

**AUTOSTRADA (A14): BOLOGNA-BARI-TARANTO**  
**TRATTO: NUOVO SVINCOLO DI PONTE RIZZOLI – DIRAMAZIONE RAVENNA**  
**AMPLIAMENTO ALLA QUARTA CORSIA**

**PROGETTO ESECUTIVO**


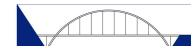
**INTERVENTI SUL TERRITORIO**

**IDROLOGIA E IDRAULICA**  
**Parte generale**

Relazione idrologica-idraulica

<b>IL PROGETTISTA SPECIALISTICO</b>  Ing. Paolo De Paoli Ord. Ingg. Pavia N. 1739 Responsabile Idrologia e Idraulica	<b>IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE</b>  Ing. Federica Ferrari Ord. Ingg. Milano N. A21082	<b>IL DIRETTORE TECNICO</b>  Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496 Progettazione Nuove Opere Stradali
--	--	---

CODICE IDENTIFICATIVO											Ordinatore <b>01</b>
RIFERIMENTO PROGETTO			RIFERIMENTO DIRETTORIO				RIFERIMENTO ELABORATO				
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	WBS	PARTE D'OPERA	Tipo	Disciplina	Progressivo	Rev.	
111447	LL00	PE	IT	GEN	00000	00000	R	IDR	0300	1	SCALA -

  gruppo Atlantia	<b>PROJECT MANAGER:</b>  Ing. Federica Ferrari Ord. Ingg. Milano N. A21082	<b>SUPPORTO SPECIALISTICO:</b>   <b>ENSER</b> <small>SRL</small> SOCIETA' DI INGEGNERIA  <small>Viale A. Baccarini, 29/2 – 48018 FAENZA (RA) – www.enser.it</small>	<b>REVISIONE</b>	
				n.      data
				0      NOVEMBRE 2017
				1      GENNAIO 2018
	REDATTO:		VERIFICATO:	

	<b>VISTO DEL COMMITTENTE</b>    <b>IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO</b> Ing. Antonio Procopio	<b>VISTO DEL CONCEDENTE</b>    <b>Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti</b> <small>DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE                  STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI</small>
--	---	---



## Sommario

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO NORMATIVO .....</b>	<b>5</b>
2.1	NORMATIVA NAZIONALE.....	5
2.2	NORMATIVA REGIONALE.....	6
2.3	NORMATIVA LOCALE: AUTORITÀ DI BACINO .....	8
2.4	PRESCRIZIONI IN FASE DI V.I.A.: CONSORZIO DI BONIFICA .....	9
2.5	CRITERI DI PROGETTAZIONE .....	9
<b>3</b>	<b>IDROLOGIA.....</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI E CRITERI GENERALI.....</b>	<b>16</b>
4.1	GENERALITÀ .....	16
4.2	LIMITI QUALITATIVI .....	16
4.3	LIMITI QUANTITATIVI .....	16
<b>5</b>	<b>SISTEMA DI DRENAGGIO CORPO AUTOSTRADALE.....</b>	<b>17</b>
5.1	REQUISITI PRESTAZIONALI .....	17
5.2	SCHEMA DI DRENAGGIO.....	17
5.3	METODOLOGIA PROGETTUALE .....	18
5.3.1	<i>Dimensionamento degli elementi di raccolta.....</i>	<i>18</i>
5.3.2	<i>Dimensionamento degli elementi di convogliamento.....</i>	<i>19</i>
5.4	ELEMENTI DI RACCOLTA .....	19
5.4.1	<i>Sistema di drenaggio in rilevato – Embrici.....</i>	<i>19</i>
5.4.2	<i>Caditoie grigliate discontinue.....</i>	<i>20</i>
5.5	ELEMENTI DI CONVOGLIAMENTO.....	20
5.5.1	<i>Collettori circolari in PEAD e PP.....</i>	<i>20</i>
5.5.2	<i>Fossi di guardia .....</i>	<i>22</i>
5.6	MANUFATTI DI CONTROLLO .....	23
<b>6</b>	<b>VERIFICHE STATICHE DEI COLLETTORI IN PEAD.....</b>	<b>25</b>

## Indice delle Tabelle e delle Figure

TABELLA 3-1. PARAMETRI DELLE CURVE DI CRESCITA RELATIVE AL MODELLO TCEV PER LE VARIE DURATE .....	10
FIGURA 3-1. ZONE OMOGENEE CON RIFERIMENTO REGIME DI FREQUENZA DELLE PIOGGE INTENSE .....	11
FIGURA 3-2. ISOLINEE DELLE ALTEZZE MEDIE DI PIOGGIA MASSIME ANNUALI DELLA DURATA DI 1 GIORNO (A) E 1 ORA (B) .....	12
TABELLA 3-2. VALORI DEI PARAMETRI DELLE LSPP PER DIVERSI TR .....	12
TABELLA 3-3. RAPPORTI RD TRA LE ALTEZZE DI DURATA D MOLTO BREVE E L'ALTEZZA ORARIA .....	13
TABELLA 5-2. DIAMETRI INTERNI DEI COLLETTORI IN PEAD SN 8 kN/m <sup>2</sup> E IN PP SN 16 kN/m <sup>2</sup> .....	20

## 1 PREMESSA

La presente relazione idrologica ed idraulica è parte integrante del Progetto Esecutivo di ampliamento alla quarta corsia dell'Autostrada A14 Bologna – Bari – Taranto, comunemente denominata "Adriatica", nel tratto compreso tra la località Ponte Rizzoli (al Km 29+500) e la Diramazione per Ravenna (al Km 56+600).

All'interno del tratto autostradale in esame ricadono gli svincoli esistenti di Castel S. Pietro (km 38+140) e di Imola (km 50+070) e l'Area di Servizio Sillaro (km 37+375). Inoltre al Km 42+544 è previsto il nuovo svincolo di Toscanella di Dozza e al Km 55+000 è previsto il nuovo svincolo di Solarolo.

In tale area sono presenti delle zone di interesse ambientale (come definito nel SIA) e di conseguenza nel progetto si prevede parzialmente l'utilizzo del sistema chiuso e quindi un trattamento qualitativo delle acque di drenaggio a monte dell'immissione nei ricettori finali.

Oltre al trattamento qualitativo parzialmente presente è prevista la laminazione delle portate secondo i criteri imposti dal Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (PAI), ovvero il recupero di volumi pari a 500 mc/ha di superficie impermeabilizzata, e dalla regione Emilia Romagna, ovvero il rilascio di portate non superiori a 15 l/s per ha di ampliamento.

Il territorio interessato dall'intervento è compreso nell'area di competenza del Consorzio di Bonifica della Renana per il tratto autostradale tra il Km 29+500 e il Km 47+698, e nell'area di competenza del Consorzio di Bonifica della Romagna Occidentale per il tratto autostradale tra il Km 47+698 e Km 56+500.

Il sistema di acque superficiali è composto non solo da una fitta rete di corsi d'acqua artificiali, di storica memoria, ma anche da corpi idrici naturali appartenenti al bacino imbrifero del fiume Reno.

Questo documento specifico presenta i criteri di progettazione utilizzati per la sede autostradale, ma applicati in particolare anche alle tratte stradali denominate "Interventi sul Territorio", situate in corrispondenza dei collegamenti tra la viabilità ordinaria e i caselli di Castel S. Pietro (esistente), Toscanella di Dozza (nuovo) e Solarolo (nuovo).

## 2 INQUADRAMENTO NORMATIVO

In questo capitolo vengono descritti i principali riferimenti normativi e gli strumenti di pianificazione e di tutela presenti sul territorio, a scala nazionale, regionale e provinciale, al fine di fornire un quadro esaustivo della normativa vigente nel campo idrologico-idraulico e ambientale, in modo da verificare la compatibilità degli interventi di ampliamento della sede autostradale previsti con le prescrizioni dei suddetti strumenti di legge.

### 2.1 NORMATIVA NAZIONALE

#### RD 25/07/1904 n° 523

Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie.

#### DPR 15/01/1972 n° 8

Trasferimento alle Regioni a statuto ordinario delle funzioni amministrative statali in materia di urbanistica e di viabilità, acquedotti e lavori pubblici di interesse regionale e dei relativi personali ed uffici.

#### L. 319/76 (Legge Merli)

Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento. La legge sancisce l'obbligo per le Regioni di elaborare il Piano di risanamento delle acque.

#### DPR 24/7/1977 n° 616

Trasferimento delle funzioni statali alle Regioni

#### L. 431/85 (Legge Galasso)

Conversione in legge con modificazioni del decreto legge 27 giugno 1985, n. 312 concernente disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale.

#### L. 183/89

Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo. Scopo della legge è la difesa del suolo, il risanamento delle acque, la fruizione e la gestione del patrimonio idrico per gli usi di razionale sviluppo economico e sociale, la tutela degli aspetti ambientali ad essi connessi. Vengono individuate le attività di pianificazione, di programmazione e di attuazione; vengono istituiti il Comitato Nazionale per la difesa del suolo e l'Autorità di Bacino. Vengono individuati i bacini idrografici di rilievo nazionale, interregionale e regionale e date le prime indicazioni per la redazione dei Piani di Bacino.

#### L. 142/90

Ordinamento delle autonomie locali.

#### DL 04/12/1993 n° 496

Disposizioni urgenti sulla riorganizzazione dei controlli ambientali e istituzione della Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente. (Convertito con modificazioni dalla L. 61/94).

#### L. 36/94 (Legge Galli)

Disposizioni in materia di risorse idriche.

