca, tecnologia e capacità di innovazione;
- d) la sostenibilità ambientale e sociale;
- e) gli effetti positivi, qualitativi e quantitativi, sulla tutela o sull'incremento dell'occupazione.

Gli investimenti e gli interventi che risponderanno agli obiettivi sopra richiamati verranno considerati "di interesse regionale".

L'Accordo, approvato dalla Giunta Regionale, verrà sottoscritto dalle imprese o dalle aggregazioni di imprese partecipanti, dalla Regione, dagli enti locali e dagli altri soggetti che concorrono alla sua attuazione e dovrà avere i seguenti contenuti:

- a) l'entità e le caratteristiche degli investimenti dei contraenti, nonché dei contributi e degli interventi delle Pubbliche Amministrazioni partecipanti;
- b) i tempi di autorizzazione e di realizzazione degli interventi;
- c) le ricadute occupazionali e sociali degli investimenti;
- d) le clausole di salvaguardia e le penalità a carico delle parti inadempienti, nonché le conseguenze in caso di mancato rispetto dei termini da parte delle Pubbliche Amministrazioni.

La **localizzazione dei nuovi insediamenti produttivi e delle infrastrutture e servizi ad essi connessi**, nell'osservanza dei criteri sono individuati all'articolo 8 della L.R. n. 14/2014 "Semplificazione urbanistica e misure per ridurre il consumo del suolo nella localizzazione dei nuovi insediamenti produttivi".

I nuovi insediamenti produttivi oggetto dell'Accordo per l'insediamento e lo sviluppo vanno localizzati in ambiti specializzati per attività produttive disciplinati dalla pianificazione urbanistica e territoriale vigente, ai sensi dell'articolo A-13 della legge regionale 24 marzo 2000, n. 20 (Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio).

Il comma 2 dello stesso articolo 8 cita quanto segue: "Qualora la pianificazione urbanistica non individui aree destinate all'insediamento di impianti produttivi ovvero individui aree insufficienti o non idonee rispetto all'intervento da realizzare, l'Accordo per l'insediamento e lo sviluppo può prevedere, fatto salvo quanto previsto dal comma 4, la localizzazione dell'insediamento in aree non urbanizzate. In tale ipotesi trova applicazione quanto disposto dall'articolo 40 della legge regionale n. 20 del 2000".

Il comma 3, lettera c), precisa che, "nel caso in cui la localizzazione dell'insediamento produttivo sia prevista in aree non urbanizzate aventi destinazione urbanistica diversa da quella produttiva, l'accordo di programma disciplina il completo reperimento (da parte dei soggetti interessati) delle dotazioni territoriali necessarie.

Il comma 4, specifica che "nell'ipotesi prevista al comma 3, lettera c), "nelle aree classificate dal Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) o dal Piano Strutturale Comunale (PSC) come ambiti agricoli di rilievo paesaggistico o come ambiti agricoli ad alta vocazione produttiva agricola, di cui rispettivamente agli articoli A-18 e A-19 dell'allegato alla legge regionale n. 20 del 2000, deve essere data dimostrazione della non sussistenza di alternative negli ambiti del territorio rurale adiacenti agli ambiti specializzati per attività produttive.

Il presente elaborato riguarda le reti di smaltimento delle acque bianche e nere che saranno realizzate nell'area di intervento.

Lo smaltimento delle acque è organizzato in due reti distinte (bianche e nere) che vengono convogliate separatamente in recapiti diversi.

2 RETE DI SMALTIMENTO ACQUE BIANCHE

2.1 INQUADRAMENTO GENERALE

Il progetto generale del sistema di smaltimento delle acque bianche dell'intero comparto prevede la realizzazione di due reti separate che raccolgono rispettivamente le acque provenienti dal fabbricato destinato a magazzino (comparto A) e quelle provenienti dal fabbricato uffici e dalla viabilità interna (comparto B). Entrambe le reti confluiscono nel fosso esistente denominato "Fellegara Diramazione 12" ma in due punti differenti. Il tracciato del cavo viene deviato e una parte del fosso viene tombato mediante una tubazione in cls diam. 800mm. I recapiti delle nuove reti saranno all'interno della parte tombata del fossato. Per limitare le portate, sulle tubazioni in uscita verranno realizzate bocche tarate. Per evitare esondazioni delle reti, nelle aree verdi verranno realizzati appositi bacini di laminazione (v. tavole allegate).

2.2 DESCRIZIONE DELLA RETE

Le reti in esame sono realizzate con tubazioni in PVC e cls autoportanti con diametri compresi tra $\Phi 315$ mm e $\Phi 800$ mm e pendenze comprese tra l'1‰ e il 2‰. Su entrambe le reti sono previsti pozzetti di ispezione in cls ogni 50-60 m. Le caditoie di raccolta delle acque piovane nelle strade e nei parcheggi saranno disposte con interasse pari a circa 20 -25 m.

Entrambe le reti andranno a confluire nel canale esistente attraverso bocche tarate di diam. pari a 160mm. Sono poi previsti due bacini di laminazione distinti che andranno a laminare separatamente le acque provenienti dalle due reti. Il primo, che raccoglierà le acque provenienti dal fabbricato destinato a magazzino, verrà realizzato nella zona sud-est del fabbricato e disporrà di una capacità di accumulo pari a circa 2300 mc. Il secondo verrà realizzato nella parte nord-est del comparto, avrà una capacità di accumulo pari a circa 1800 mc e andrà a raccogliere le acque provenienti dalla palazzina uffici e dalla viabilità interna.

Le vasche volano verranno realizzate per funzionare in parallelo in modo che, nei periodi di poca piovosità non vi sia ristagno di acqua all'interno dei bacini.

In corrispondenza dei pozzetti terminali dell'invaso saranno posizionate valvole di non ritorno tipo clapet.

S. TERRITORIALE TOTALE = 119.832 m ²	
SUB-COMPARTO A	SUB-COMPARTO B
S. TERRITORIALE = 62.894 m ²	S. TERRITORIALE = 56.938 m ²
S. COPERTURE = 23.836 m ²	S. COPERTURE = 3.964 m ²
S. STRADE E PIAZZALI = 5.587 m ²	S. STRADE E PIAZZALI = 20.453 m ²
S. PERCORSI PEDONALI = 1.734 m ²	S. PERCORSI PEDONALI = 2.557 m ²
S. PERM 50% (PARGHEGGI) = 295 m ²	S. PERM 50% (PARCHEGGI) = 518 m ²
S. PERMEABILE = 31.442 m ²	S. PERMEABILE = 29.446 m ²
LAMINAZIONE = 2.300 m ³	LAMINAZIONE = 2.000 m ³

Figura 1 – tabella superfici

Le aree a verde del comparto, che saranno destinate a prato, sono state considerate interamente permeabili.

Si descrive di seguito la verifica della rete.

2.2.1 Parametri generali di calcolo

Per la verifica della rete sono state eseguite una serie di differenti simulazioni di seguito elencate:

1. Tempo di ritorno $T_r=50$ anni. Sono stati utilizzati i seguenti parametri forniti dal Consorzio di Bonifica per la curva di possibilità pluviometrica:

$$a = 57.50(\text{mm/h}^n) \quad n = 0.21$$

Con i dati di c.p.p. precedenti sono stati costruiti ietogrammi di progetto di tipo rettangolare di durata oraria crescente a partire da 1 ora fino a 5 ore al fine di determinare la durata di pioggia critica per il comparto. È stato quindi verificato che per tale durata non vi fossero esondazioni in nessun punto della rete.

In tutti i casi è stata applicata la seguente condizione al contorno:

- è stato ipotizzato, a favore di sicurezza, un livello di riempimento costante del condotto Fellegara Dir 12, durante l'evento meteorico, pari a 2/3 dell'altezza arginale dello stesso.

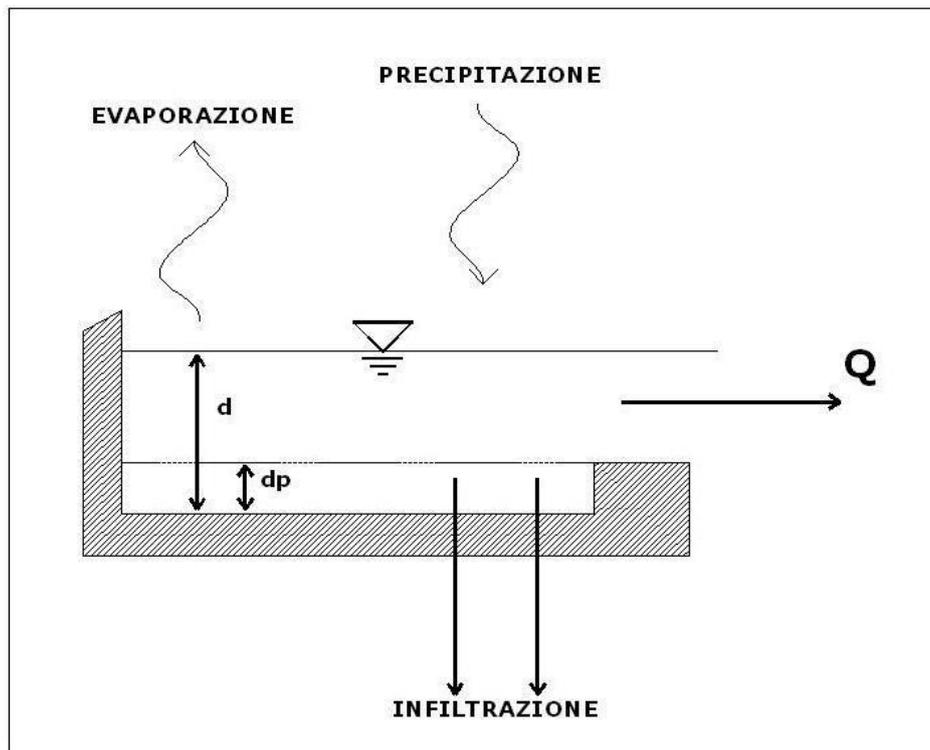
2.2.2 Metodo di Calcolo e Verifica

Per poter ottimizzare l'intervento si è utilizzato il programma di calcolo M.A.R.T.E. DEFLUX fondato sul motore di calcolo denominato Storm Water Management Model (SWMM) sviluppato dall'EPA statunitense in grado di simulare il movimento della precipitazione meteorica dalla superficie del bacino alla rete di canali e condotte che costituiscono il sistema di drenaggio. Tale modello permette di configurare in termini qualitativi e quantitativi tutti i processi che si innescano nel ciclo idrologico basandosi su una struttura modulare in grado di rispondere alle diverse esigenze progettuali che emergono dall'analisi delle diverse realtà in cui si interviene. SWMM è un modello di simulazione di tempo discreto che impiega i principi di conservazione di massa, energia e quantità di moto. Di seguito si descrivono brevemente i metodi che SWMM utilizza per modellare gli aspetti quantitativi e qualitativi del deflusso meteorico attraverso i seguenti processi fisici:

- Deflusso superficiale,
- Infiltrazione,
- Acqua freatica,
- Propagazione dei flussi,
- Esondazione e raccolta superficiale,
- Propagazione degli inquinanti (analisi di qualità).

La visione concettuale del deflusso superficiale usata da SWMM è illustrata nella figura sottostante. Ogni superficie dei sottobacini è trattata con un serbatoio non-lineare. La portata in ingresso arriva dalle precipitazioni e da tutti i sottobacini definiti a monte. Esistono diversi flussi in uscita, dovuti ai processi d'infiltrazione, di evaporazione e di deflusso superficiale. La capacità di questo "serbatoio" è data dal massimo

immagazzinamento nelle depressioni, che è l'accumulo massimo fornito dagli avvallamenti superficiali, dagli specchi d'acqua e dall'intercettazione vegetale.



Schema concettuale del deflusso superficiale

La propagazione della portata attraverso i condotti è governata dalle equazioni di conservazione della massa e di quantità di moto per i moti gradualmente variati non-stazionari, ovvero dall'equazione di De Saint Venant. Nelle modellazioni in esame è stato scelto di utilizzare il metodo di propagazione dell'onda dinamica.

Il metodo dinamico consiste nella risoluzione completa del problema di De Saint Venant (equazione del momento della quantità di moto per i condotti ed equazione di continuità del volume ai nodi) e quindi fornisce i risultati teoricamente più accurati.

Con questo metodo di calcolo è possibile rappresentare il funzionamento in pressione dei condotti, per cui la portata può superare il valore calcolato a bocca piena con l'equazione di Manning. L'esonazione avviene quando il livello di acqua in un nodo eccede la profondità disponibile massima, per cui il flusso eccedente può essere perso dal sistema o venire accumulato per poi essere immesso nel sistema. **Con lo schema di onda dinamica è possibile rappresentare la capacità di invaso, il rigurgito, le perdite di carico in ingresso ed uscita dei condotti, l'inversione di flusso ed il funzionamento in pressione.**

Poiché accoppia la soluzione dei livelli d'acqua ai nodi e delle portate ai condotti, tale metodo può essere applicato a qualsiasi rete, anche a quelle che contengono nodi con molteplici deviazioni a valle o anelli. È indicato per studiare sistemi in cui siano significativi gli effetti di rigurgito dovuti a restringimenti o in presenza di regolazioni di portata mediante scaricatori o soglie.

2.2.3 Elementi della rete

Come già accennato il programma di calcolo utilizza uno schema "rami-nodi". Sono di seguito descritti i principali elementi della rete in esame.

I Nodi:

I nodi rappresentano sia i punti di ingresso/uscita delle portate reflue transitanti lungo la rete che i punti di connessione tra gli elementi; essi possono essere "Generici", di "Accumulo", e di "Recapito". Ad ogni nodo è possibile attribuire una serie di caratteristiche idrauliche tra cui quota del terreno e quota di fondo.

COMPARTO A

DATI DEI NODI				
Nodo	Tipo di nodo	Quota terreno (m slm)	Quota cielo (m slm)	Quota fondo (m slm)
1	Nodo generico	10.85	10.39	9.79
10	Nodo generico	10.85	9.85	9.05
11	Nodo di recapito	10.25	9.18	9.03
12	Nodo generico	10.70	9.99	9.09
13	Nodo generico	10.85	9.94	9.14
14	Nodo generico	10.85	10.03	9.23
15	Nodo generico	10.85	9.92	9.32
16	Nodo generico	10.85	10.02	9.42
17	Nodo generico	10.70	10.39	9.49
2	Nodo generico	10.85	10.31	9.71
3	Nodo generico	10.85	10.22	9.62
4	Nodo generico	10.85	10.13	9.53
5	Nodo generico	10.85	10.05	9.45
6	Nodo generico	10.85	10.18	9.38
7	Nodo generico	10.85	10.10	9.30
8	Nodo generico	10.85	10.02	9.22
9	Nodo generico	10.85	9.94	9.14

COMPARTO B

DATI DEI NODI				
Nodo	Tipo di nodo	Quota terreno (m slm)	Quota cielo (m slm)	Quota fondo (m slm)
1	Nodo generico	9,61	8,91	8,61
10	Nodo generico	9,65	9,21	8,91
12	Nodo generico	9,65	8,85	8,55
13	Nodo generico	9,65	8,93	8,63
14	Nodo generico	9,65	9,03	8,73
15	Nodo generico	9,65	9,15	8,67
16	Nodo generico	9,50	9,06	8,58
17	Nodo generico	9,50	9,29	8,49
18	Nodo generico	9,50	8,82	8,52
19	Nodo generico	10,05	9,23	8,43
2	Nodo generico	9,61	8,83	8,53
20	Nodo generico	10,05	9,19	8,39
21	Nodo generico	10,05	9,14	8,34
22	Nodo generico	10,05	9,08	8,28
23	Nodo generico	10,05	9,00	8,20
24	Nodo generico	10,05	8,90	8,10
25	Nodo di recapito	10,05	8,24	8,09
26	Nodo generico	10,05	8,68	8,30
27	Nodo generico	10,05	8,71	8,33
28	Nodo generico	10,05	8,77	8,39
29	Nodo generico	10,05	8,83	8,45
3	Nodo generico	9,61	8,87	8,49
30	Nodo generico	10,05	9,07	8,77
31	Nodo generico	10,05	9,01	8,71
32	Nodo generico	10,05	8,98	8,68
33	Nodo generico	10,05	8,92	8,62
35	Nodo generico	9,65	9,18	8,71
36	Nodo generico	10,05	8,74	8,14
37	Nodo generico	10,05	8,66	8,18
38	Nodo generico	10,05	8,69	8,22
39	Nodo generico	10,05	8,64	8,26
4	Nodo generico	9,61	8,83	8,45
40	Nodo generico	10,05	8,68	8,30
41	Nodo generico	10,05	8,65	8,35
42	Nodo generico	10,05	8,70	8,40
43	Nodo generico	10,05	8,66	8,36
44	Nodo generico	10,05	8,63	8,33
45	Nodo generico	10,05	8,59	8,29
46	Nodo generico	10,05	8,56	8,26
47	Nodo generico	10,05	8,87	8,14
48	Nodo generico	10,05	8,76	8,46
49	Nodo generico	10,05	8,81	8,51
5	Nodo generico	9,61	8,83	8,36
50	Nodo generico	10,05	8,84	8,54
51	Nodo generico	10,05	8,91	8,61
52	Nodo generico	9,50	9,20	8,47
53	Nodo generico	9,65	9,35	8,87
6	Nodo generico	9,65	8,77	8,30
7	Nodo generico	9,65	8,85	8,25
8	Nodo generico	9,80	8,79	8,19
9	Nodo generico	9,95	8,92	8,12

I Rami:

I rami rappresentano le condotte e i canali a cielo aperto che convogliano le portate da un punto all'altro della rete e necessariamente collegano due elementi puntuali. Ad ognuno di questi elementi è possibile assegnare delle caratteristiche idrauliche come, le quote di scorrimento a monte e a valle, la lunghezza, la pendenza, il tipo di condotto, il suo diametro e le conseguenti caratteristiche tipologiche e l'area di bacino afferente.

COMPARTO A

DATI DEGLI ELEMENTI LINEARI					
Elemento	Nodo iniziale	Nodo finale	Tipo di elemento	Materiale	Lunghezza (m)
1	1	2	Ramo	PVC 630	39.96
10	10	11	Ramo	PVC 160	11.13
11	12	10	Ramo	PVC 630	18.74
12	16	15	Ramo	PVC 630	49.73
13	15	14	Ramo	PVC 630	47.10
14	14	13	Ramo	CLS 800	45.00
15	13	10	Ramo	CLS 800	45.00
2	2	3	Ramo	PVC 630	45.01
3	3	4	Ramo	PVC 630	43.57
4	4	5	Ramo	PVC 630	38.82
5	5	6	Ramo	PVC 630	38.82
6	6	7	Ramo	CLS 800	39.78
7	7	8	Ramo	CLS 800	39.78
8	8	9	Ramo	CLS 800	40.42
9	9	10	Ramo	CLS 800	43.32

COMPARTO B

DATI DEGLI ELEMENTI LINEARI					
Elemento	Nodo iniziale	Nodo finale	Tipo di elemento	Materiale	Lunghezza (m)
1	1	2	Ramo	PVC 315	36,48
10	24	25	Ramo	PVC 160	7,24
14	22	23	Ramo	CLS 800	37,00
15	23	9	Ramo	CLS 800	40,98
16	41	40	Ramo	PVC 315	28,15
17	40	39	Ramo	PVC 400	19,07
18	39	38	Ramo	PVC 400	19,09
19	38	37	Ramo	PVC 500	19,13
2	2	3	Ramo	PVC 315	19,58
20	37	36	Ramo	PVC 500	19,23
21	36	9	Ramo	PVC 630	10,00
22	46	36	Ramo	PVC 315	59,75
23	45	37	Ramo	PVC 315	56,79
24	44	38	Ramo	PVC 315	54,56
25	43	39	Ramo	PVC 315	52,70
26	42	40	Ramo	PVC 315	51,05
3	3	4	Ramo	PVC 400	24,17
30	15	16	Ramo	PVC 500	43,35
31	16	17	Ramo	PVC 500	49,95
32	17	19	Ramo	CLS 800	29,86
33	19	20	Ramo	CLS 800	16,84
34	20	21	Ramo	CLS 800	23,50
35	21	22	Ramo	CLS 800	33,19
36	29	28	Ramo	PVC 400	30,30
37	28	27	Ramo	PVC 400	30,70
38	27	26	Ramo	PVC 400	15,00
39	26	22	Ramo	PVC 400	9,30
4	4	5	Ramo	PVC 400	43,93
44	18	17	Ramo	PVC 315	19,56
46	47	9	Ramo	PVC 630	9,30
47	30	31	Ramo	PVC 315	28,00
48	31	32	Ramo	PVC 315	15,00
49	32	33	Ramo	PVC 315	33,00
5	5	6	Ramo	PVC 500	29,73
50	33	51	Ramo	PVC 315	6,00
51	51	50	Ramo	PVC 315	33,84
52	50	49	Ramo	PVC 315	15,00
53	49	48	Ramo	PVC 315	24,69
54	48	29	Ramo	PVC 315	5,21
57	10	53	Ramo	PVC 315	19,33
58	53	35	Ramo	PVC 500	81,03
59	35	15	Ramo	PVC 500	18,29
6	6	7	Ramo	PVC 500	24,76
60	12	3	Ramo	PVC 315	27,90
61	14	13	Ramo	PVC 315	50,04
62	13	12	Ramo	PVC 315	40,00
7	7	8	Ramo	PVC 630	31,22
8	8	9	Ramo	PVC 630	31,89
9	9	24	Ramo	CLS 800	8,92

I bacini:

L'elemento Bacino è un elemento areale che descrive una porzione di territorio a cui è possibile assegnare determinate proprietà caratteristiche. Tali porzioni di area sono poi associate ai vari rami della rete in modo da simulare il reale collegamento fra area da drenare e tubazioni adibite a tale drenaggio.

I bacini presentano quindi caratteristiche diverse che vengono associate loro per mezzo dei Sottobacini.

Il sottobacino è l'unità idrologica che descrive le caratteristiche di un bacino imbrifero afferente ad un ramo della rete.

sono presenti diverse tipologie di sottobacino:

- Tipo “**COPERTURE**” che rappresenta l'area delle coperture dei fabbricati che si assume abbia una superficie impermeabile del 100%.
- Tipo “**STRADE**” che rappresenta l'area delle strade, dei parcheggi e dei piazzali che si assume abbia una superficie impermeabile del 100%.

COMPARTO A

SOMMARIO DELLE STATISTICHE DEI SOTTOBACINI					
Sotto-bacino afferente al ramo	Nodo di Ingresso	Area (ha)	Larghezza (m)	Pendenza terreno (m/m)	% imper.
12	16	0.34	49.728	0.004	100.00
14	14	0.39	45.000	0.004	100.00
15	13	0.39	45.000	0.004	100.00
2	2	0.36	45.008	0.004	100.00
3	3	0.36	43.566	0.004	100.00
5	5	0.30	38.820	0.004	100.00
8	8	0.39	40.419	0.004	100.00

COMPARTO B

SOMMARIO DELLE STATISTICHE DEI SOTTOBACINI					
Sotto-bacino afferente al ramo	Nodo di Ingresso	Area (ha)	Larghezza (m)	Pendenza terreno (m/m)	% imper.
1	1	0,10	67,718	0,004	100,00
16	41	0,02	52,282	0,004	100,00
18	39	0,03	36,768	0,004	100,00
20	37	0,03	37,654	0,004	100,00
22	46	0,09	116,111	0,004	100,00
23	45	0,09	110,408	0,004	100,00
24	44	0,08	106,379	0,004	100,00
25	43	0,08	102,530	0,004	100,00
26	42	0,08	99,318	0,004	100,00
3	3	0,01	45,681	0,004	100,00
31	16	0,43	99,329	0,004	100,00
38	27	0,05	15,000	0,004	100,00
4	4	0,03	86,767	0,004	100,00
44	18	0,10	36,195	0,004	100,00
47	30	0,05	28,000	0,004	100,00
48	31	0,05	15,000	0,004	100,00
49	32	0,16	33,000	0,004	100,00
5	5	0,04	52,599	0,004	100,00
53	49	0,07	24,689	0,004	100,00
57	10	0,04	23,180	0,004	100,00
58	53	0,30	117,789	0,004	100,00
59	35	0,03	21,096	0,004	100,00
62	13	0,13	73,912	0,004	100,00
7	7	0,04	59,290	0,004	100,00
8	8	0,01	59,667	0,004	100,00

2.2.4 Modello di infiltrazione

Il processo che maggiormente influisce sul deflusso superficiale è il processo di infiltrazione: la pioggia penetra, attraverso i terreni permeabili del bacino, nella zona insatura del terreno. Si definisce capacità d'infiltrazione la velocità con cui l'acqua viene sottratta dalla superficie del suolo; se l'intensità di pioggia è inferiore alla capacità d'infiltrazione, l'infiltrazione coinciderà con la pioggia stessa; nel caso contrario l'infiltrazione coinciderà con la capacità di infiltrazione e l'eccesso di pioggia rispetto a questa darà luogo al deflusso superficiale. La capacità di infiltrazione dipende da: tipologia del terreno, stato dello strato superficiale del terreno, spessore del suolo saturo.

SWMM offre differenti metodi per determinare l'andamento nel tempo della capacità d'infiltrazione: Nella modellazione in esame è stata utilizzata l'equazione di Horton.

Si assume pertanto che la capacità di infiltrazione del terreno si riduca in modo esponenziale da un valore iniziale e massimo (f_0) ad un valore finale costante (f_∞). L'equazione di Horton definisce quindi:

$$f_p = f_\infty + (f_0 - f_\infty) \cdot e^{-ct}$$

dove:

- f_p , capacità di infiltrazione nel suolo (m/s);
- f_∞ , minima capacità di infiltrazione (per $t = \infty$) (m/s);

- f_0 , massima capacità di infiltrazione (per $t = 0$) (m/s);
- t , tempo trascorso dall'inizio della precipitazione (h);
- α , coefficiente di decadimento (h^{-1}).