#### DPR 14/4/94

Atto di indirizzo e coordinamento in ordine alle procedure ed ai criteri per la delimitazione dei bacini idrografici di rilievo nazionale ed interregionale, di cui alla legge 18 maggio 1989, N. 183.

#### DPR 18/7/95

Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento concernente i criteri per la redazione dei Piani di Bacino.

#### DPCM 4/3/96

Disposizioni in materia di risorse idriche (direttive di attuazione della Legge Galli).

#### Decreto Legislativo 31/3/1998, n° 112

Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59

### DPCM 29/9/98

Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1989, N. 180. Il decreto indica i criteri di individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico (punto 2) e gli indirizzi per la definizione delle norme di salvaguardia (punto 3).

### L. 267/98 (Legge Sarno)

Conversione in legge del DL 180/98 recante misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella Regione Campania. La legge impone alle Autorità di Bacino nazionali e interregionali la redazione dei Piani Stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico e le misure di prevenzione per le aree a rischio.

### DLgs 152/99

Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento.

### L. 365/00 (Legge Soverato)

Conversione in legge del DL 279/00 recante interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile, nonché a favore delle zone della Regione Calabria danneggiate dalle calamità di settembre e ottobre 2000. La legge individua gli interventi per le aree a rischio idrogeologico e in materia di protezione civile; individua la procedura per l'adozione dei progetti di Piano Stralcio; prevede un'attività straordinaria di polizia idraulica e di controllo sul territorio.

### Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152

Tale decreto ha riorganizzato le Autorità di bacino introducendo i distretti idrografici. Disciplina, in attuazione della legge 15 dicembre 2004, n. 308, la difesa del suolo e la lotta alla desertificazione, la tutela delle acque dall'inquinamento e la gestione delle risorse idriche. Sostituisce ed integra il DL 152/99.

L'articolo 113 così cita:

*Acque meteoriche di dilavamento e acque di prima pioggia*

- *Ai fini della prevenzione di rischi idraulici ed ambientali, le regioni, previo parere del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, disciplinano e attuano:*
  - *le forme di controllo degli scarichi di acque meteoriche di dilavamento provenienti da reti fognarie separate;*
  - *i casi in cui può essere richiesto che le immissioni delle acque meteoriche di dilavamento, effettuate tramite altre condotte separate, siano sottoposte a particolari prescrizioni, ivi compresa l'eventuale autorizzazione;*
- *Le acque meteoriche non disciplinate ai sensi del comma 1 non sono soggette a vincoli o prescrizioni derivanti dalla parte terza del presente decreto.*
- *Le regioni disciplinano altresì i casi in cui può essere richiesto che le acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne siano convogliate e opportunamente trattate in impianti di depurazione per particolari condizioni nelle quali, in relazione alle attività svolte, vi sia il rischio di dilavamento da superfici impermeabili scoperte di sostanze pericolose o di sostanze che creano pregiudizio per il raggiungimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici.*

*È comunque vietato lo scarico o l'immissione diretta di acque meteoriche nelle acque sotterranee.*

## **2.2 NORMATIVA REGIONALE**

Come visto, il tratto autostradale di interesse ricade interamente all'interno dei confini amministrativi della Regione Emilia-Romagna.

Di seguito vengono riportate le principali leggi regionali in materia ambientale e di difesa del suolo, accompagnate da un breve stralcio descrittivo.

LR 9/83

Redazione del piano territoriale regionale per la tutela ed il risanamento delle acque.

“La regione Emilia-Romagna, ai sensi dell' art. 8 della legge 10 maggio 1976, n. 319, si dota di un piano territoriale di risanamento e tutela delle acque articolato per bacini idrografici ed incentrato sugli obiettivi di qualità per ciascun corpo idrico.” (art. 1: Oggetto della legge).

LR 44/95

Riorganizzazione dei controlli ambientali e istituzione dell' Agenzia Regionale per la Prevenzione e l' Ambiente (ARPA) della Regione Emilia-Romagna.

- La Regione, con la presente legge, in attuazione delle disposizioni dell' art. 7 del DLgs 30 dicembre 1992, n. 502 e successive modificazioni, del DL 4 dicembre 1993, n. 496 convertito con modificazioni in Legge 21 gennaio 1994, n. 61 e dell' art. 6 della LR 12 maggio 1994, n. 19, istituisce l' Agenzia regionale per la prevenzione e l' ambiente, di seguito denominata ARPA, ne disciplina l' organizzazione ed il funzionamento e riorganizza le strutture preposte ai controlli ambientali e alla prevenzione collettiva.
- La presente legge disciplina altresì le modalità di coordinamento dell' ARPA con il sistema delle autonomie locali e con il Servizio sanitario dell' Emilia-Romagna, perseguendo l' obiettivo della massima integrazione programmatica e tecnico-operativa.” (art. 1: Oggetto e finalità)

LR 3/99

Riforma del sistema regionale e locale (gli Artt. 98 e seguenti contengono nuove norme in materia ambientale che riformano parte dell' ordinamento regionale precedente).

LR 25/99

Delimitazione degli ambiti territoriali ottimali e disciplina delle forme di cooperazione tra gli enti locali per l' organizzazione del servizio idrico integrato e del servizio di gestione dei rifiuti urbani.

LR 1/03

Modifiche ed integrazioni alla L.R. 25/99 (Delimitazione degli ambiti territoriali ottimali e disciplina delle forme di cooperazione tra gli Enti Locali per l' organizzazione del servizio idrico integrato e del servizio di gestione dei rifiuti urbani).

Delibera giunta regionale 14 febbraio 2005 n° 286

Direttiva concernente gli indirizzi per la gestione delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne (artc. 39, DLgs 11 maggio 1999 n°152).

- *Rientra in questo ambito il diffuso e complesso sistema di raccolta ed allontanamento tramite canalizzazioni e condotte dedicate delle acque meteoriche di dilavamento a servizio delle reti stradali ed autostradali, sia della normale sede stradale che delle opere connesse quali ponti gallerie, viadotti svincoli, ecc., ovvero delle pertinenze delle grandi infrastrutture di trasporto (piste aeroportuali, piazzali / banchine portuali, aree adibite ad interporti, reti ferroviarie in galleria, ecc.).*
- Al punto 7.1 si definisce la tipologia di progetto interessata: “Nuove immissioni: l' esigenza richiamata all' art. 39, lett. b) del decreto di assoggettare tali immissioni a prescrizioni specifiche o ad autorizzazione, s' intende soddisfatta per le nuove opere ed i nuovi progetti di intervento soggetti a valutazione di impatto ambientale (VIA) dalla procedura di VIA stessa”
- Al punto 7.2 l così prosegue: “Per le nuove opere ed i nuovi progetti di intervento di cui al precedente punto 7.1 - lettera a), le prescrizioni per il contenimento dell' inquinamento prodotte ... possono trovare applicazione nei casi in cui tali acque siano immesse direttamente o in prossimità di corpi idrici superficiali "significativi" e di "interesse" inseriti nel PTA”.



- Al punto 7.2 Il così prosegue: “Per i corpi idrici diversi da quelli richiamati al precedente punto I l'adozione di specifiche prescrizioni per la gestione delle acque di prima pioggia legate alle immissioni delle condotte di cui trattasi è determinata sulla base delle esigenze di tutela e protezione dei corpi idrici ricettori stabilite dagli strumenti di pianificazione provinciale (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale - PTCP), secondo i criteri di valutazione richiamati al precedente punto I... A tal fine si avranno a riferimento seguenti criteri di valutazione: il livello di contaminazione delle portate meteoriche e dei relativi carichi inquinanti sversati, l'estensione del bacino sotteso dalle "altre condotte separate" che si immettono nel corpo recettore, la distribuzione delle ulteriori "altre condotte separate" o delle altre reti di scarico presenti lungo l'asta fluviale nonché le caratteristiche idrologiche e morfologiche del recettore medesimo”.
- Al punto 7.2 III così prosegue: “Le prescrizioni da adottarsi ai sensi dei precedenti punti I e II avranno a riferimento, di norma, soluzioni progettuali ... in grado di sedimentare le acque raccolte prima dell'immissione nel corpo ricettore. Trattamenti aggiuntivi (quali ad esempio la disoleatura) saranno prescritti in ragione della destinazione d'uso e di attività delle aree sottese. Dette soluzioni possono essere finalizzate anche al trattamento mediante la realizzazione di sistemi di tipo naturale i quali la "fito-depurazione" o le "fasce filtro / fasce tampone". (Le linee Guida di tale progettazione è la Delibera di Giunta N°1860 del 18/12/2006 capo IV).”

#### Delibera giunta regionale 18 dicembre 2006 n° 1860

Tale delibera concerne “Linee guida d'indirizzo per la gestione delle acque meteoriche di dilavamento e acque di prima pioggia in attuazione alla deliberazione G.R. del 14 febbraio 2005 n° 286”. Contiene specifiche Linee guida attuative in merito, tra gli altri aspetti, agli orientamenti tecnici di riferimento “per la scelta e la progettazione dei sistemi di gestione delle acque di prima pioggia da altre condotte separate con particolare riferimento a quelle asservite alla rete viaria”.

Dalla disamina normativa emerge, in Regione Emilia Romagna, la necessità di trattare l'aliquota relativa alla prima pioggia delle acque di dilavamento delle superfici stradali/autostradali, qualora le stesse vengano immesse in corpi idrici superficiali significativi e di interesse così come definiti nel PTA, e, comunque, sulla base di esigenze di tutela stabilite dagli strumenti di pianificazione provinciale (PTCP). Le misure di trattamento previste comprendono bacini di sedimentazione, disoleatura, sistemi di fitodepurazione, fasce filtro/ fasce tampone.