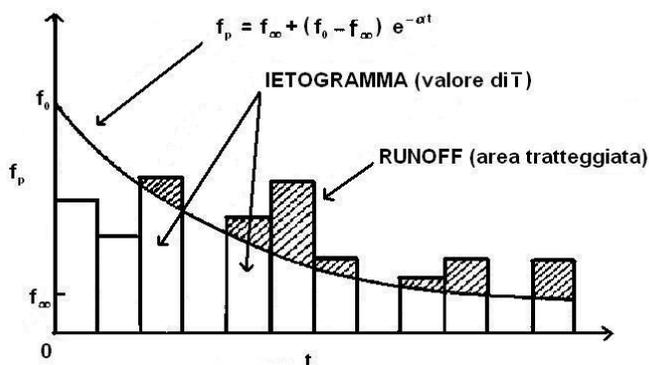


Figura 1 – Capacità di infiltrazione

L'infiltrazione è in definitiva pari a:

$$f(t) = \min[f_p(t) , i(t)]$$

essendo:

- $f(t)$, infiltrazione nel suolo (m/s);
- $f_p(t)$, capacità di infiltrazione nel suolo (m/s);
- $i(t)$, intensità di precipitazione (m/s).

Il terreno delle aree oggetto d'intervento è stato valutato cautelativamente alla categoria C secondo la classificazione proposta dal Soil Conservation Service. La suddetta classificazione presenta i seguenti valori da utilizzare per la legge di Horton pari a:

- $f_\infty = 6,3$ mm/h;
- $f_0 = 125$ mm/h;
- $\alpha = 2$ h⁻¹.

2.2.5 Ietogrammi di pioggia

Il funzionamento idraulico del sistema è simulato con riferimento a ietogrammi di tipo rettangolare a cadenza oraria crescente, per evento di pioggia con $Tr=50$.

Si riportano di seguito i diagrammi utilizzati:

- $Tr= 50$ anni: sono state eseguite simulazioni con ietogrammi di pioggia di durata crescente da 1 ora a 5 ore.

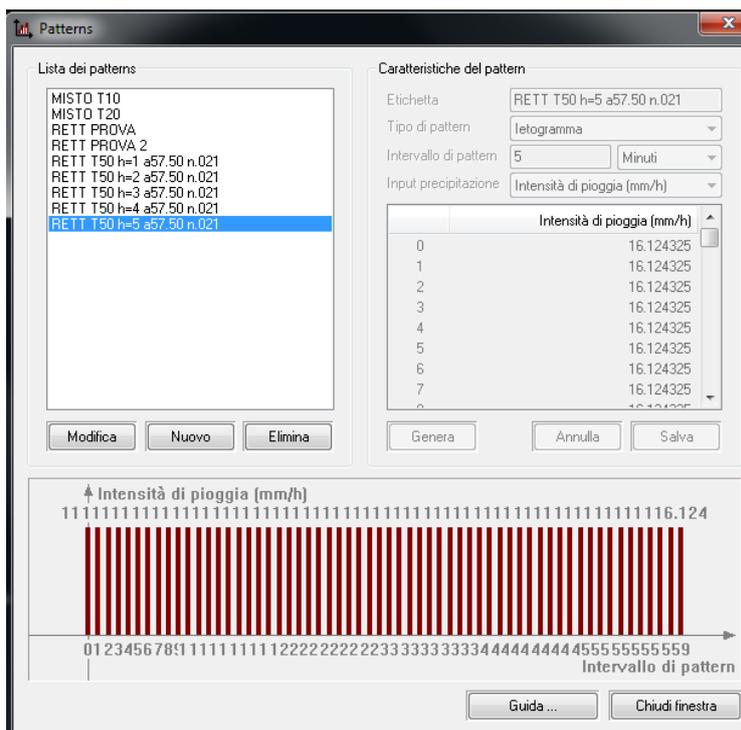


Figura 2 - Ietogramma di pioggia rettangolare per T=5 ore

2.2.6 Risultati di calcolo con Tr=50 anni

Si riportano di seguito i risultati relativi agli elementi della rete desunti dalla simulazione eseguita con Tr=50 anni e ietogramma di pioggia rettangolare con durata dell'evento meteorico di 5 ore che risulta essere la durata critica per l'invaso di laminazione.

COMPARTO A

Risultati nodi

SOMMARIO STATISTICHE DEI NODI											
Nodo	Quota terreno (m slm)	Quota cielo (m slm)	Quota fondo (m slm)	Quota massimo accumulato (m slm)	Massima quota		Livello massimo (m)	Sovraccarico massimo (m)	Durata sovraccarico (min)	Volume esondato totale (mm ha)	Durata della esondaz. (min)
					(m slm)	al tempo					
1	10.85	10.39	9.79		9.80	4:59	0.01				
10	10.85	9.85	9.05		9.78	5:09	0.73				
11	10.25	9.18	9.03		9.45	0:00	0.42	0.27	480.02		
12	10.70	9.99	9.09		9.78	5:06	0.69				
13	10.85	9.94	9.14		9.78	5:10	0.64				
14	10.85	10.03	9.23		9.78	5:10	0.55				
15	10.85	9.92	9.32		9.78	5:10	0.46				
16	10.85	10.02	9.42		9.78	5:10	0.36				
17	10.70	10.39	9.49		9.78	5:07	0.29				
2	10.85	10.31	9.71		9.80	4:58	0.09				
3	10.85	10.22	9.62		9.79	5:00	0.17				
4	10.85	10.13	9.53		9.78	5:11	0.25				
5	10.85	10.05	9.45		9.78	5:12	0.33				
6	10.85	10.18	9.38		9.78	5:12	0.41				
7	10.85	10.10	9.30		9.78	5:12	0.49				
8	10.85	10.02	9.22		9.78	5:12	0.56				
9	10.85	9.94	9.14		9.78	5:12	0.64				

Dalla tabella sopra riportata si desume che tutti i nodi sono verificati poiché non presentano esondazioni.

Risultati elementi lineari

SOMMARIO STATISTICHE DEGLI ELEMENTI LINEARI															
Elemento	Tipo di elemento	Pendenza ramo	Altezza sezione (m)	Area sezione piena (m ²)	Raggio idraulico sez. piena (m)	Portata di moto uniforme (m ³ /s)	Portata max di calcolo		Velocità max di calcolo		Portata massima normalizzata	Livello massimo		Livello massimo normalizzato	Durata sovraccarico (min)
							(m ³ /s)	al	(m/s)	al		(m)	al		
1	Ramo	0.00200	0.599	0.282	0.150	0.3234	0.000	0:22	0.02	0:22	0.00	0.049	4:59	0.082	
10	Ramo	0.00180	0.153	0.018	0.038	0.0080	0.033	5:09	1.97	0:00	4.07	0.153	0:04	1.000	475.35
11	Ramo	0.00200	0.599	0.282	0.150	0.3234	0.126	0:40	1.84	0:24	0.39	0.599	3:54	1.000	245.98
12	Ramo	0.00200	0.599	0.282	0.150	0.3234	0.014	1:49	0.63	0:07	0.04	0.408	5:10	0.682	
13	Ramo	0.00200	0.599	0.282	0.150	0.3234	0.015	1:48	0.42	0:45	0.05	0.505	5:10	0.842	
14	Ramo	0.00200	0.800	0.503	0.200	0.5492	0.031	0:45	0.43	0:42	0.06	0.597	5:10	0.746	
15	Ramo	0.00200	0.800	0.503	0.200	0.5492	0.047	0:41	0.39	0:40	0.09	0.686	5:10	0.858	
16	Ramo	0.00500	0.900	34.515	0.858	84.7466	0.081	1:45	0.01	1:45	0.00	0.494	5:07	0.549	
2	Ramo	0.00200	0.599	0.282	0.150	0.3234	0.015	4:59	0.45	1:32	0.05	0.129	5:00	0.215	
3	Ramo	0.00200	0.599	0.282	0.150	0.3234	0.030	4:59	0.72	1:58	0.09	0.210	5:11	0.350	
4	Ramo	0.00200	0.599	0.282	0.150	0.3234	0.030	5:00	0.63	2:03	0.09	0.291	5:11	0.486	
5	Ramo	0.00200	0.599	0.282	0.150	0.3234	0.043	2:19	0.78	1:39	0.13	0.368	5:12	0.614	
6	Ramo	0.00200	0.800	0.503	0.200	0.5492	0.043	1:48	0.65	1:07	0.08	0.446	5:12	0.558	
7	Ramo	0.00200	0.800	0.503	0.200	0.5492	0.043	1:07	0.57	0:46	0.08	0.525	5:12	0.657	
8	Ramo	0.00200	0.800	0.503	0.200	0.5492	0.059	0:46	0.65	0:43	0.11	0.605	5:12	0.756	
9	Ramo	0.00200	0.800	0.503	0.200	0.5492	0.058	0:45	0.48	0:41	0.11	0.688	5:09	0.860	

Si riportano infine i valori relativi alla portata media e massima nel recapito finale.

SOMMARIO STATISTICHE NODI DI RECAPITO			
Nodo	Frequenza flusso (%)	Portata media (m ³ /s)	Portata max (m ³ /s)
11		80.93	0.0266
			0.0326

La massima portata in uscita (32.6 l/s) risulta compatibile con la portata massima richiesta che risulta essere pari 5 l/s/ha * 6.29 ha = 32 l/s

Tutte le verifiche risultano pertanto soddisfatte.

COMPARTO B

Risultati nodi

SOMMARIO STATISTICHE DEI NODI											
Nodo	Quota terreno (m slm)	Quota cielo (m slm)	Quota fondo (m slm)	Quota massimo accumulo (m slm)	Massima quota		Livello massimo (m)	Sovraccarico massimo (m)	Durata sovraccarico (min)	Volume esondato totale (mm ha)	Durata della esondaz. (min)
					(m slm)	al tempo					
1	9,61	8,91	8,61		8,81	5:09	0,20				
10	9,65	9,21	8,91		8,97	4:58	0,06				
12	9,65	8,85	8,55		8,81	5:09	0,26				
13	9,65	8,93	8,63		8,81	5:09	0,18				
14	9,65	9,03	8,73		8,81	5:09	0,08				
15	9,65	9,15	8,67		8,81	5:00	0,14				
16	9,50	9,06	8,58		8,81	5:00	0,22				
17	9,50	9,29	8,49		8,80	5:11	0,32				
18	9,50	8,82	8,52		8,80	5:11	0,28				
19	10,05	9,23	8,43		8,80	5:11	0,38				
2	9,61	8,83	8,53		8,81	5:09	0,27				
20	10,05	9,19	8,39		8,80	5:11	0,41				
21	10,05	9,14	8,34		8,80	5:11	0,46				
22	10,05	9,08	8,28		8,80	5:11	0,52				
23	10,05	9,00	8,20		8,80	5:01	0,60				
24	10,05	8,90	8,10		8,80	5:04	0,70				
25	10,05	8,24	8,09		8,62	0:00	0,53	0,38	900,03		
26	10,05	8,68	8,30		8,80	5:11	0,50	0,12	377,97		
27	10,05	8,71	8,33		8,80	5:00	0,47	0,09	275,07		
28	10,05	8,77	8,39		8,80	5:00	0,41	0,03	98,23		
29	10,05	8,83	8,45		8,80	5:00	0,35				
3	9,61	8,87	8,49		8,81	5:09	0,31				
30	10,05	9,07	8,77		8,82	5:00	0,05				
31	10,05	9,01	8,71		8,82	5:00	0,10				
32	10,05	8,98	8,68		8,82	5:00	0,13				
33	10,05	8,92	8,62		8,81	5:00	0,19				
35	9,65	9,18	8,71		8,82	5:00	0,11				
36	10,05	8,74	8,14		8,80	5:04	0,66	0,06	169,33		
37	10,05	8,66	8,18		8,80	5:05	0,62	0,15	462,53		
38	10,05	8,69	8,22		8,80	5:05	0,58	0,11	315,23		
39	10,05	8,64	8,26		8,80	5:05	0,54	0,16	558,83		
4	9,61	8,83	8,45		8,81	5:09	0,36				
40	10,05	8,68	8,30		8,80	5:05	0,51	0,13	382,30		
41	10,05	8,65	8,35		8,80	5:05	0,45	0,15	485,50		
42	10,05	8,70	8,40		8,80	5:05	0,40	0,10	306,73		
43	10,05	8,66	8,36		8,80	5:05	0,44	0,14	436,33		
44	10,05	8,63	8,33		8,80	5:05	0,47	0,17	630,27		
45	10,05	8,59	8,29		8,80	5:05	0,51	0,21	751,33		
46	10,05	8,56	8,26		8,80	5:05	0,54	0,24	769,73		
47	10,05	8,87	8,14		8,80	5:04	0,66				
48	10,05	8,76	8,46		8,80	5:00	0,34	0,05	123,83		
49	10,05	8,81	8,51		8,81	5:00	0,30				
5	9,61	8,83	8,36		8,80	5:09	0,45				
50	10,05	8,84	8,54		8,81	5:00	0,27				
51	10,05	8,91	8,61		8,81	5:00	0,20				
52	9,50	9,20	8,47		8,80	5:04	0,34				
53	9,65	9,35	8,87		8,96	4:57	0,09				
6	9,65	8,77	8,30		8,80	5:09	0,50	0,03	81,97		
7	9,65	8,85	8,25		8,80	5:09	0,55				
8	9,80	8,79	8,19		8,80	5:08	0,62	0,02	49,80		
9	9,95	8,92	8,12		8,80	5:04	0,68				

Dalla tabella sopra riportata si desume che tutti i nodi sono verificati poiché non presentano esondazioni.

Risultati elementi lineari

SOMMARIO STATISTICHE DEGLI ELEMENTI LINEARI															
Elemento	Tipo di elemento	Pendenza ramo	Altezza sezione (m)	Area sezione piena (m ²)	Raggio idraulico sez. piena (m)	Portata di moto uniforme (m ³ /s)	Portata max di calcolo		Velocità max di calcolo		Portata massima normalizzata	Livello massimo		Livello massimo normalizzato	Durata sovraccarico (min)
							m ³ /s	al	(m/s)	al		(m)	al		
1	Ramo	0,00200	0,300	0,070	0,075	0,0509	0,004	1:15	0,50	0:05	0,08	0,238	5:09	0,794	
10	Ramo	0,00200	0,153	0,018	0,038	0,0085	0,045	0:00	2,56	0:00	5,38	0,153	0:00	1,000	899,43
14	Ramo	0,00200	0,800	0,503	0,200	0,5492	0,055	0:57	0,69	0:37	0,10	0,559	5:01	0,699	
15	Ramo	0,00200	0,800	0,503	0,200	0,5492	0,055	0:36	0,59	0:36	0,10	0,637	5:06	0,796	
16	Ramo	0,00200	0,300	0,070	0,075	0,0509	0,001	2:18	0,49	0:06	0,02	0,300	3:05	1,000	485,43
17	Ramo	0,00200	0,380	0,114	0,095	0,0963	0,004	5:00	0,20	0:14	0,04	0,380	3:22	1,000	382,13
18	Ramo	0,00200	0,380	0,114	0,095	0,0963	0,007	4:59	0,21	0:11	0,08	0,380	2:55	1,000	558,70
19	Ramo	0,00200	0,475	0,178	0,119	0,1745	0,010	5:00	0,26	0:05	0,06	0,475	3:36	1,000	315,23
2	Ramo	0,00200	0,300	0,070	0,075	0,0509	0,004	1:17	0,40	0:09	0,08	0,287	5:09	0,957	
20	Ramo	0,00200	0,475	0,178	0,119	0,1745	0,014	4:59	0,36	0:03	0,08	0,475	3:08	1,000	462,30
21	Ramo	0,00200	0,599	0,282	0,150	0,3234	0,017	4:59	0,58	0:01	0,05	0,599	4:12	1,000	169,27
22	Ramo	0,00200	0,300	0,070	0,075	0,0509	0,003	4:59	0,07	0:46	0,06	0,300	2:09	1,000	769,73
23	Ramo	0,00200	0,300	0,070	0,075	0,0509	0,003	4:59	0,10	0:17	0,06	0,300	2:28	1,000	751,30
24	Ramo	0,00200	0,300	0,070	0,075	0,0509	0,003	4:59	0,09	0:47	0,05	0,300	2:49	1,000	630,23
25	Ramo	0,00200	0,300	0,070	0,075	0,0509	0,003	4:59	0,09	0:49	0,05	0,300	3:12	1,000	436,23
26	Ramo	0,00200	0,300	0,070	0,075	0,0509	0,003	4:59	0,04	4:59	0,05	0,300	3:38	1,000	306,70
3	Ramo	0,00200	0,380	0,114	0,095	0,0963	0,010	1:31	0,52	1:37	0,11	0,337	5:09	0,885	
30	Ramo	0,00200	0,475	0,178	0,119	0,1745	0,017	5:01	0,46	0:23	0,10	0,181	5:00	0,381	
31	Ramo	0,00200	0,475	0,178	0,119	0,1745	0,034	2:17	0,76	1:18	0,20	0,270	5:00	0,568	
32	Ramo	0,00200	0,800	0,503	0,200	0,5492	0,038	1:17	0,63	1:17	0,07	0,348	5:11	0,435	
33	Ramo	0,00200	0,800	0,503	0,200	0,5492	0,038	1:20	0,76	0:10	0,07	0,394	5:11	0,492	
34	Ramo	0,00200	0,800	0,503	0,200	0,5492	0,038	1:09	0,83	0:11	0,07	0,434	5:11	0,542	
35	Ramo	0,00200	0,800	0,503	0,200	0,5492	0,038	1:04	0,58	0:14	0,07	0,490	5:12	0,612	
36	Ramo	0,00200	0,380	0,114	0,095	0,0963	0,014	1:45	0,60	1:11	0,14	0,368	5:00	0,966	
37	Ramo	0,00200	0,380	0,114	0,095	0,0963	0,014	1:13	0,52	0:15	0,14	0,380	4:32	1,000	98,17
38	Ramo	0,00200	0,380	0,114	0,095	0,0963	0,016	0:57	0,46	0:14	0,17	0,380	3:44	1,000	274,97
39	Ramo	0,00200	0,380	0,114	0,095	0,0963	0,016	0:57	0,64	0:09	0,17	0,380	3:22	1,000	377,77
4	Ramo	0,00200	0,380	0,114	0,095	0,0963	0,012	1:12	0,57	1:11	0,12	0,370	5:09	0,974	
44	Ramo	0,00200	0,300	0,070	0,075	0,0509	0,004	4:59	0,52	0:05	0,09	0,289	5:11	0,966	
46	Ramo	0,00200	0,599	0,282	0,150	0,3234	0,112	0:30	2,14	0:23	0,35	0,599	4:12	1,000	172,93
47	Ramo	0,00200	0,300	0,070	0,075	0,0509	0,002	4:51	0,29	0:07	0,05	0,077	5:00	0,256	
48	Ramo	0,00200	0,300	0,070	0,075	0,0509	0,004	4:17	0,28	0:13	0,08	0,118	5:00	0,393	
49	Ramo	0,00200	0,300	0,070	0,075	0,0509	0,011	2:30	0,58	2:28	0,22	0,163	5:00	0,543	
5	Ramo	0,00200	0,475	0,178	0,119	0,1745	0,014	1:44	0,58	0:47	0,08	0,461	5:09	0,969	
50	Ramo	0,00200	0,300	0,070	0,075	0,0509	0,011	2:29	0,62	0:07	0,22	0,199	5:00	0,665	
51	Ramo	0,00200	0,300	0,070	0,075	0,0509	0,011	2:22	0,57	2:20	0,22	0,237	5:00	0,792	
52	Ramo	0,00200	0,300	0,070	0,075	0,0509	0,011	1:56	0,52	1:56	0,22	0,284	5:00	0,949	
53	Ramo	0,00200	0,300	0,070	0,075	0,0509	0,014	1:56	0,63	1:45	0,27	0,299	5:00	0,999	
54	Ramo	0,00200	0,300	0,070	0,075	0,0509	0,014	1:45	0,68	1:45	0,27	0,300	4:23	1,000	123,73
55	Ramo	0,00500	0,730	29,269	0,703	606,1731	0,082	1:26	0,01	1:24	0,00	0,499	5:05	0,683	
57	Ramo	0,00200	0,300	0,070	0,075	0,0509	0,002	4:59	0,14	0:12	0,04	0,076	4:59	0,253	
58	Ramo	0,00200	0,475	0,178	0,119	0,1745	0,015	4:59	0,58	4:33	0,09	0,102	5:00	0,215	
59	Ramo	0,00200	0,475	0,178	0,119	0,1745	0,016	4:41	0,67	0:08	0,09	0,125	5:00	0,262	
6	Ramo	0,00200	0,475	0,178	0,119	0,1745	0,013	0:55	0,58	0:18	0,08	0,475	4:38	1,000	81,93
60	Ramo	0,00200	0,300	0,070	0,075	0,0509	0,006	1:28	0,40	1:28	0,11	0,279	5:09	0,930	
61	Ramo	0,00200	0,300	0,070	0,075	0,0509	0,001	5:06	0,05	5:06	0,03	0,129	5:09	0,431	
62	Ramo	0,00200	0,300	0,070	0,075	0,0509	0,006	1:27	0,52	0:06	0,11	0,218	5:09	0,729	
7	Ramo	0,00200	0,599	0,282	0,150	0,3234	0,016	0:47	0,39	0:16	0,05	0,576	5:09	0,962	
8	Ramo	0,00200	0,599	0,282	0,150	0,3234	0,016	0:28	0,29	0:01	0,05	0,599	4:48	1,000	49,67
9	Ramo	0,00200	0,800	0,503	0,200	0,5492	0,056	0:00	1,31	0:00	0,10	0,688	5:05	0,860	

Si riportano infine i valori relativi alla portata media e massima nel recapito finale.

SOMMARIO STATISTICHE NODI DI RECAPITO			
Nodo	Frequenza flusso (%)	Portata media (m ³ /s)	Portata max (m ³ /s)
25		81,59	0,0167
			0,0298

La massima portata in uscita (29.8 l/s) risulta compatibile con la portata massima richiesta che risulta essere pari 5 l/s/ha * 5.69 ha = 28.5 l/s

Tutte le verifiche risultano pertanto soddisfatte.

2.2.7 Verifica del volume di invaso della rete con il metodo cinematico

Al fine di valutare in modo cautelativo la capacità di invaso della rete si è calcolato il volume minimo da invasare utilizzando il metodo cinematico.

Per tali calcoli si sono utilizzati i parametri pluviometrici per Tr=50 anni:

$$a = 57.5(\text{mm}/h^n) \quad n = 0.21$$

Per valutare la quota parte di pioggia partecipante al deflusso si è utilizzato il metodo percentuale valutando un coefficiente di deflusso medio per tutta l'area partecipante al deflusso.

Il coefficiente di deflusso è stato ricavato per ogni singola zona omogenea utilizzando la formula seguente:

$$j = j_{IMP} \times IMP + j_{PERM} \times (1 - IMP)$$

dove

j_{IMP} = coefficiente di afflusso aree impermeabili;

j_{PERM} = coefficiente di afflusso aree permeabili;

IMP = coefficiente di impermeabilità.

Quindi si è calcolato il valore medio per l'intera area con la seguente formula

$$j = \frac{\sum \dot{a}_i S_i \times j_i}{\sum \dot{a}_i S_i}$$

dove

j_i = coefficiente di afflusso relativo alla zona i-esima;

S_i = area della i-esima zona urbanisticamente omogenea

COMPARTO A

Il coefficiente di deflusso medio dell'area pari a

$$j = 31333/62894 = 0,498$$

BACINO	TIPOLOGIA SOTTOBACINO	AREA [Si]	IMP (%)	ϕ_{imp}	ϕ_{perm}	ϕ_i	$S_i \cdot \phi_i$
01	Coperture	23836	100.00	0.9	0.1	0.9	21452.400
02	Strade	5587	100.00	0.9	0.1	0.9	5028.300
03	Pedonali	1734	100	0.9	0.1	0.9	1560.600
04	Garden	295	50	0.9	0.1	0.5	147.500
05	Verde	31442	0	0.9	0.1	0.1	3144.200
TOT		62894.00				TOT	31333.000

È stato poi valutato il tempo di corrivazione del comparto, valutato come somma del tempo di accesso in rete T_a e del tempo di rete T_r . Vista la dimensione della rete in progetto è stato utilizzato un tempo di accesso in rete di circa 10 minuti. Il tempo di rete è stato poi calcolato, in favore di sicurezza, utilizzando le velocità massime a sezione piena del canale in esame. Non è stata di proposito utilizzata la velocità massima ricavata dal calcolo con Marte Deflux al fine di permettere una validazione dei risultati più realistica che non comporti l'utilizzo di dati ricavati dal software di calcolo. Considerando una lunghezza della condotta pari a 560 m ed

una velocità media pari a 0.7 m/s si ottiene un valore di Tr pari a 13.3 min. Il tempo di corrivazione del comparto risulta quindi essere pari a 23.3 min.

Si riporta di seguito lo schema di calcolo.

DETERMINAZIONE DEL VOLUME DI LAMINAZIONE DI UNA VASCA VOLANO CON METODO CINEMATICO		
Dati di progetto		
Tempo di ritorno	T	50 (anni)
Superficie del bacino	S	6.29 (ha)
Tempo di corrivazione	ϑ_c	23.3 (minuti)
Coefficiente di afflusso	φ	0.498 (-)
Coeff. Udometrico massimo	v	5
Portata uscente dalla vasca	Q_u	32 (l/s)
Coeff. della CPP	a	57.5 (mm/h ⁿ)
Esponente della CPP	n	0.21 (-)
Relazioni di riferimento		
Portata al colmo	$Q_c = S \varphi a \theta_c^{n-1}$	
Durata critica per la vasca	$n S \varphi a \theta_w^{n-1} + \frac{(1-n) t_c Q_u^2 \theta_w^{1-n}}{S \varphi a} - Q_u = 0$	
Volume di massimo invaso	$W_m = S \varphi a \theta_w^n + \frac{t_c Q_u^2 \theta_w^{1-n}}{S \varphi a} - Q_u \theta_w - Q_u t_c$	
Dati di calcolo		
Portata al colmo	Q_c	1054.97 (l/s)
Durata critica per la vasca	ϑ_w	275.15 (minuti)
ϑ_w/ϑ_c	ϑ_w/ϑ_c	11.79 (-)
Portata massima per ϑ_w	Q_w	150.21 (l/s)
Rapporto di laminazione	$\eta=1/m$	0.03 (-)
Volume di calcolo della vasca	Wm	1916.19 (m³)
Volume unitario per ha imp.		611.79 (m ³ /ha)
Volume di calcolo maggiorato del 20% per compensare diversi effetti di sottostima riconosciuti da diversi Autori	Wmm	2299.42 (m³)

A favore di sicurezza viene quindi realizzato un bacino di laminazione con volume pari a 2300 mc circa (vedi plan allegata).