### **2.3 NORMATIVA LOCALE: AUTORITÀ DI BACINO**

Norme tecniche del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico, adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Reno con delibera n 1/1 del 06.12.2002, approvato, per il territorio di competenza, dalla Giunta Regionale Emilia-Romagna con deliberazione n. 567 del 07.04.2003, pubblicato nel Bollettino Ufficiale della Regione Emilia- Romagna n.70 (PII) del 14.05.2003.

Così cita:

“Al fine di non incrementare gli apporti d'acqua piovana al sistema di smaltimento e di favorire il riuso di tale acqua, per le aree ricadenti nel territorio di pianura e pedecollina indicate nelle tavole del “Titolo II Assetto della Rete Idrografica” i Comuni prevedono nelle zone di espansione, per le aree non già interessate da trasformazioni edilizie, la realizzazione di sistemi di raccolta delle acque piovane per un volume complessivo di almeno 500 m<sup>3</sup> per ettaro di superficie territoriale, ad esclusione delle superfici permeabili destinate a parco o a verde compatto [...]. Le caratteristiche funzionali dei sistemi di raccolta sono stabilite dall'Autorità idraulica competente con la quale devono essere preventivamente concordati i criteri di gestione [...]. L'Autorità idraulica competente è l'ente o gli enti a cui sono assegnate dalla legislazione vigente le funzioni amministrative relative alla realizzazione di opere, rilascio concessioni, manutenzione e sorveglianza del corso d'acqua considerato.”

In linea a quanto indicato dall'Autorità di Bacino, si lamina l'ampliamento di pavimentato di progetto ed il nuovo in termini di **500 m<sup>3</sup> di invaso per ogni ettaro di nuova pavimentazione.**

## 2.4 PRESCRIZIONI IN FASE DI V.I.A.: CONSORZIO DI BONIFICA

In riferimento a DGR n.286 14/02/2005, DGR n.1860 18/12/2006 Linee guida e D n.40 del 21/12/2005 Piano di tutela delle acque della Regione Emilia Romagna, per corpi idrici significativi e di interesse, inseriti nel PTA (Piano regionale Tutela delle Acque) e comunque come richiesto nel PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico), nel tratto A14 Bologna S.Lazzaro dir.Ravenna (ampliamento alla IV corsia) è previsto un trattamento del tipo: Sistema aperto + Sistema chiuso per corpi idrici significativi (sedimentazione nei fossi e manufatto con lama disoleatrice).

Come prescrizione in fase di V.I A., il Ministero dell'Ambiente ha chiesto la riduzione delle portate scaricate nella rete irrigua. Prendendo a riferimento il limite imposto dal PAI del recupero di 500 m<sup>3</sup> per ettaro di superficie pavimentata per il solo nuovo pavimentato (come da paragrafo precedente), la Regione ha richiesto come limite massimo della portata di scarico nella rete di bonifica **15 lt/s per ettaro di nuova pavimentazione** (come indicato all'art. 26 del "Regolamento per le Concessioni Precarie e le Licenze"), inserendo a tale scopo dei regolatori di portata.

## 2.5 CRITERI DI PROGETTAZIONE

Per i tutti corsi d'acqua si è adattato il criterio di recuperare i volumi di laminazione mediante il transito della portata di progetto all'interno di fossi inerbiti, e solo per tre casistiche si è resa necessaria l'adozione di vasche di laminazione in terra.

Le autorità idrauliche competenti per le funzioni amministrative e di manutenzione sono il Consorzio di Bonifica della Renana e il Consorzio di Bonifica della Romagna.

### 3 IDROLOGIA

Per la determinazione del regime pluviometrico dei corsi d'acqua di interesse si è fatto riferimento ai risultati ricavati nell'ambito dello studio "La valutazione delle piogge intense su base regionale" (A. Brath, M. Franchini, 1998) di seguito descritto.

Lo studio citato ha come oggetto la definizione del Metodo VAPI-piogge al territorio appartenente alle regioni amministrative Emilia-Romagna e Marche.

I modelli regionali VAPI si basano sull'ipotesi di esistenza di regioni compatte e idrologicamente omogenee all'interno delle quali le portate di colmo normalizzate rispetto ad una portata di riferimento – la portata indice – siano descrivibili da una stessa distribuzione di probabilità, denominata curva di crescita.

In particolare l'area in esame è stata suddivisa in 5 zone omogenee, come mostrato in Tabella 3-1, per le quali valgono i seguenti valori dei parametri della curva di crescita:

Tabella 3-1. Parametri delle curve di crescita relative al modello TCEV per le varie durate

Zona	$\lambda$	$\theta$	$\lambda_1$	$\eta$	Note
Zona A	0.109	2.361	24.70	4.005	Valida per tutte le durate
Zona B	1.528	1.558	13.65	4.651	Valida per d = 1 ora
			19.35	5.000	Valida per d = 3 ore
			26.20	5.303	Valida per d = 6 ore
			39.20	5.706	Valida per d ≥ 12 ore ed 1
Zona C	1.528	1.558	13.65	4.615	Valida per d = 1 ora
			14.70	4.725	Valida per d = 3 ore
			20.25	5.046	Valida per d = 6 ore
			25.70	5.284	Valida per d ≥ 12 ore ed 1
Zona D	0.361	2.363	29.00	4.634	Valida per tutte le durate
Zona E	0.044	3.607	13.60	3.328	Valida per d = 1 ora
			19.80	3.704	Valida per d = 3 ore
			23.65	3.882	Valida per d = 6 ore
			30.45	4.135	Valida per d ≥ 12 ore ed 1

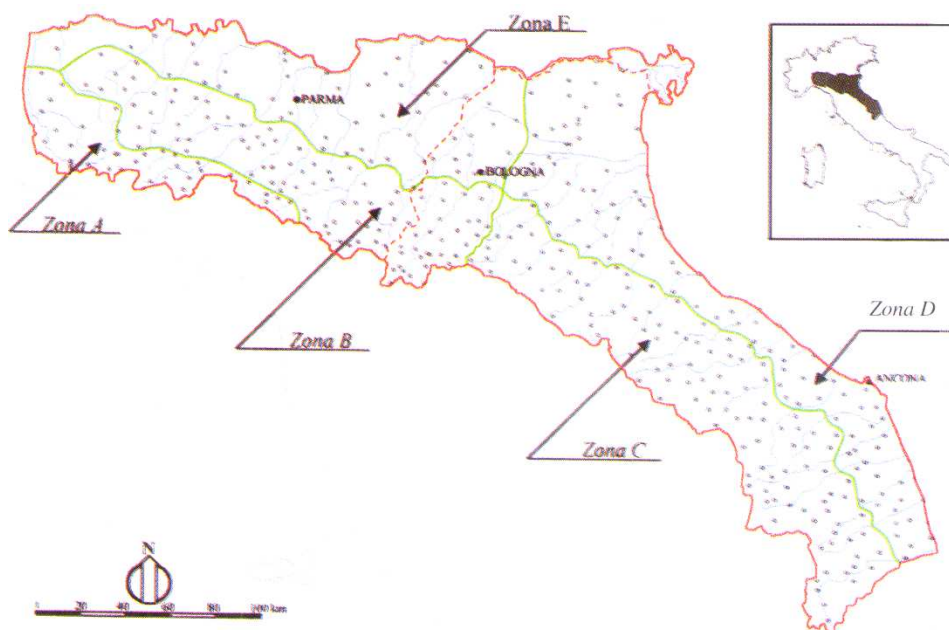


Figura 3-1. Zone omogenee con riferimento regime di frequenza delle piogge intense

La curva di crescita si ricava invertendo l'espressione (3.1) scritta in funzione del tempo di ritorno, mentre la pioggia indice viene calcolata mediante la (3.2):

$$P(x) = \exp\left[-\lambda_1 \exp(-x \eta) - \lambda \lambda_1^{1/\theta} \exp(-x \eta/\theta)\right] \quad (3.1)$$

$$\mu = m_1 \cdot d^{\frac{\ln(m_G) - \ln(\gamma) - \ln(m_1)}{\ln(24)}} \quad (3.2)$$

$m(h24)$  = media del massimo annuale dell'altezza puntuale di precipitazione di durata d(24 ore);

$m_G$  = media del massimo annuale dell'altezza puntuale di precipitazione giornaliera;

$m_1$  = media del massimo annuale dell'altezza puntuale di precipitazione in 1 ora;

$g = m_G / m(h24) = 0.89$  nella regione esaminata.

Per la determinazione dei parametri  $m_1$  e  $m_G$  si fa riferimento alle isolinee riportate in Figura 3-2.

In conclusione, si ricava che il parametro  $a$  delle LSPP è pari al prodotto del coefficiente  $m_1$  per la curva di crescita, mentre il parametro  $n$  è pari a:

$$n = \frac{\ln(m_G) - \ln(\gamma) - \ln(m_1)}{\ln(24)} \quad (3.3)$$

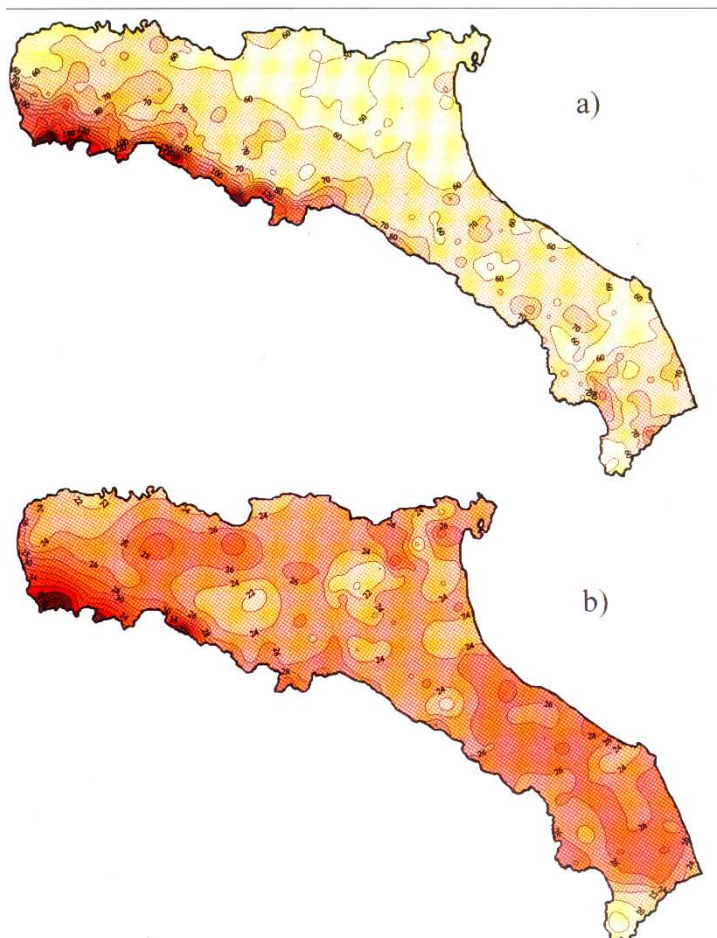


Figura 3-2. Isolinee delle altezze medie di pioggia massime annuali della durata di 1 giorno (a) e 1 ora (b)

Per tutti i corsi d'acqua di interesse, appartenenti alla "zona omogenea D", sono stati stimati valori dei parametri  $m_1$  e  $m_6$  pari rispettivamente a 24 e 60, mentre il parametro  $g$ , che, come dimostrato da numerosi studi, risulta poco variabile da sito a sito, assume il valore di 0.89.

La Tabella 3-2 riporta i valori calcolati per i parametri  $a$  e  $n$  delle LSPP, validi per tutti i corsi d'acqua.

Tabella 3-2. Valori dei parametri delle LSPP per diversi TR

a (TR25) anni	a (TR50) anni	a (TR100) anni	a (TR200) anni	n
45.52	53.33	61.52	69.88	0.32

La definizione delle piogge di breve durata, tipicamente inferiore all'ora, è stata definita in base ai rapporti  $r_d$  tra le altezze di durata  $d$  molto breve e l'altezza oraria.

Questa metodologia è utilizzata nelle zone in cui non sono disponibili osservazioni dirette per durate inferiori all'ora, come ancora oggi nella maggior parte delle stazioni pluviometriche italiane.

I rapporti presi a riferimento sono stati dedotti dal *Manuale di progettazione – Sistemi di fognatura – Hoepli* e si riferiscono ad un campione di 17 anni di osservazione.

Tabella 3-3. Rapporti rd tra le altezze di durata d molto breve e l'altezza oraria

[mm/mm]	h1min/h1ora	h2min/h1ora	h3min/h1ora	h4min/h1ora	h5min/h1ora	h15min/h1ora	h30min/h1ora	h45min/h1ora
<b>rd</b>	0.130	0.180	0.229	0.272	0.322	0.601	0.811	0.913

Tabella 3-4. Altezze di pioggia per differenti TR

t [min]	1	2	3	4	5	15	30	45	1h	3h	6h	12h	24h
<b>25</b>	5.92	8.19	10.42	12.38	14.66	27.36	36.91	41.56	45.52	65.05	81.48	102.07	127.86
<b>50</b>	6.93	9.60	12.21	14.51	17.17	32.05	43.25	48.69	53.33	76.21	95.47	119.59	149.81
<b>100</b>	8.00	11.07	14.09	16.73	19.81	36.97	49.89	56.16	61.52	87.91	110.12	137.95	172.80
<b>200</b>	9.08	12.58	16.00	19.01	22.50	42.00	56.67	63.80	69.88	99.87	125.10	156.70	196.30