COMPARTO B

Il coefficiente di deflusso medio dell'area pari a

$$j = 27480/56938 = 0,483$$

BACINO	TIPOLOGIA SOTTOBACINO	AREA [Si]	IMP (%)	φ_{imp}	φ_{perm}	φ_i	$Si*\varphi_i$
01	Coperture	3964	100,00	0,9	0,1	0,9	3567,600
02	Strade	20453	100,00	0,9	0,1	0,9	18407,700
03	Pedonali	2557	100	0,9	0,1	0,9	2301,300
04	Garden	518	50	0,9	0,1	0,5	259,000
05	Verde	29446	0	0,9	0,1	0,1	2944,600
TOT		56938,00				TOT	27480,200

È stato poi valutato il tempo di corrivazione del comparto, valutato come somma del tempo di accesso in rete T_a e del tempo di rete T_r . Vista la dimensione della rete in progetto è stato utilizzato un tempo di accesso in rete di circa 10 minuti. Il tempo di rete è stato poi calcolato, in favore di sicurezza, utilizzando le velocità massime a sezione piena del canale in esame. Non è stata di proposito utilizzata la velocità massima ricavata dal calcolo con Marte Deflux al fine di permettere una validazione dei risultati più realistica che non comporti l'utilizzo di dati ricavati dal software di calcolo. Considerando una lunghezza della condotta pari a 1450 m ed una velocità media pari a 0.7 m/s si ottiene un valore di T_r pari a 34.5 min. Il tempo di corrivazione del comparto risulta quindi essere pari a 44.5 min.

Si riporta di seguito lo schema di calcolo.

DETERMINAZIONE DEL VOLUME DI LAMINAZIONE DI UNA VASCA VOLANO CON METODO CINEMATICO		
Dati di progetto		
Tempo di ritorno	T	50 (anni)
Superficie del bacino	S	5,69 (ha)
Tempo di corrivazione	ϑ_c	44,5 (minuti)
Coefficiente di afflusso	φ	0,483 (-)
Coeff. Udometrico massimo	v	5
Portata uscente dalla vasca	Q_u	32 (l/s)
Coeff. della CPP	a	57,5 (mm/h ⁿ)
Esponente della CPP	n	0,21 (-)
Relazioni di riferimento		
Portata al colmo	$Q_c = S \varphi a \theta_c^{n-1}$	
Durata critica per la vasca	$nS\varphi a \theta_w^{n-1} + \frac{(1-n)t_c Q_u^2 \theta_w^{-n}}{S\varphi a} - Q_u = 0$	
Volume di massimo invaso	$W_m = S\varphi a \theta_w^n + \frac{t_c Q_u^2 \theta_w^{1-n}}{S\varphi a} - Q_u \theta_w - Q_u t_c$	
Dati di calcolo		
Portata al colmo	Q_c	555,99 (l/s)
Durata critica per la vasca	ϑ_w	238,79 (minuti)
ϑ_w/ϑ_c	ϑ_w/ϑ_c	5,36 (-)
Portata massima per ϑ_w	Q_w	147,51 (l/s)
Rapporto di laminazione	$\eta=1/m$	0,06 (-)
Volume di calcolo della vasca	Wm	1588,02 (m³)
Volume unitario per ha imp.		577,44 (m ³ /ha)
Volume di calcolo maggiorato del 20% per compensare diversi effetti di sottostima riconosciuti da diversi Autori	Wmm	1905,62 (m³)

A favore di sicurezza viene realizzato un bacino di laminazione con volume pari a 2000 mc circa.

2.2.8 Misure per la riduzione del rischio di danneggiamento dei beni e strutture (D.G.R. n. 1300 del 01/08/2016)

Valutato quanto disposto dall'atto di Giunta della Regione Emilia Romagna del 1 Agosto 2016 "*PRIME DISPOSIZIONI REGIONALI CONCERNENTI L'ATTUAZIONE DEL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI NEL SETTORE URBANISTICO, AI SENSI DELL'ART. 58 ELABORATO N. 7 (NORME DI ATTUAZIONE) E DELL'ART. 22 ELABORATO N. 5 (NORME DI ATTUAZIONE) DEL PROGETTO DI VARIANTE AL PAI E AL PAI DELTA ADOTTATO DAL COMITATO ISTITUZIONALE AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME PO CON DELIBERAZIONI N. 5/2015*" e valutata la cartografia in merito alle aree oggetto di intervento (*Mappe della pericolosità e del rischio di alluvione predisposte ai sensi dell'art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e del D.lgs. 49/2010, adottate dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po in data 22 dicembre 2013*) si classifica l'area oggetto di intervento come di seguito riportato a seconda degli ambiti territoriali considerati.

Ambito territoriale - Reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP)

L'area oggetto di intervento è classificata come "aree interessate da alluvioni rare (aree P1), per le quali si devono applicare le limitazioni e prescrizioni previste per la Fascia C delle norme del Titolo II del PAI (art. 31)" da cui si evince al comma 4 di tale articolo che "Compete agli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti per i territori ricadenti in fascia C".

In merito alla mappatura relativa al Rischio Potenziale l'area oggetto di intervento è classificata con un livello di rischio R1 (Rischio Moderato o Nullo) per il quale i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono trascurabili o nulli.

Ambito territoriale - Reticolo secondario di pianura (RSP)

L'area oggetto di intervento si trova in un'area caratterizzata da un Reticolo secondario di pianura (RSP) per il quale lo scenario di Pericolosità è caratterizzato da un livello P2 (aree interessate da alluvione poco frequente) e da un livello di Rischio R1 (Rischio Moderato o Nullo), pertanto ai sensi dell'art. 5.2 del suddetto Atto di Giunta si prevede di garantire:

- l'attuazione di misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle strutture esposte, anche ai fini della tutela della vita umana;
- l'attuazione di misure volte al rispetto del principio dell'invarianza idraulica, finalizzate a salvaguardare la capacità ricettiva del sistema idrico e a contribuire alla difesa idraulica del territorio.

Nello specifico si prevedono i seguenti accorgimenti:

1. la quota minima del primo piano utile degli edifici viene impostata pari a 10.05 m slm e pertanto più alta della quota media del territorio circostante che presenta le seguenti quote:
 - quota media piazzali = 9.65 m slm
 - quota media aree verdi = 9.50 m slm;

Considerando uno scenario di allagamento con tiranti idrici di circa 20÷30 cm, la quota del primo piano utile dei fabbricati è considerata sufficiente per ridurre ad un livello accettabile la vulnerabilità del bene esposto;

2. tutti i fabbricati in progetto non prevedono piani interrati;
3. il progetto prevede di realizzare una rete di smaltimento delle acque meteoriche che comprende un trattamento di laminazione delle portate per mezzo di due bacini di laminazione in grado di rispettare il principio di invarianza idraulica e quindi di non aggravare la rete dei fossi esistente. Il calcolo della rete di smaltimento e del bacino di laminazione viene effettuato considerando un tempo di ritorno T_r pari a 50 anni.

e pertanto a fronte del progetto consegnato, ai quali elaborati si rimanda per eventuali approfondimenti e dettagli, si ritiene mitigato il pericolo di eventuali eventi alluvionali.

3 RETE DI SMALTIMENTO ACQUE NERE

Il sistema di smaltimento delle acque reflue è dimensionato per garantire il deflusso delle acque reflue provenienti dagli scarichi del comparto in progetto e convogliarle, tramite un tratto di fognatura privata posta sul lato est di via 11 Settembre 2001, alla pubblica fognatura con recapito finale al depuratore di Rubiera.

La rete interna la comparto andrà a raccogliere le acque reflue provenienti dai blocchi servizi del fabbricato destinato a magazzino, le acque reflue provenienti dal fabbricato Headquarters e dal servizio posto nella guardiola. Per i rami di scarico provenienti dalle cucine poste nel fabbricato Headquarters verrà predisposto un degrassatore mentre all'uscita di ogni servizio igienico viene previsto un desaponificatore.

Le acque di scarico provenienti dai laboratori posti nel fabbricato Headquarters invece verranno trattate da un depuratore biologico aerobico prima di essere immesse nella rete.

Al limite nord-est del comparto attuativo è infine previsto il pozzetto finale di ispezione e la stazione di sollevamento. Da questo pozzetto, mediante un tratto a gravità, la linea verrà allacciata alla fognatura privata esistente posta sul lato est di via 11 Settembre 2011 che già raccoglie le acque provenienti dall'area di servizio e dalla cantina.

La rete fognaria delle acque nere in progetto risulta costituita da tubazioni in PVC SN8 aventi diametri interni che variano da 200 mm a 250 mm. Tali condotte sono posate con pendenza pari a circa 5% in trincee strette costituite da un fondo in sabbia e dei rinfianchi laterali e superiori in pietrischetto 4/8 dello spessore minimo di 10 cm sopra tubo.

I pozzetti di ispezione saranno di tipo circolare con diametro interno $\Phi 800$ mm. Tutti i pozzetti saranno rispondenti alla norma UNI EN 1917 con marcatura CE, dotati di giunzioni con garanzia di tenuta all'acqua e con fondo sagomato con canalette semicircolari raccordate alle direzioni incidenti e defluenti rivestito con resine epossidiche.

I chiusini dei pozzetti d'ispezione saranno in ghisa sferoidale e saranno costruiti a norma UNI EN 124 classe D400 con superficie carrabile antisdrucchiolo.

Il coperchio sarà di forma circolare, diametro 600 mm, con telaio munito di nervature, fori ed asole di ancoraggio.

La rete fognaria in progetto viene dimensionata con il seguente criterio: dal presunto numero di addetti che saranno presenti nei fabbricati in progetto si ricava il numero di A.E.

- 1 A.E. ogni 2 lavoratori nel fabbricato destinato a magazzino
- 1 A.E. ogni 3 lavoratori/visitatori nel fabbricato destinato a Headquarter.

Stima abitanti equivalenti

n. 25 lavoratori in magazzino / 3 = 8 A.E.

n. 120 lavoratori HEADQUARTER / 3 = 40 A.E

n. 120 visitatori HEADQUARTER / 3 = 40 A.E

Si precisa che la stima di 88 A.E. è relativa a dati di picco riferibili a periodi pari a circa 5 gg/anno. La stima media degli abitanti equivalenti invece può essere assunta pari a 55 A.E, considerando n. 20 visitatori per il fabbricato headquarters. A favore di sicurezza la rete viene comunque dimensionata considerando gli A.E. di picco.

Si riporta di seguito il calcolo delle portate medie e di punta. Nel calcolo viene prevista una dotazione idrica pari a 200 l*ab/g sia per il fabbricato destinato a magazzino sia per il fabbricato Headquarters. Si considera inoltre un'incremento di portata pari a 0.15 l/s dovuta all'attività svolta all'interno del fabbricato Headquarters.

Calcolo rete di raccolta acque nere - calcolo con A.E.

	FABBRICATO	MAG	HEAD	HEAD	TOTALE
A.E.	8	40	40		88
Dotazione idrica (l*ab/g)	200	200	200		
Coeff. di punta	2.5	2.5	2.5		
Ore di presenza addetti	8	8	8		
Q _m litri/s	0.0444	0.12962	0.0569		
Q _p litri/s	0.1111	0.32406	0.1422		0.57739
Incremento portata Attività (l/s)			0.15		0.72739

Si riporta di seguito la verifica della tubazione nel tratto più a valle della rete.

TUBI PVC SN8					
DN	250		diametro nominale		
D _i	0.234 mm		diametro interno		
J	0.005 m/m		pendenza condotta		
K	0.00025 m		scabrezza assoluta		
ν	1.3100E-06 mq/s		viscosità cinematica		
V	1.04 m/s		velocità media corrente		
Q _{sp}	44.8 l/s		portata sezione piena		
Q _R	0.73 l/s		Portata reale		
Q _R /Q _{SP}	0.02		Rapporto portata reale / portata sezione piena		
h/D	0.09		Riempimento percentuale		
V _R /V _{SP}	0.39		Rapporto velocità reale / velocità sezione piena		
V _R	0.40 m/s		Velocità reale		

La verifica risulta ampiamente soddisfatta. La tubazione diam250 risulta quindi idonea allo smaltimento delle acque reflue.

4 VERIFICHE STATICHE TUBAZIONI

4.1 VERIFICHE DI RESISTENZA (TUBAZIONI CLS)

Le presenti verifiche sono state eseguite al fine di controllare il comportamento delle tubazioni rigide in calcestruzzo utilizzate per la rete acque bianche. Tutte le condotte saranno posate in condizione di trincea stretta con rinfianco in calcestruzzo come da particolare delle tavole di progetto.