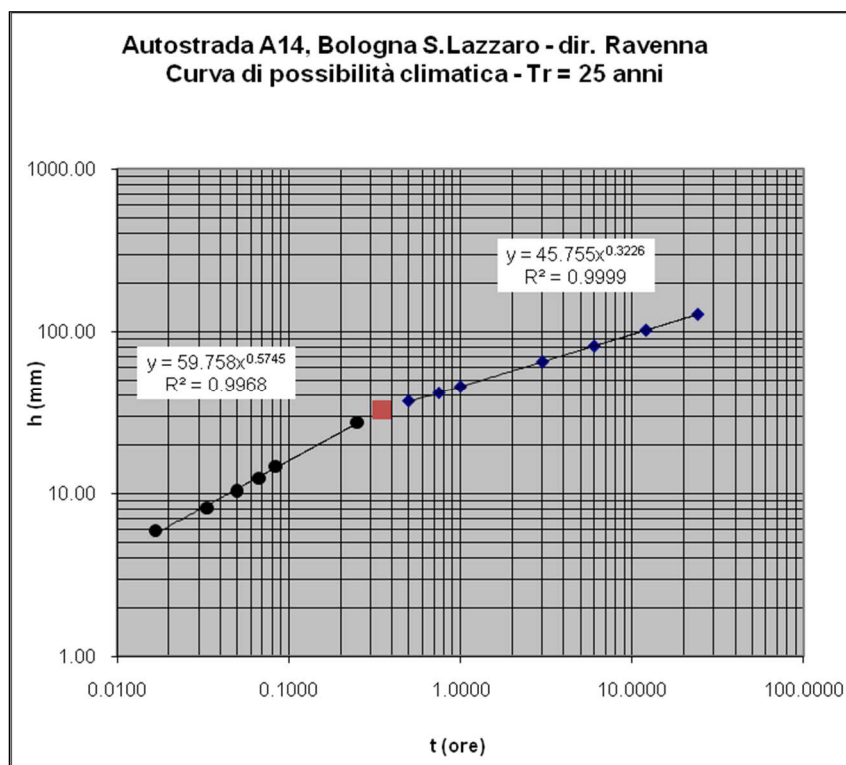


Figura 3-3. Curve di possibilità pluviometrica TR 25

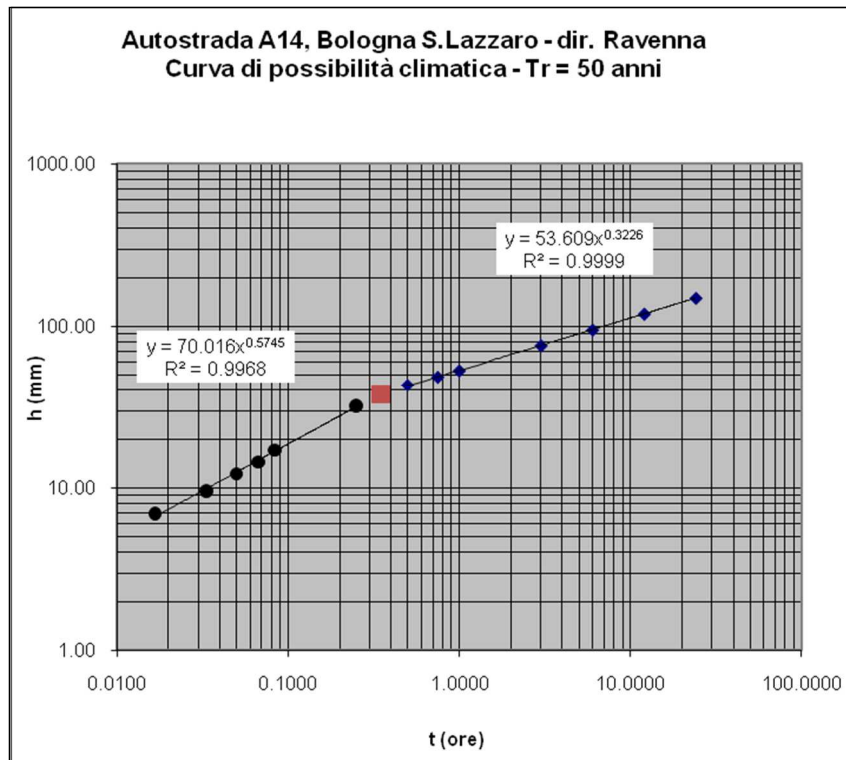


Figura 3-4. Curve di possibilità pluviometrica TR 50

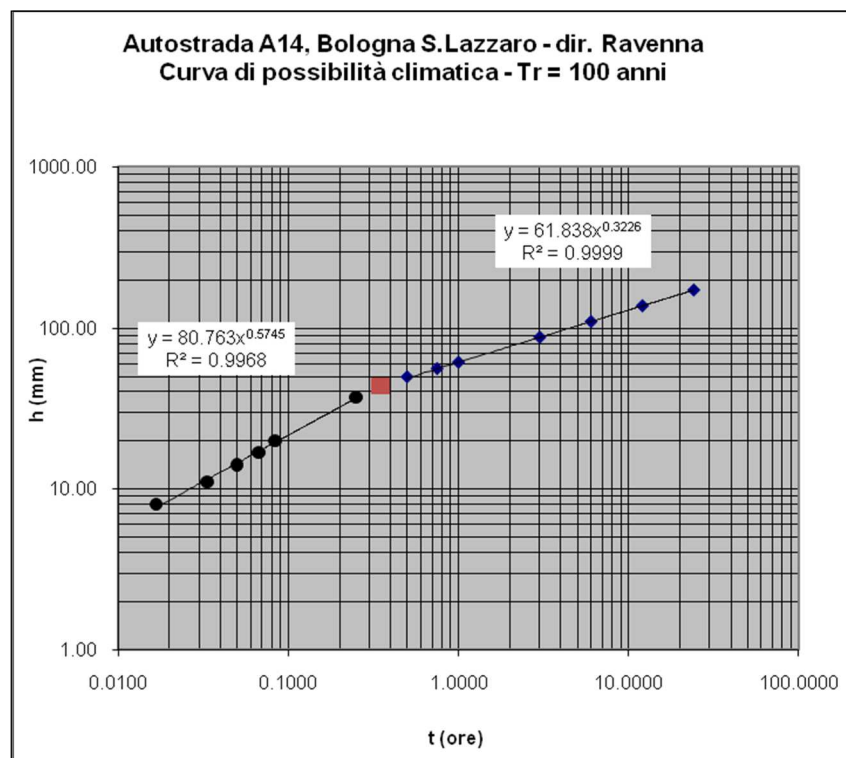


Figura 3-5. Curve di possibilità pluviometrica TR 100

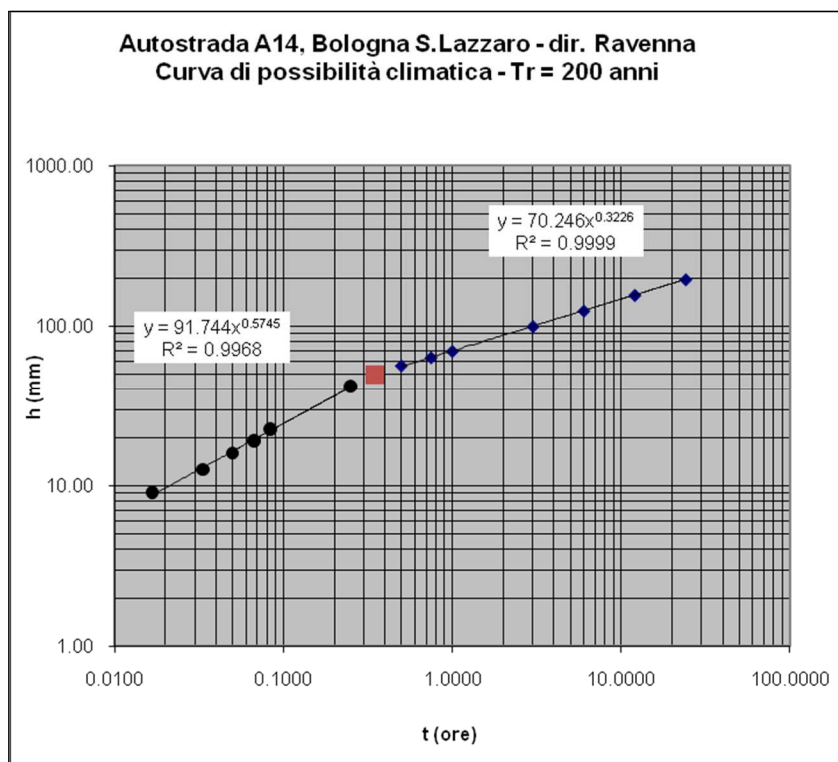


Figura 3-6. Curve di possibilità pluviometrica TR 200

Si riporta la sintesi delle curve di possibilità pluviometrica desunte attraverso interpolazione in funzione del tempo di ritorno e della durata dell'evento considerato.

Tabella 3-5. Parametri caratteristici delle CPP

t < 20.8 min			t > 20.8 min		
TR	a	n	TR	a	n
25	59.75	0.57	25	45.75	0.32
50	70.01	0.57	50	53.60	0.32
100	80.76	0.57	100	61.83	0.32
200	91.74	0.57	200	70.25	0.32



## 4 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI E CRITERI GENERALI

### 4.1 GENERALITÀ

In tutti e 3 gli interventi si prevede di raccordare la viabilità ordinaria al piazzale di accesso ai caselli mediante una rotonda. Tale rotonda sostituisce l'attuale intersezione a T in corrispondenza dello svincolo di Castel S. Pietro, mentre sarà realizzata *ex novo* in corrispondenza degli svincoli di Toscanella di Dozza e Solarolo. Il sistema di smaltimento prevede l'utilizzo di embrici e fossi (localmente ripristinando quelli esistenti) e solo dove necessario, cioè dove risulterebbe difficile raggiungere un recapito vicino mediante un fosso, la raccolta attraverso un sistema di caditoie grigliate e collettori.

I criteri qualitativi e quantitativi della raccolta delle acque di piattaforma sono sintetizzati nei paragrafi seguenti.

### 4.2 LIMITI QUALITATIVI

I limiti qualitativi sono dettati dalla Delibera di Giunta Regionale 14/2/2005 n.286 capo 7, che definisce come ambito di applicazione le reti stradali ed autostradali e si applica alle nuove opere e ai nuovi progetti di intervento soggetti a valutazione di impatto ambientale (VIA).

Si definiscono i corpi idrici in cui scaricare previo trattamento (sistema chiuso) come segue:

1. Le acque immesse direttamente o in prossimità di corpi idrici superficiali "*significativi*" e di "*interesse*" inseriti nel PTA:
  - a. Fiume Santerno e gli affluenti Rio Sanguinario e scolo Castelnuovo (la cui distanza dalla confluenza nel fiume medesimo è inferiore a 1000 m).
2. Le acque immesse in ricettori per i quali si sono definiti obiettivi di qualità secondo le Norme del PTA:
  - a. Fiume Sillaro e gli affluenti Rio Rosso, Rio Toscanella, Rio Sabbioso e Torrente Sellusta (la cui distanza dalla confluenza nel fiume medesimo è inferiore a 1000 m);
  - b. Fiume Santerno e gli affluenti Rio Sanguinario e scolo Castelnuovo (la cui distanza dalla confluenza nel fiume medesimo è inferiore a 1000 m).
3. Le acque immesse in ricettori per i quali si indicano esigenze di tutela e protezione dei corpi idrici ricettori stabilite dagli strumenti di pianificazione provinciale (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale - PTCP) in funzione del livello di contaminazione delle portate meteoriche e dei relativi carichi inquinanti sversati, dell'estensione del bacino sotteso, dalla distribuzione delle altre reti di scarico presenti lungo l'asta fluviale nonché le caratteristiche idrologiche e morfologiche del recettore medesimo.

Nell'ambito di questo intervento, nei casi in cui sia previsto il sistema chiuso, i processi di trattamento necessari sono ottenuti mediante l'inserimento di un presidio idraulico (manufatto di controllo) che prevede il rilascio di una portata minima attraverso una bocca tarata, favorendo la sedimentazione e la disoleazione mediante un processo meccanico di separazione tramite un setto verticale.

### 4.3 LIMITI QUANTITATIVI

L'autorità di Bacino del fiume Reno impone in base all'articolo 20 delle *Norme tecniche del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico* il recupero di 500m<sup>3</sup>/(ha) di superficie pavimentata.

Su tali tematiche è intervenuta in fase di VIA anche la Regione Emilia Romagna che ha richiesto che il limite massimo della portata di scarico finale nella rete di bonifica dovrà essere minore o uguale a 15 litri al secondo per ettaro di superficie impermeabilizzata. Si è deciso di ottemperare a tale richiesta mediante l'inserimento di un regolatore di portata in corrispondenza di tutti gli scarichi consortili, ottemperando alla richiesta di rilascio di una portata pari a 0 l/s e per superficie di ampliamento alla quarta corsia (ovvero garantendo le stesse portate al recapito della situazione esistente) e pari a 15 l/s per corpo stradali nuovi (tipicamente le rampe e gli interventi specifici in corrispondenza degli svincoli, oggetto della presente relazione).

## 5 SISTEMA DI DRENAGGIO CORPO AUTOSTRADALE

### 5.1 REQUISITI PRESTAZIONALI

Le soluzioni per lo smaltimento delle acque meteoriche ricadenti sulla pavimentazione autostradale dipendono dalle diverse situazioni ed esigenze che si incontrano nello studio della rete drenante e devono soddisfare due requisiti fondamentali:

- garantire, ai fini della sicurezza degli utenti in caso di forti precipitazioni, un immediato smaltimento delle acque meteoriche evitando il formarsi di ristagni sulla pavimentazione autostradale; questo si ottiene assegnando alla pavimentazione un'adeguata pendenza trasversale e predisponendo un adeguato sistema di raccolta integrato negli elementi marginali e centrali rispetto alle carreggiate;
- convogliare tutte le acque raccolte dalla piattaforma ai punti di recapito.

### 5.2 SCHEMA DI DRENAGGIO

Il sistema di drenaggio deve consentire la raccolta delle acque meteoriche cadute sulla superficie stradale e sulle superfici ad esso afferenti ed il trasferimento dei deflussi fino al recapito; quest'ultimo è costituito da rami di qualsivoglia ordine della rete idrografica naturale o artificiale, purché compatibili quantitativamente e qualitativamente. Prima dello smaltimento nei recapiti naturali può essere necessario convogliare l'acqua nei punti di controllo, ossia nei presidi idraulici.

Gli elementi utilizzati per il sistema di drenaggio possono essere suddivisi in base alla loro funzione: in particolare si hanno le tipologie di elementi presentati in Tabella 5-1. I tempi di ritorno indicati nella tabella sono conformi con gli Standard aziendali di progetto (ASPI), ovvero 25 anni in assenza di situazioni in cui il malfunzionamento del sistema di drenaggio può creare un serio pericolo agli utenti (lunghe trincee, corde molli in galleria, impianti di sollevamento).