La verifica consiste nel calcolare il carico gravante sulla tubazione e quindi confrontare il valore trovato con quello a rottura, ricavato sperimentalmente da prove effettuate presso l'Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Costruzioni e Trasporti ed allegato alla presente relazione (v. Allegato 1).

Verranno di seguito eseguiti i calcoli in forma generale per quel che concerne la parte teorica, successivamente sono stati riportati i fogli di calcolo con i quali sono state eseguite le verifiche per i ricoprimenti minimi e massimi di ogni tubazione di diametro omogeneo.

4.1.1 Carico statico del terreno

Carico Verticale sul tubo in trincea stretta:

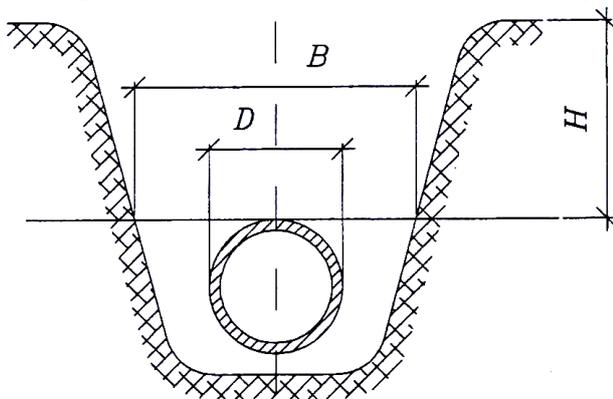
$$Q_{ST} = C_t \gamma_t B^2$$

dove:

Q_{ST} = carico verticale sul tubo in N/m

γ_t = peso specifico del rinterro in N/m³

B = larghezza effettiva della trincea a livello della generatrice superiore del tubo in m



$$C_t = \frac{1 - e^{-2k(H/B) \operatorname{tg} \rho'}}{2k * \operatorname{tg}(\rho')} = \text{coefficiente di carico del terreno nella posa in trincea stretta}$$

con

$k = \operatorname{tg}^2(45^\circ - \rho/2)$ = coefficiente di spinta attiva.

Carico Verticale sul tubo in trincea larga:

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

Q_{ewt} = Carico verticale sul tubo in N/m

γ_t = peso specifico del rinterro in N/m³

D = diametro esterno del tubo in m

$$C_e = 0,1 + 0,85(H/D) + 0,33(H/D)^2 \quad \text{per } H/D \leq 2,66$$

$$C_e = 0,1 + 1,68(H/D) \quad \text{per } H/D > 2,66.$$

4.1.2 Carico dinamico da traffico stradale

E' stato considerato un carico corrispondente al valore derivante da un mezzo convenzionale da 60t, il quale si suddivide in 6 punti di carico ciascuno da 10t.

$$P_{vc} = \sigma_z D \varphi$$

dove:

σ_z = pressione verticale a livello della generatrice superiore del tubo dovuto ai sovraccarichi mobili concentrati che per carichi pesanti (secondo la norma DIN 1072 vengono denominati HT) vale

$$\sigma_z = 0.5281 \frac{P_a}{H^{1.0461}}$$

con P_a =carico su ruota.

φ = fattore dinamico = $1+0.4/H$ per carichi stradali.

Carico dovuto ad acqua di falda

La spinta dell'acqua si valuta come segue:

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

dove: γ_w = peso specifico dell'acqua

H_w = altezza della superficie libera della falda al di sopra della tubazione.

Nei casi in esame si è trascurato il valore del peso dell'acqua all'interno della tubazione poiché produce un effetto trascurabile.

4.1.3 Azione sismica

Si trascurano, sull'elemento in analisi, gli effetti sismici in quanto:

- ai fini delle azioni verticali in soletta la struttura ha luce inferiore ai 20.00 m;
- ai fini delle azioni orizzontali sui piedritti, l'adozione di uno scenario dissimmetrico di spinta produce sollecitazioni maggiori di quelle dovute al sisma oscillatorio.

4.1.4 Carico totale sull'estradosso della tubazione:

$$C_L = Q_{rinterro} + Q_{traffico} + Q_{falda}$$

Il carico con cui confrontare tale valore di azione sollecitante è stato ottenuto nel seguente modo:

$$\frac{(C_L) \times k}{\mu} = C_R$$

dove:

C_L = carico massimo sopportato teorico;

C_R = carico massimo reale dopo la messa in opera in trincea;

k = coefficiente di posa, pari a 2,8 secondo la normativa EN-295 nel caso di appoggio su letto di misto stabilizzato e rinfiacco con calcestruzzo;

μ = coefficiente di sicurezza allo schiacciamento, pari a 1,5 (valore cautelativo per contenere effetti di decadimento del materiale) secondo la normativa UNI 7517 per tubazioni in assenza di pressione interna.

4.1.5 Fogli di calcolo utilizzati per le verifiche di resistenza

Si riportano di seguito i fogli di calcolo utilizzati per le verifiche di resistenza delle tubazioni in calcestruzzo utilizzate.

Verifica con minimo valore di ricoprimento

Verifica statica tubazione in cls RIGIDA Ø800			
D	1.03 m	di diametro esterno del tubo	
γ'_t	20000 N/m ³	peso specifico del rinterro	
P	100000 N	carico per ruota di convoglio	
n	6	numero ruote del convoglio	
A	11.0801243 m	area d'impronta del convoglio	
Carichi permanenti			
h	0.75 m	altezza del rinterro dalla generatrice sup. del tubo	
B	2.03 m	larghezza effettiva del rinterro a livello della generatrice sup. del tubo	
ρ	33°	angolo d'attrito interno del rinterro	
ρ'	30°	angolo d'attrito tra rinterro e terreno naturale	
k	0.295	coefficiente di spinta attiva	
Si assume $\rho = \rho'$			
Trincea stretta			
C _t	0.347	coefficiente di carico del terreno nella posa in trincea stretta	
γ'_t	20000 N/m ³	peso specifico del rinterro	
B ²	4.1209 m ²	larghezza effettiva del rinterro a livello della generatrice sup. del tubo	
Q _{st}	28613 N/m	Carico verticale sul tubo nella condizione di posa in trincea stretta	
Trincea larga			
C _o	0.894	coefficiente di carico del terreno nella posa in trincea larga	
γ'_t	20000 N/m ³	peso specifico del rinterro	
D ²	1.0609 m ²	di diametro esterno del tubo	
Q _{car}	18966.8 N/m	Carico verticale sul tubo nella condizione di posa in trincea larga	
MAX	28613 N/m	Valore Massimo tra i valori di carico nelle due condizioni di posa analizzate	
Carichi mobili			
Concentrato			
σ_z	71353.385 N/m ²	tensione specifica trasmessa all'estradosso della tubazione dai carichi mobili	
D	1.03 m	di diametro esterno della tubazione	
φ	1.8	coefficiente dinamico	
P _v	132289 N/m	Carico sollecitante la condotta	
Distribuito			
C _d	0.956	Coefficiente funzione di (A, H, L, D)	
p	54151.017 N/m ²	valore del sovraccarico distribuito sulla sup. occupata dal veicolo	
D	1.03 m	di diametro esterno tubazione	
φ	1.8	coefficiente dinamico	
P _{v,d}	95978.56226 N/m	Carico agente sulla condotta	
MAX	132289 N/m	Valore Massimo tra i valori di carico nelle due condizioni analizzate	
Carico della falda			
γ_w	10000 N/m ³	peso specifico dell'acqua	Q _t 90060 N/m Carico massimo teorico per Ø800
h	0 m	quota della falda sulla sommità della canalizzazione	K 2.8 coefficiente di posa
D	1.03 m	di diametro esterno tubazione	μ 1.5 coefficiente di sicurezza allo schiacciamento
Q _{car}	5304.5 N/m ²	carico agente sulla condotta riferito all'asse	
Totale carico sull'estradosso tubazione		Carico massimo reale dopo la messa in opera in trincea	
Q _{tot}	166207 N/m	Valore complessivo del carico gravante sull'estradosso della tubazione.	Q _r 168112 kN/m

Verifica con massimo valore di ricoprimento

Verifica statica tubazione in cls RIGIDA Ø800			
D	1.03 m	diametro esterno del tubo	
γ_r	20000 N/m ³	peso specifico del rinterro	
P	100000 N	carico per ruota di convoglio	
n	6	numero ruote del convoglio	
A	12.68815721 m	area d'impronta del convoglio	
Carichi permanenti			
h	0.95 m	altezza del rinterro dalla generatrice sup. del tubo	
B	2.03 m	larghezza effettiva del rinterro a livello della generatrice sup. del tubo	
ρ	33°	angolo d'attrito interno del rinterro	
ρ'	30°	angolo d'attrito tra rinterro e terreno naturale	
k	0.295	coefficiente di spinta attiva	
Si assume $\rho = \rho'$			
Trincea stretta			
C_t	0.433	coefficiente di carico del terreno nella posa in trincea stretta	
γ_r	20000 N/m ³	peso specifico del rinterro	
B ²	4.1209 m ²	larghezza effettiva del rinterro a livello della generatrice sup. del tubo	
Q_{st}	35655 N/m	Carico verticale sul tubo nella condizione di posa in trincea stretta	
Trincea larga			
C_e	1.165	coefficiente di carico del terreno nella posa in trincea larga	
γ_r	20000 N/m ³	peso specifico del rinterro	
D ²	1.0609 m ²	diametro esterno del tubo	
Q_{avt}	24712.8 N/m	Carico verticale sul tubo nella condizione di posa in trincea larga	
MAX	35655 N/m	Valore Massimo tra i valori di carico nelle due condizioni di posa analizzate	
Carichi mobili			
Concentrato			
σ_z	55721.077 N/m ²	tensione specifica trasmessa all'estradosso della tubazione dai carichi mobili	
D	1.03 m	diametro esterno della tubazione	
φ	1.631578947	coefficiente dinamico	
P_v	93641 N/m	Carico sollecitante la condotta	
Distribuito			
C_d	0.956	Coefficiente funzione di (A, H, L, D)	
p	47288.191 N/m ²	valore del sovraccarico distribuito sulla sup. occupata dal veicolo	
D	1.03 m	diametro esterno tubazione	
φ	1.631578947	coefficiente dinamico	
P_{vd}	75972.41102 N/m	Carico agente sulla condotta	
MAX	93641 N/m	Valore Massimo tra i valori di carico nelle due condizioni analizzate	
Carico della falda			
γ_w	10000 N/m ³	peso specifico dell'acqua	Q_t 90060 N/m Carico massimo teorico per Ø800
h	0 m	quota della falda sulla sommità della canalizzazione	K 2.8 coefficiente di posa
D	1.03 m	diametro esterno tubazione	μ 1.5 coefficiente di sicurezza allo schiacciamento
Q_{dr}	5304.5 N/m ²	carico agente sulla condotta riferito all'asse	
Totale carico sull'estradosso tubazione		Carico massimo reale dopo la messa in opera in trincea	
Q_{tot}	134600 N/m	Valore complessivo del carico gravante sull'estradosso della tubazione.	Q_r 168112 kN/m

Le verifiche statiche di resistenza si possono ritenere pertanto soddisfatte.

4.2 VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ (TUBAZIONI PVC)

Allo scopo di garantire che le tubazioni in progetto siano in grado di resistere con adeguata sicurezza ai carichi agenti, si procede alla verifica dello schiacciamento delle tubazioni medesime, in quanto sotto i carichi di progetto possono essere soggette ad una progressiva ovalizzazione con eventuale deterioramento delle giunzioni e possibile fuoriuscita del materiale trasportato dalla condotta.

Le condotte sono posate in trincee strette costituite da un fondo in sabbia e dei rinfianchi laterali e superiori in pietrischetto 4/8 dello spessore minimo di 10 cm sopra tubo

La condizione assunta che garantisce la sicurezza in fase di esercizio è una deformazione massima relativa del 5% sul diametro, deformazione che viene valutata considerando le proprietà meccaniche della tubazione a lungo termine dal momento che, in particolare per i materiali plastici, il modulo elastico a lungo termine è molto diverso dal modulo elastico istantaneo iniziale.

Per valutare la deformazione della tubazione si ipotizza uno schema di calcolo per il quale si crea uno stato di sollecitazione sul tubo causato dal carico statico del terreno soprastante, dall'azione dinamica del traffico stradale; ad influenzare la deformazione sul tubo contribuiscono anche il tipo di scavo, la composizione del terreno e il tipo di compattazione.

Le verifiche di deformabilità seguiranno la normativa UNI 7517.

Di seguito si esplicitano le ipotesi che stanno alla base delle verifiche da eseguire e i carichi da considerare.