Tabella 5-1. Tipologie di elementi di raccolta e convogliamento

Funzione	Componente	Tipologia	T <sub>R</sub> progetto
Raccolta	elementi idraulici marginali	embrici caditoie canalette grigliate cunette triangolari	25 anni
Convogliamento	canalizzazioni	fossi di guardia collettori	25 anni

L'elemento di drenaggio da inserire sull'infrastruttura dipende strettamente dal tipo di sezione su cui è posto. Questi si possono suddividere in due macro categorie: sezione corrente dell'infrastruttura e sezioni singolari (aree di servizio, di esazione, ecc.).

La sezione corrente dell'infrastruttura si divide a sua volta, per caratteri costruttivi, in:

- sezione in rilevato;
- sezione in trincea;
- sezione in viadotto.

Un'importante componente del sistema di drenaggio delle acque meteoriche è costituita dal controllo quantitativo e qualitativo. In funzione delle caratteristiche dell'idrografia interferita e della sensibilità del ricettore, per lo smaltimento potranno essere impiegati presidi atti a modulare le portate scaricate e/o controllare i parametri qualitativi.

Nei paragrafi seguenti vengono descritti gli aspetti legati alle tipologie previste sia per la fase di raccolta/trasferimento che per i presidi idraulici di controllo qualitativo. Il sistema di drenaggio che prevede il convogliamento dell'acqua di piattaforma ai presidi idraulici è denominato "sistema chiuso" e garantisce la

salvaguardia nei confronti dell'inquinamento corrente. Viceversa il sistema in cui il recapito delle acque di piattaforma avviene direttamente nei ricettori finali è denominato "sistema aperto".

### 5.3 METODOLOGIA PROGETTUALE

La metodologia di dimensionamento idraulico si differenzia se stiamo considerando gli elementi di raccolta o quelli di convogliamento.

#### 5.3.1 Dimensionamento degli elementi di raccolta

Una volta valutata la situazione locale (rilevato, trincea, viadotto...) si definisce l'elemento di raccolta idoneo. Il dimensionamento consiste nello stabilire l'interasse delle caditoie (pozzetti di scarico, embrici, caditoie su viadotti, ecc.).

Il dimensionamento avviene in maniera diversa se si stanno considerando gli elementi di raccolta continui (longitudinali alla carreggiata) o quelli discontinui (elementi puntuali). Nel primo caso si dimensionano gli interassi dei discendenti i quali, contenuti in idonei pozzetti di scarico, convogliano la portata verso il collettore longitudinale. Tale interasse deriva dalla portata massima smaltibile e dalla massima portata defluente dalla falda piana (superficie autostradale scolante) per unità di lunghezza.

Quest'ultima è data dalla formula (5.1):

$$q_0 = \varphi b i = \varphi b a t^{n-1} \quad (5.1)$$

con  $b$  larghezza della falda,  $\varphi$  coefficiente di deflusso ed  $i$  intensità di pioggia.

Il coefficiente di deflusso è stato posto pari ad 1 per le superfici pavimentate, 0.6 per le trincee ed i rilevati e 0.3 per le zone inerbite.

In base alla teoria dell'onda cinematica si ha che la condizione più gravosa è quella per cui il tempo di pioggia è pari al tempo di corrivazione. Trascurando il tempo di percorrenza dell'elemento da dimensionare si ha che il tempo di corrivazione è pari al tempo di afflusso da una falda piana che è dato dalla seguente formula (5.2):

$$t_a = t_c = 3.26 (1.1 - \varphi) \frac{L_{eff}^{0.5}}{j^{1/3}} \quad (5.2)$$

dove:

$j = \sqrt{j_l^2 + j_t^2}$  è la pendenza della strada lungo la linea di corrente ( $j_l$  pendenza longitudinale;  $j_t$  pendenza trasversale);

$L_{eff} = b \left[ 1 + \left( \frac{j_l}{j_t} \right)^2 \right]^{1/2}$  è la lunghezza del percorso dell'acqua prima di raggiungere le canalizzazioni a lato della carreggiata.

Si è comunque imposto un tempo di corrivazione minimo pari a 3 minuti poiché per tempi molto brevi la curva dell'intensità di pioggia a due parametri tende all'infinito, fornendo quindi dati non realistici.

Il rapporto tra la massima portata convogliabile nell'elemento e la massima portata defluente per unità di larghezza definisce l'interasse massimo tra i pozzetti di scarico.

Il dimensionamento dell'interasse degli elementi puntuali si ottiene facendo il rapporto tra la portata massima transitante in un'ipotetica canaletta triangolare delimitata dal manto stradale e dal cordolo, e la massima portata defluente dalla falda piana per unità di larghezza ( $q_0$ ).

### 5.3.2 Dimensionamento degli elementi di convogliamento

Il dimensionamento degli elementi di convogliamento è fatto facendo il confronto tra la portata transitante e quella massima ammissibile dall'elemento in questione. Anche in questo caso la condizione più gravosa è quella per cui il tempo di pioggia è pari al tempo di corrivazione. Quest'ultimo in questo caso è pari alla somma del tempo di afflusso (dato dalla formula vista nel paragrafo precedente) e del tempo di traslazione ( $t_r$ ) lungo i rami costituenti il percorso idraulicamente più lungo ("asta principale"). Il tempo di traslazione si ottiene quindi dalla formula (5.3):

$$t_r = \sum_{i=1}^N \frac{l_i}{v_i} \quad (5.3)$$

dove:

$N$  = numero dei tronchi della rete a monte della generica sezione, facenti parte dell'asta principale;

$l_i$  = lunghezza del tronco  $i$ -esimo;

$v_i$  = velocità nel tronco  $i$ -esimo.

Il moto all'interno della rete si descrive adottando uno schema di moto uniforme. In particolare si utilizza la formula di Chézy per ottenere le scale di deflusso:

$$Q = \chi A \sqrt{\Re} j = k \frac{A^{5/3}}{C^{2/3}} \sqrt{j} \quad (5.4)$$

dove:

$Q$  portata di dimensionamento della canalizzazione ( $m^3/s$ );

$k = 1/n$  coefficiente di scabrezza di Strickler ( $m^{1/3}/s$ );

$A$  area bagnata ( $m^2$ );

$C$  contorno bagnato ( $m$ );

$j$  pendenza media della condotta ( $m/m$ );

$\Re = \frac{A}{C}$  raggio idraulico ( $m$ ).

Per ottenere la velocità di percorrenza del singolo tratto basta dividere la portata  $Q$  per l'area bagnata  $A$ .

Per il dimensionamento dei fossi di guardia aventi lunghezze ridotte si è adottato un tempo di corrivazione fisso pari a 15 minuti.

## 5.4 ELEMENTI DI RACCOLTA

### 5.4.1 Sistema di drenaggio in rilevato – Embrici

Nei tratti in rilevato si utilizza come sistema di raccolta gli embrici.

Il dimensionamento di questi elementi consiste nello stabilire l'interasse massimo in modo che l'acqua presente sulla strada transiti in un tratto delimitato dal cordolo a bordo strada ovvero senza superare un tirante idrico di  $h=0.05m$ . L'ingombro planimetrico della lama d'acqua dipende quindi dalla pendenza trasversale della

carreggiata ma non può in ogni caso superare il valore di  $B=3.0m$  in corsia di emergenza e di  $B=0.7m$  in corsia di sorpasso per i tratti in rettilineo, ed il valore di  $B=2.5m$  per i tratti di corsia di accelerazione e decelerazione.

Per il calcolo della portata massima transitante nella banchina si è utilizzata la formula di Chézy ponendo come parametro di Strickler il valore di 70 ( $n = 0.0143$ ).

Si ha:

$$A = \frac{B^2 j_t}{2} \quad (5.5)$$

$$C = B \left[ j_t + \frac{1}{\cos(\arctg j_t)} \right] \quad (5.6)$$

L'interasse massimo degli embrici è comunque stato posto pari a 30 m, non ritenendosi prudente superare tale valore.

#### 5.4.2 Caditoie grigliate discontinue

Le caditoie grigliate sono costituite da tratti di canalette grigliate di lunghezza pari ad un metro con un discendente DN200 che scarica nel collettore sottostante. Per dimensionare il passo delle caditoie è stata eseguita una doppia verifica. La prima è analoga a quella degli embrici: si determina il passo massimo delle caditoie in modo che il massimo allagamento corrisponda ad un tirante idrico di  $h=0.05m$ . La seconda verifica invece riguarda il discendente: la portata captata dalla caditoia deve essere inferiore a quella che il discendente è in grado di smaltire (analogamente a quanto definito per la canaletta grigliata al paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). Come passo delle caditoie si è posto il minore dei due, imponendo un massimo pari a 20 m.

Le caditoie grigliate sono utilizzate solo per il drenaggio marginale quando si adotta si è in presenza di muri.

Inoltre le caditoie non sono utilizzate nei tratti con debole pendenza longitudinale e nei tratti in cui avviene la rotazione di sagoma. In tutti questi casi si utilizza la canaletta grigliata.

### 5.5 ELEMENTI DI CONVOGLIAMENTO

#### 5.5.1 Collettori circolari in PEAD e PP

Quando gli elementi di raccolta raggiungono il riempimento massimo, essi scaricano nei collettori sottostanti. Per quanto riguarda l'autostrada sono utilizzati dei collettori in PEAD (Polietilene ad alta densità) SN 8  $kN/m^2$  conformi alla norma UNI 10968 (Pr EN 13476-1) per i tubi che longitudinali alla viabilità, mentre collettori in PP (Polipropilene) SN 16  $kN/m^2$  secondo EN ISO 9969, conformi alla norma UNI 10968, per gli attraversamenti trasversali.