4.2.1 Ipotesi relative alle condizioni al contorno e alle caratteristiche meccaniche dei tubi.

-il terreno che avvolge la tubazione sia un terreno a grana fine con più del 25% di particelle a grana grossa posto in opera con costipamento moderato \Rightarrow Modulo di elasticità del terreno $E_s=6.9$ MPa;

-le tubazioni in PVC – SN4 hanno modulo elastico a lungo termine $E_t=1500$ MPa; quindi si tratta di tubazioni flessibili essendo il coefficiente di elasticità $n>1$:

$$n = \frac{E_s}{E_t} \left(\frac{r}{s} \right)^3 > 1$$

dove
$$r = \frac{D - s}{2}$$

4.2.2 Carichi agenti sulle tubazioni in fase di esercizio

-carico statico del terreno per tubazioni flessibili: $P_{st} = \gamma_t HD$

dove: γ_t =peso specifico del reinterro= 20000 N/m³;

H=altezza del reinterro;

D=diametro esterno della tubazione;

-carico dinamico da traffico stradale (si è considerato il carico verticale sulla generatrice del tubo dovuto ai

sovraccarichi mobili concentrati): $P_{vc} = \sigma_z D \varphi$

dove: σ_z =pressione verticale a livello della generatrice superiore del tubo dovuto ai sovraccarichi mobili concentrati che per carichi pesanti (secondo la norma DIN 1072 vengono denominati HT) vale

$$\sigma_z = 0.5281 \frac{P_a}{H^{1.0461}}$$

dove P_a =carico su ruota.

φ =fattore dinamico= $1+0.3/H$ per strade e autostrade;

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

-carico dovuto ad acqua di falda:

dove: γ_w =peso specifico dell'acqua

H_w =altezza della superficie libera della falda al di sopra della tubazione

Per i casi in esame $Q_w=0$.

4.2.3 Calcolo della deformazione del tubo

La deformazione diametrale del tubo risulta essere pari a:

$$\Delta y = \frac{(D_e P_{st} + P_{vc}) K_x r^3}{E_t I + 0.061 K_a E_s r^3} + \Delta a$$

dove:

Δy =inflessione verticale del tubo (cm);

D_e =fattore di ritardo di inflessione per tenere conto del fatto che il terreno continua a costiparsi nel tempo assunto uguale a 2;

P_{st} =carico verticale del reinterro sul tubo (N/cm);

P_{vc} =carico verticale dovuto al carico mobile sul tubo (N/cm);

K_x =coefficiente di inflessione che per fondo sagomato con materiale di riempimento moderatamente costipato si assume pari a 0.103 per le tubazioni $\Phi 400$ e $\Phi 315$ e pari a 0.083 per la tubazione $\Phi 250$;

r =raggio medio del tubo (cm);

$E_t I$ =fattore di rigidità trasversale del tubo (N cm);

K_a e Δa sono parametri che consentono il passaggio dalla deformazione media alla deformazione massima caratteristica e per $H < 4.9$ m sono rispettivamente pari a 0.75 e 0.

Si riportano di seguito i risultati ottenuti per le varie tipologie di tubazioni nelle condizioni di minimo e massimo ricoprimento al fine di verificare che la massima deformazione diametrale risulti inferiore al 5%.

Minimo ricoprimento

Verifica statica Ø315 PVC SN8					
Dati					
Tubo PVC SN8					Commenti
Ø tubo	315	mm	31.5	cm	diametro esterno tubo
s tubo	9.2	mm	0.92	cm	spessore tubo
R _i tubo	148.3	mm	14.83	cm	raggio interno tubo
r medio	152.9	mm	15.29	cm	raggio medio = (diametro-spessore)/2
E _t (differito)	3000	MPa	300000	N/cm ²	modulo elastico tubo (a lungo termine)
E _s	6.9	MPa	690	N/cm ²	modulo elastico terreno
n	10.55813	Tubazione	Flessibile		coefficiente di elasticità
I	64.89067	mm ³	0.064891	cm ³	modulo d'inerzia
Carichi statici					
	N.B. E' stato preso lo stesso peso specifico per il reinterro e la pavimentazione stradale				
γ _t =	20000	N/m ³			carico specifico
H=	0.9	m			altezza da estr. tubo a piano campagna
D=	0.315	m			diametro esterno tubo
					Carico statico del terreno per tubazioni flessibili
P _{ST} =	5670	N/m	56.7	N/cm	
Carichi dinamici					
	N.B. E' stato preso un valore pari a 10t per il carico su ruota per tutelarsi in caso di passaggio (raro) di mezzi pesanti (es. rullo compattatore, espurgo, ecc.)				
P _a =	100	kN			carico verticale su generatrice sup. tubo
H=	0.9	m			altezza da estr. tubo a piano campagna
σ _z =	102.6088	kN/m ²			pressione vert. a livello della gen. sup. tubo
φ=	1.333333				fattore dinamico
D=	0.315	m			diametro esterno tubo
P _v =	43.09568	kN/m	430.9568	N/cm	Carico dinamico da traffico stradale
Deformazione del tubo					
D _e =	2				fattore di ritardo d'inflessione
K _x =	0.103				coefficiente d'inflessione
E _t (differito)=	300000	N/cm ²			modulo elastico tubo (a lungo termine)
I=	0.064891	cm ³			modulo d'inerzia
E _s =	690	N/cm ²			modulo elastico terreno
K _a =	0.75				parametro adimensionale
Δa=	0				parametro adimensionale
Δy=	1.514817	cm			INFLESSIONE VERTICALE TUBO
			VERIFICA		
Δy/D=	0.048089		SODDISFATTA		

Massimo ricoprimento

Verifica statica Ø315 PVC SN8					
Dati					
Tubo PVC SN8					Commenti
Ø tubo	315	mm	31.5	cm	diametro esterno tubo
s tubo	9.2	mm	0.92	cm	spessore tubo
R _i tubo	148.3	mm	14.83	cm	raggio interno tubo
r medio	152.9	mm	15.29	cm	raggio medio = (diametro-spessore)/2
E _t (differito)	3000	MPa	300000	N/cm ²	modulo elastico tubo (a lungo termine)
E _s	6.9	MPa	690	N/cm ²	modulo elastico terreno
n	10.55813	Tubazione Flessibile			coefficiente di elasticità
I	64.89067	mm ³	0.064891	cm ³	modulo d'inerzia
Carichi statici					
	N.B. E' stato preso lo stesso peso specifico per il reinterro e la pavimentazione stradale				
γ _t =	20000	N/m ³			carico specifico
H=	1.1	m			altezza da estr. tubo a piano campagna
D=	0.315	m			diametro esterno tubo
					Carico statico del terreno per tubazioni flessibili
P _{ST} =	6930	N/m	69.3	N/cm	
Carichi dinamici					
	N.B. E' stato preso un valore pari a 10t per il carico su ruota per tutelarsi in caso di passaggio (raro) di mezzi pesanti (es. rullo compattatore, espurgo, ecc.)				
P _a =	100	kN			carico verticale su generatrice sup. tubo
H=	1.1	m			altezza da estr. tubo a piano campagna
σ _z =	75.64295	kN/m ²			pressione vert. a livello della gen. sup. tubo
φ=	1.272727				fattore dinamico
D=	0.315	m			diametro esterno tubo
P _v =	30.32594	kN/m	303.2594	N/cm	Carico dinamico da traffico stradale
Deformazione del tubo					
D _e =	2				fattore di ritardo d'inflessione
K _x =	0.103				coefficiente d'inflessione
E _t (differito)=	300000	N/cm ²			modulo elastico tubo (a lungo termine)
I=	0.064891	cm ³			modulo d'inerzia
E _s =	690	N/cm ²			modulo elastico terreno
K _a =	0.75				parametro adimensionale
Δa=	0				parametro adimensionale
Δy=	1.229591	cm			INFLESSIONE VERTICALE TUBO
					VERIFICA
Δy/D=	0.039035				SODDISFATTA

Minimo ricoprimento

Verifica statica Ø400 PVC SN8					
Dati					
Tubo PVC SN8					Commenti
Ø tubo	400	mm	40	cm	diametro esterno tubo
s tubo	11.7	mm	1.17	cm	spessore tubo
R _i tubo	188.3	mm	18.83	cm	raggio interno tubo
r medio	194.15	mm	19.415	cm	raggio medio = (diametro-spessore)/2
E _t (differito)	3000	MPa	300000	N/cm ²	modulo elastico tubo (a lungo termine)
E _s	6.9	MPa	690	N/cm ²	modulo elastico terreno
n	10.50951	Tubazione Flessibile			coefficiente di elasticità
I	133.4678	mm ³	0.133468	cm ³	modulo d'inerzia
Carichi statici					
	N.B. E' stato preso lo stesso peso specifico per il reinterro e la pavimentazione stradale				
γ _t =	20000	N/m ³			carico specifico
H=	0.9	m			altezza da estr. tubo a piano campagna
D=	0.4	m			diametro esterno tubo
					Carico statico del terreno per tubazioni flessibili
P _{ST} =	7200	N/m	72	N/cm	
Carichi dinamici					
	N.B. E' stato preso un valore pari a 10t per il carico su ruota per tutelarsi in caso di passaggio (raro) di mezzi pesanti (es. rullo compattatore, espurgo, ecc.)				
P _a =	100	kN			carico verticale su generatrice sup. tubo
H=	0.9	m			altezza da estr. tubo a piano campagna
σ _z =	102.6088	kN/m ²			pressione vert. a livello della gen. sup. tubo
φ=	1.333333				fattore dinamico
D=	0.4	m			diametro esterno tubo
P _v =	54.72467	kN/m	547.2467	N/cm	Carico dinamico da traffico stradale
Deformazione del tubo					
D _e =	2				fattore di ritardo d'inflessione
K _x =	0.103				coefficiente d'inflessione
E _t (differito)=	300000	N/cm ²			modulo elastico tubo (a lungo termine)
I=	0.133468	cm ³			modulo d'inerzia
E _s =	690	N/cm ²			modulo elastico terreno
K _a =	0.75				parametro adimensionale
Δa=	0				parametro adimensionale
Δy=	1.922269	cm			INFLESSIONE VERTICALE TUBO
					VERIFICA
Δy/D=	0.048057				SODDISFATTA

Massimo ricoprimento

Verifica statica Ø400 PVC SN8		
Dati		
Tubo PVC SN8		Commenti
Ø tubo	400 mm	diametro esterno tubo
s tubo	11.7 mm	spessore tubo
R _i tubo	188.3 mm	raggio interno tubo
r medio	194.15 mm	raggio medio = (diametro-spessore)/2
E _t (differito)	3000 MPa	modulo elastico tubo (a lungo termine)
E _s	6.9 MPa	modulo elastico terreno
n	10.50951 Tubazione Flessibile	coefficiente di elasticità
I	133.4678 mm ³	modulo d'inerzia
Carichi statici		
	N.B. E' stato preso lo stesso peso specifico per il reinterro e la pavimentazione stradale	
γ _t =	20000 N/m ³	carico specifico
H=	1 m	altezza da estr. tubo a piano campagna
D=	0.4 m	diametro esterno tubo
		Carico statico del terreno per tubazioni flessibili
P _{ST} =	8000 N/m	80 N/cm
Carichi dinamici		
	N.B. E' stato preso un valore pari a 10t per il carico su ruota per tutelarsi in caso di passaggio (raro) di mezzi pesanti (es. rullo compattatore, espurgo, ecc.)	
P _a =	100 kN	carico verticale su generatrice sup. tubo
H=	1 m	altezza da estr. tubo a piano campagna
σ _z =	87.43 kN/m ²	pressione vert. a livello della gen. sup. tubo
φ=	1.3	fattore dinamico
D=	0.4 m	diametro esterno tubo
		Carico dinamico da traffico stradale
P _v =	45.4636 kN/m	454.636 N/cm
Deformazione del tubo		
D _e =	2	fattore di ritardo d'inflessione
K _x =	0.103	coefficiente d'inflessione
E _t (differito)=	300000 N/cm ²	modulo elastico tubo (a lungo termine)
I=	0.133468 cm ³	modulo d'inerzia
E _s =	690 N/cm ²	modulo elastico terreno
K _a =	0.75	parametro adimensionale
Δa=	0	parametro adimensionale
Δy=	1.709224 cm	INFLESSIONE VERTICALE TUBO
Δy/D=	0.042731	
	VERIFICA SODDISFATTA	

Minimo ricoprimento

Verifica statica Ø500 PVC SN8					
Dati					
Tubo PVC SN8					Commenti
Ø tubo	500	mm	50	cm	diametro esterno tubo
s tubo	14.6	mm	1.46	cm	spessore tubo
R _i tubo	235.4	mm	23.54	cm	raggio interno tubo
r medio	242.7	mm	24.27	cm	raggio medio = (diametro-spessore)/2
E _t (differito)	3000	MPa	300000	N/cm ²	modulo elastico tubo (a lungo termine)
E _s	6.9	MPa	690	N/cm ²	modulo elastico terreno
n	10.56522	Tubazione Flessibile			coefficiente di elasticità
I	259.3447	mm ³	0.259345	cm ³	modulo d'inerzia
Carichi statici					
	N.B. E' stato preso lo stesso peso specifico per il reinterro e la pavimentazione stradale				
γ _t =	20000	N/m ³			carico specifico
H=	0.9	m			altezza da estr. tubo a piano campagna
D=	0.5	m			diametro esterno tubo
					Carico statico del terreno per tubazioni flessibili
P _{ST} =	9000	N/m	90	N/cm	
Carichi dinamici					
	N.B. E' stato preso un valore pari a 10t per il carico su ruota per tutelarsi in caso di passaggio (raro) di mezzi pesanti (es. rullo compattatore, espurgo, ecc.)				
P _a =	100	kN			carico verticale su generatrice sup. tubo
H=	0.9	m			altezza da estr. tubo a piano campagna
σ _z =	102.6088	kN/m ²			pressione vert. a livello della gen. sup. tubo
φ=	1.333333				fattore dinamico
D=	0.5	m			diametro esterno tubo
P _v =	68.40584	kN/m	684.0584	N/cm	Carico dinamico da traffico stradale
Deformazione del tubo					
D _e =	2				fattore di ritardo d'inflessione
K _x =	0.103				coefficiente d'inflessione
E _t (differito)=	300000	N/cm ²			modulo elastico tubo (a lungo termine)
I=	0.259345	cm ³			modulo d'inerzia
E _s =	690	N/cm ²			modulo elastico terreno
K _a =	0.75				parametro adimensionale
Δa=	0				parametro adimensionale
Δy=	2.404709	cm			INFLESSIONE VERTICALE TUBO
					VERIFICA
Δy/D=	0.048094				SODDISFATTA