Per il dimensionamento si è considerato il diametro interno (riportato nella Tabella 5-2), identico per le due tipologie di tubi precedentemente citati, ed un coefficiente di scabrezza di Manning pari a 0.0125.

Nel dimensionamento dei collettori si è utilizzata la pendenza stradale. Per i tratti molto pianeggianti e nel caso in cui il collettore è in contropendenza rispetto alla livelletta stradale si è posta una pendenza minima dello 0.20% e una velocità minima di 0.5  $m/s$ .

Per evitare che i collettori vadano in pressione si è considerato un riempimento massimo dell'80% corrispondente ad una portata di progetto avente tempo di ritorno di 25 anni.

Tabella 5-2. Diametri interni dei collettori in PEAD SN 8  $kN/m^2$  e in PP SN 16  $kN/m^2$

DN	Spessore	Raggio interno
(mm)	(mm)	(mm)
400	26.5	173.5
500	33.5	216.5
630	47.5	267.5
800	61	339
1000	74	426
1200	85	515

In Figura 5-1, Figura 5-2 e Figura 5-3 sono riportate le portate massime smaltibili dai collettori in PEAD ed in PP considerando il riempimento massimo detto in precedenza.

Per consentire un'agevole manutenzione e pulizia dei tratti di collettore si è predispongono pozzetti di ispezione alle estremità di ogni collettore e aventi comunque un interasse massimo di a 50 m.

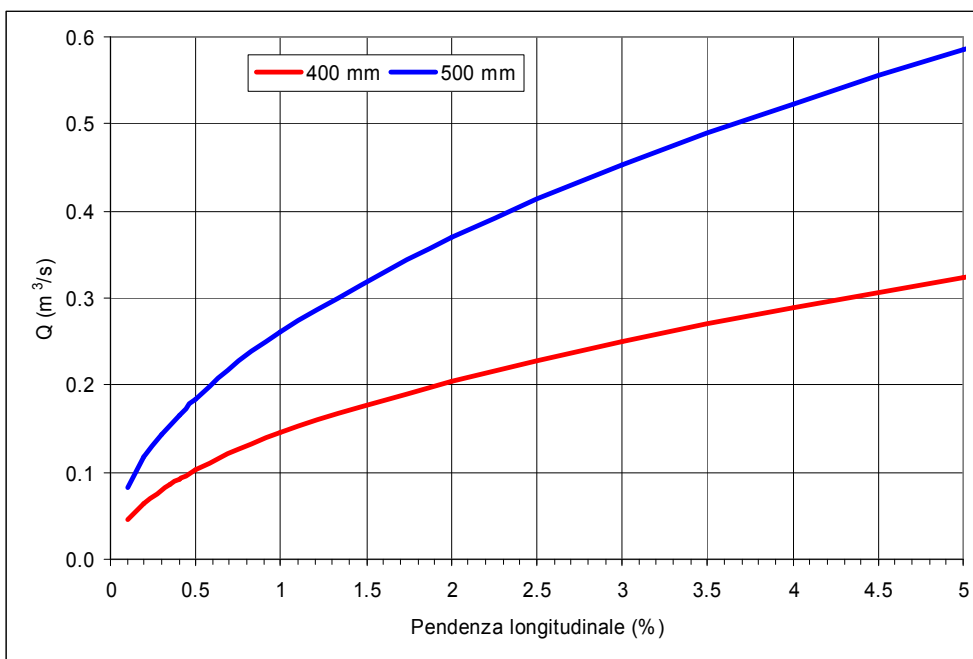


Figura 5-1. Portata massima transitante per collettori circolari in PEAD e PP di diametro 400 e 500 mm

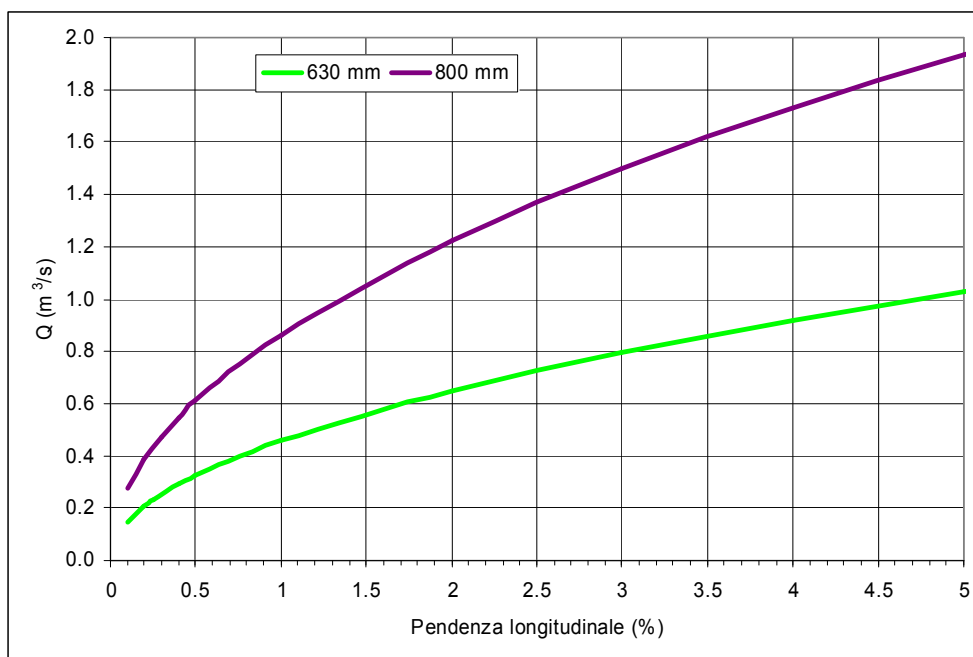


Figura 5-2. Portata massima transitante per collettori circolari in PEAD e PP di diametro 630 e 800 mm

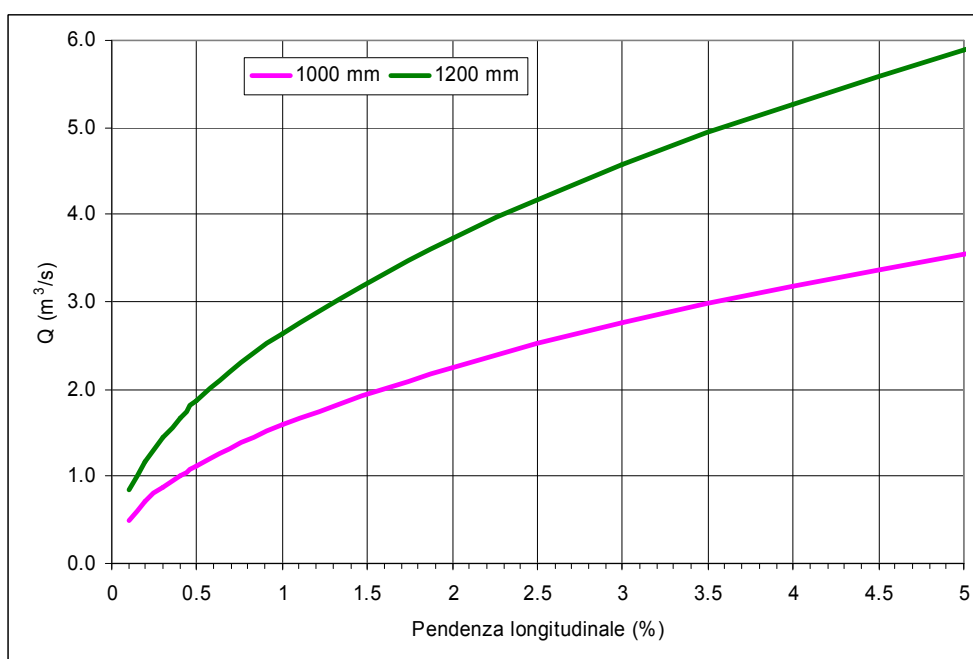


Figura 5-3. Portata massima transitante per collettori circolari in PEAD e PP di diametro 1000 e 1200 mm

### 5.5.2 Fossi di guardia

I fossi di guardia sono di norma di forma trapezia e sono utilizzati quando la sezione stradale è sia in rilevato sia quando è in trincea.

Nel primo caso il fosso è posto al piede del rilevato e serve a convogliare le acque di piattaforma al recapito finale più vicino. Tali fossi sono in terra ed inerbiti (FI1A-B, FI2, FI3, FI4) in corrispondenza del sistema aperto oppure rivestiti in calcestruzzo in corrispondenza del sistema chiuso (FR1, FR2, FR3 e FR4). L'acqua della piattaforma autostradale è convogliata direttamente al fosso attraverso embrici. Nel punto di scarico

dell'embrice si deve quindi rivestire il fosso in CLS per evitare l'erosione. Il tempo di ritorno di progetto è di 25 anni.

Nel caso di sezione in trincea il fosso di guardia è sempre rivestito (FR1 e FR2) ed è posto in sommità alla trincea stessa. La sua funzione è quindi quella di raccogliere l'acqua che drena dal versante sovrastante, onde evitare che questa scenda lungo la trincea erodendola o che possa arrivare alla piattaforma stradale. Il tempo di ritorno di progetto è di 25 anni.

Laddove la pendenza dei terreni coltivati converga al piede del rilevato autostradale, al fine di separare i deflussi esterni da quelli di piattaforma, sono stati previsti due fossi paralleli.