Massimo ricoprimento

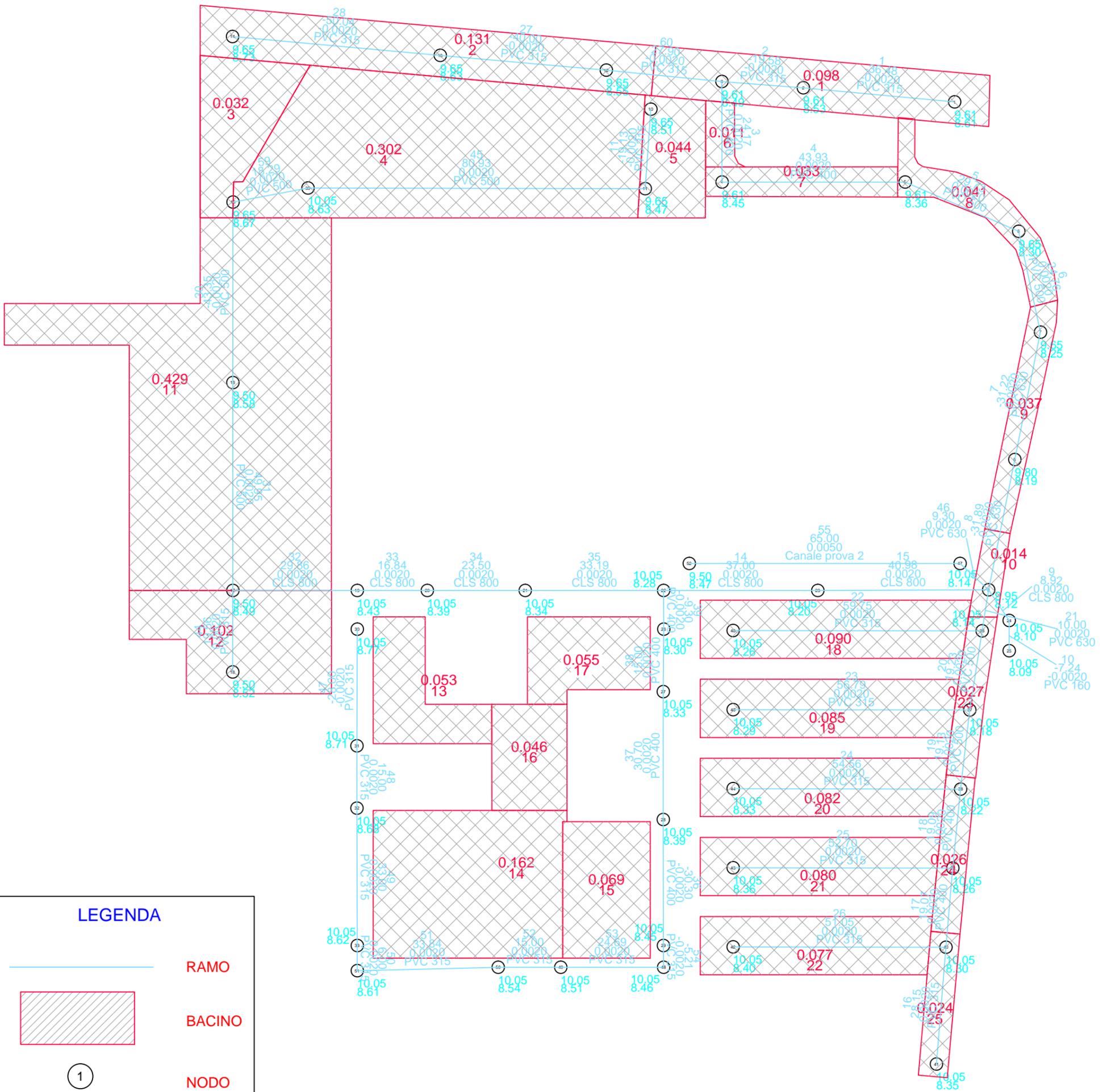
Verifica statica Ø500 PVC SN8		
Dati		
Tubo PVC SN8		Commenti
Ø tubo	500 mm	diametro esterno tubo
s tubo	14.6 mm	spessore tubo
R _i tubo	235.4 mm	raggio interno tubo
r medio	242.7 mm	raggio medio = (diametro-spessore)/2
E _t (differito)	3000 MPa	modulo elastico tubo (a lungo termine)
E _s	6.9 MPa	modulo elastico terreno
n	10.56522 Tubazione Flessibile	coefficiente di elasticità
I	259.3447 mm ³	modulo d'inerzia
Carichi statici		
	N.B. E' stato preso lo stesso peso specifico per il reinterro e la pavimentazione stradale	
γ _t =	20000 N/m ³	carico specifico
H=	1.1 m	altezza da estr. tubo a piano campagna
D=	0.5 m	diametro esterno tubo
		Carico statico del terreno per tubazioni flessibili
P _{ST} =	11000 N/m	110 N/cm
Carichi dinamici		
	N.B. E' stato preso un valore pari a 10t per il carico su ruota per tutelarsi in caso di passaggio (raro) di mezzi pesanti (es. rullo compattatore, espurgo, ecc.)	
P _a =	100 kN	carico verticale su generatrice sup. tubo
H=	1.1 m	altezza da estr. tubo a piano campagna
σ _z =	75.64295 kN/m ²	pressione vert. a livello della gen. sup. tubo
φ=	1.272727	fattore dinamico
D=	0.5 m	diametro esterno tubo
		Carico dinamico da traffico stradale
P _v =	48.13642 kN/m	481.3642 N/cm
Deformazione del tubo		
D _e =	2	fattore di ritardo d'inflessione
K _x =	0.103	coefficiente d'inflessione
E _t (differito)=	300000 N/cm ²	modulo elastico tubo (a lungo termine)
I=	0.259345 cm ³	modulo d'inerzia
E _s =	690 N/cm ²	modulo elastico terreno
K _a =	0.75	parametro adimensionale
Δa=	0	parametro adimensionale
Δy=	1.951925 cm	INFLESSIONE VERTICALE TUBO
Δy/D=	0.039038	
		VERIFICA SODDISFATTA

Minimo ricoprimento

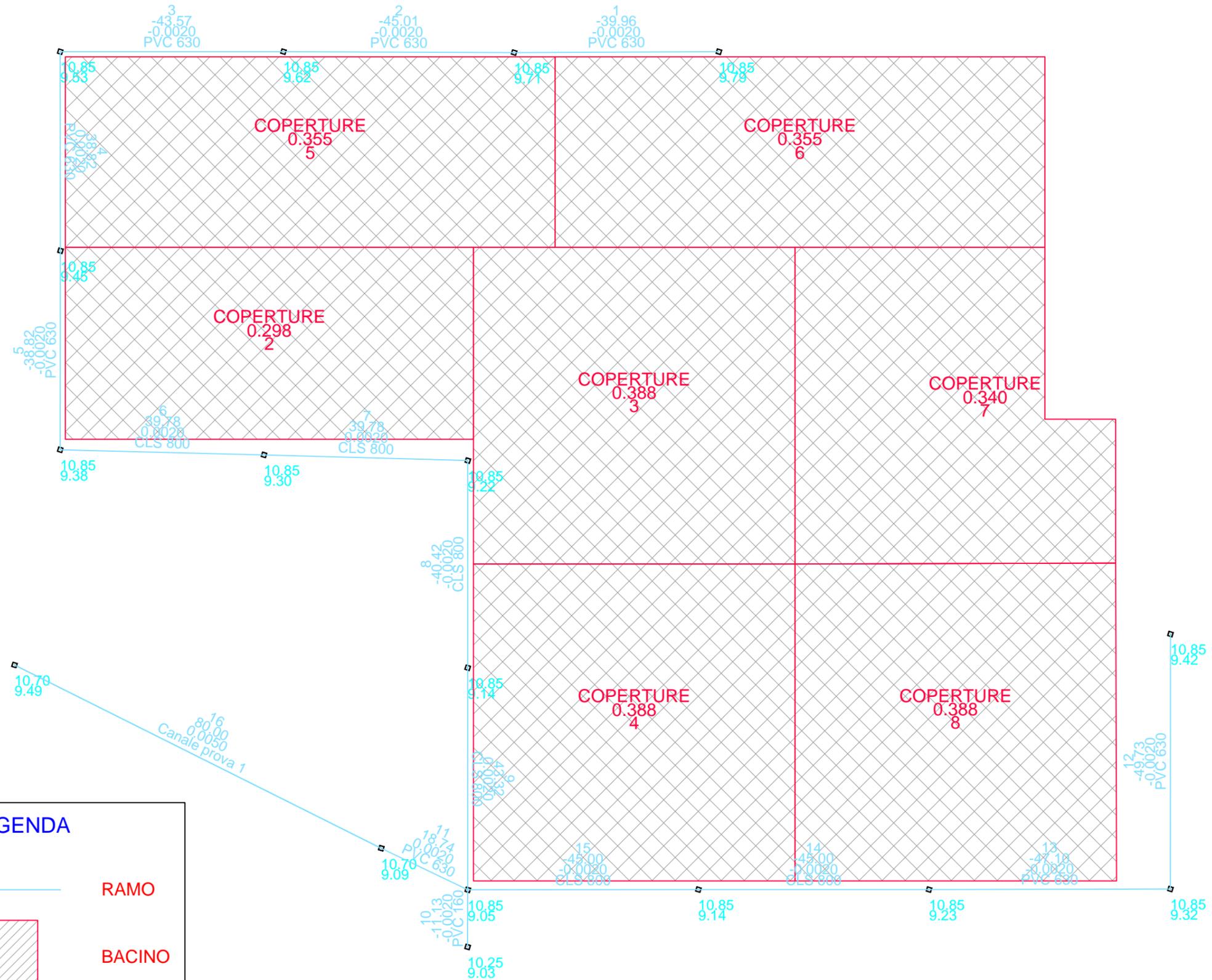
Verifica statica Ø630 PVC SN8					
Dati					
Tubo PVC SN4					Commenti
Ø tubo	630 mm		63 cm		diametro esterno tubo
s tubo	18.4 mm		1.84 cm		spessore tubo
R _i tubo	296.6 mm		29.66 cm		raggio interno tubo
r medio	305.8 mm		30.58 cm		raggio medio = (diametro-spessore)/2
E _t (differito)	3000 MPa		300000 N/cm ²		modulo elastico tubo (a lungo termine)
E _s	6.9 MPa		690 N/cm ²		modulo elastico terreno
n	10.55813	Tubazione	Flessibile		coefficiente di elasticità
I	519.1253 mm ³		0.519125 cm ³		modulo d'inerzia
Carichi statici					
		N.B. E' stato preso lo stesso peso specifico per il reinterro e la pavimentazione stradale			
γ _t =	20000 N/m ³				carico specifico
H=	0.9 m				altezza da estr. tubo a piano campagna
D=	0.63 m				diametro esterno tubo
					Carico statico del terreno per tubazioni flessibili
P _{ST} =	11340 N/m		113.4 N/cm		
Carichi dinamici					
		N.B. E' stato preso un valore pari a 10t per il carico su ruota per tutelarsi in caso di passaggio (raro) di mezzi pesanti (es. rullo compattatore, espurgo, ecc.)			
P _a =	100 kN				carico verticale su generatrice sup. tubo
H=	0.9 m				altezza da estr. tubo a piano campagna
σ _z =	102.6088 kN/m ²				pressione vert. a livello della gen. sup. tubo
φ=	1.333333				fattore dinamico
D=	0.63 m				diametro esterno tubo
P _v =	86.19135 kN/m		861.9135 N/cm		Carico dinamico da traffico stradale
Deformazione del tubo					
D _e =	2				fattore di ritardo d'inflessione
K _x =	0.103				coefficiente d'inflessione
E _t (differito)=	300000 N/cm ²				modulo elastico tubo (a lungo termine)
I=	0.519125 cm ³				modulo d'inerzia
E _s =	690 N/cm ²				modulo elastico terreno
K _a =	0.75				parametro adimensionale
Δa=	0				parametro adimensionale
Δy=	3.029634 cm				INFLESSIONE VERTICALE TUBO
					VERIFICA
Δy/D=	0.048089				SODDISFATTA

ALLEGATO 1: SCHEMA DI CALCOLO RETE

COMPARTO B - SCHEMA DI CALCOLO RETE



COMPARTO A - SCHEMA DI CALCOLO RETE



LEGENDA

-  RAMO
-  BACINO
-  NODO