Per quanto riguarda il dimensionamento, i fossi assolvono alla funzione di recupero dei volumi e di sedimentazione.

La prima funzione è garantita assegnando al fosso una volumetria tale da garantire i limiti imposti dall'Autorità di Bacino, mentre la seconda funzione è garantita dal fatto che, per conformazione territoriale, i fossi presentano pendenze modeste (0.1 – 0.5%).

I fossi sono dimensionati in moto uniforme e si è recuperato un volume minimo pari a 500m<sup>3</sup>/(ha) di superficie pavimentata.

Solo in tre situazioni sono stati utilizzati dei bacini puntuali per il recupero dei volumi, ovvero in corrispondenza dei piazzali di esazione degli svincoli di Toscanella e di Solarolo.

Per quanto riguarda il dimensionamento si è considerato un riempimento massimo ammissibile dell'80% e un coefficiente di scabrezza di Manning pari a 0.0167 per i fossi in calcestruzzo e 0.0333 per quelli in terra inerbiti.

A fine di controllare lo scarico degli oli nei ricettori si sono realizzati manufatti di controllo (vedi paragrafo 5.6) che evitano lo sversamento di oli all'interno dei recapiti. Il controllo degli oli immessi nei ricettori è garantito da un setto disoleatore che impedisce all'olio in superficie di confluire nei recapiti.

Per specifiche esigenze, è possibile prevedere l'utilizzo di altre tipologie di fossi, quali ad esempio fossi di forma rettangolare o sempre trapezi, ma di differenti dimensioni. Si rimanda alla planimetria idraulica e ai particolari per i dettagli costruttivi.

## 5.6 MANUFATTI DI CONTROLLO

I manufatti previsti da questo progetto presentano dimensioni variabili a seconda della tipologia di fossi in fondo ai quali devono essere realizzati.

La lama disoleatrice posta a monte dello scarico consente il passaggio della portata di progetto, come mostrato nelle verifiche seguenti.

Si stima nel caso di fossi della tipologia FR1 una portata massima di progetto pari a 436 l/s.

La portata massima della luce sotto battente è pari a:

$$Q = C_q A \sqrt{2gh} = 0.6 \cdot (0.30 \cdot 1.50) \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 0.85} = 1000.60 \text{ l/s} \geq 436 \text{ l/s}$$

Essendo  $C_q = 0.6$ ,  $A$  l'area della bocca e  $h$  il carico sulla sezione contratta.

Si stima nel caso di fossi della tipologia FR2 una portata massima di progetto pari a 736 l/s.

La portata massima della luce sotto battente è pari a:

$$Q = C_q A \sqrt{2gh} = 0.6 \cdot (0.30 \cdot 1.50) \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 1.05} = 1134.58 \text{ l/s} \geq 736 \text{ l/s}$$

Essendo  $C_q = 0.6$ ,  $A$  l'area della bocca e  $h$  il carico sulla sezione contratta.

Si stima nel caso di fossi della tipologia FR3 una portata massima di progetto pari a 762 l/s.

La portata massima della luce sotto battente è pari a:

$$Q = C_q A \sqrt{2gh} = 0.6 \cdot (0.30 \cdot 1.50) \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 1.25} = 1254.32 \text{ l/s} \geq 762 \text{ l/s}$$

Essendo  $C_q = 0.6$ ,  $A$  l'area della bocca e  $h$  il carico sulla sezione contratta.



In generale, le portate in uscita sono regolate da una luce tarata. Tale luce è di forma circolare per diametri fino a DN315, oppure rettangolare con un'altezza di 20cm-30cm (e una larghezza variabile a seconda della portata di progetto) per le portate maggiori.

Si prevede, in aggiunta, di dotare uno sfioratore di troppo pieno posto ad una quota pari all'80% del riempimento del fosso. Tale sfioratore consente comunque lo scarico con un tirante idrico compreso nel 20% di altezza libera del fosso qualora si otturi la luce tarata.

## 6 VERIFICHE STATICHE DEI COLLETTORI IN PEAD

Di seguito sono riportate le tabelle di calcolo per la verifica alla deformabilità dei collettori in PEAD posti sotto la pavimentazione autostradale. Le verifiche si riferiscono ad un ricoprimento minimo pari a 80 cm e un ricoprimento massimo di 3 m.

Le verifiche sono effettuate considerando moduli di elasticità del terreno di rinfianco secondo le norme ASTM 2487 e tipologie di traffico conformi alla norma DIN 1072. La sezione tipologica per le verifiche è mostrata nella figura seguente:

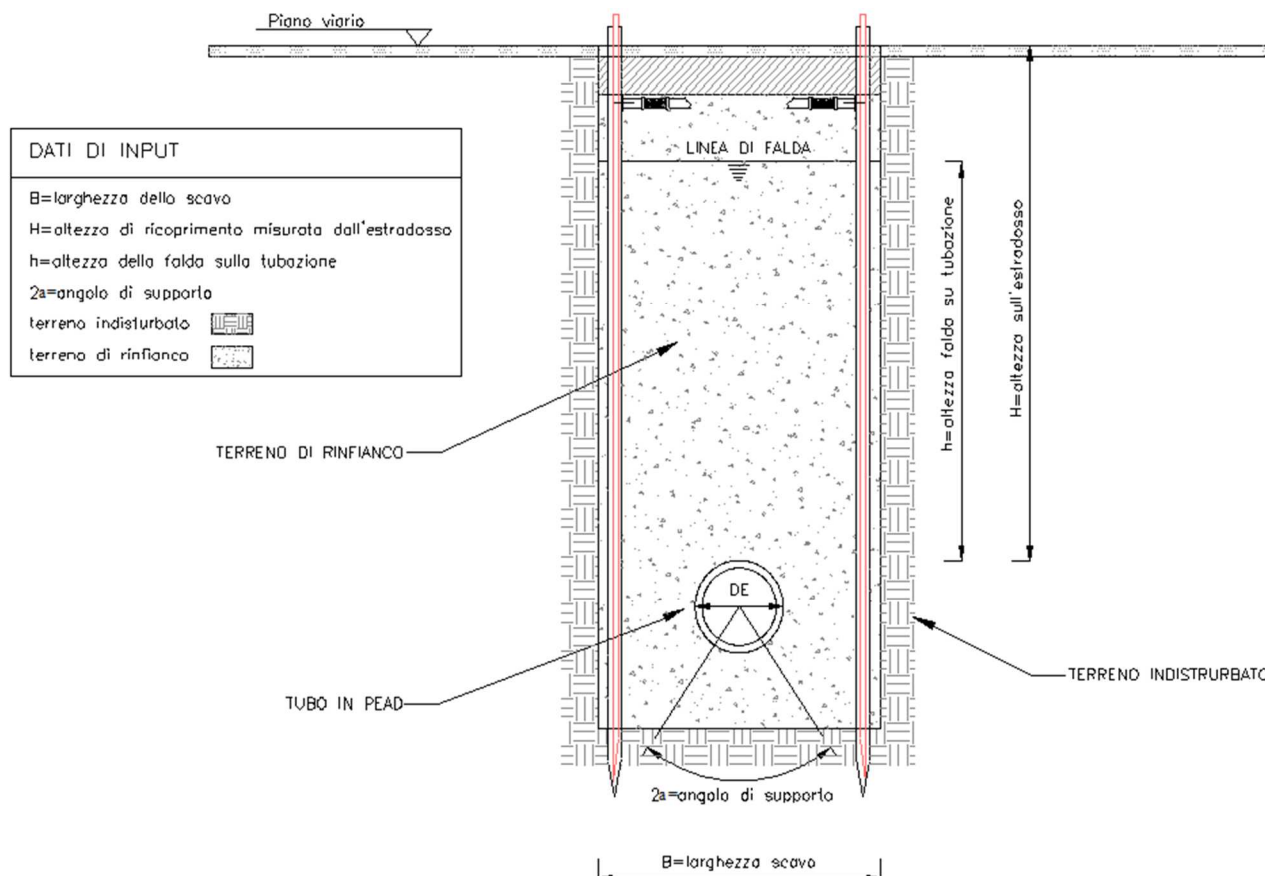


Figura 6-1. Sezione tipo di posa per le verifiche di deformazione

Le verifiche, mostrate nelle tabelle seguenti, sono effettuate implementando l'equazione di Marston-Spangler:

$$\Delta d = \frac{Q \cdot K \cdot F}{\frac{EI}{r^3} + 0.061 \cdot E_t}$$

dove  $\Delta d$  è la deformazione diametrale nel senso orizzontale (che per l'ineestensibilità delle fibre del materiale costituente il tubo è anche quella verticale),  $E$  è il modulo elastico del materiale mentre  $E_t$  è il modulo elastico del terreno.  $I$  ed  $r$  sono rispettivamente momento d'inerzia della parete del tubo per unità di lunghezza e raggio medio del tubo, mentre  $K$  è un coefficiente che dipende dal tipo di appoggio della tubazione (sella di C/c, sabbia costipata ecc.) ed  $F$  è un coefficiente che considera la deformazione differita nel tempo

Il parametro  $E_t = 7000 \text{ kN/m}^2$  è appropriato per terreni granulari (seppur con particelle fini) ed una compattazione da moderata a alta. La deformazione così calcolata dovrà essere minore della massima ammissibile che normalmente corrisponde al 5% del diametro medio.

<b>Verifica secondo Marston-Spangler</b>			
<b>Dati dimensionali del Tubo</b>			
Diametro	<b>DN =</b>	<b>400</b>	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	<b>SN =</b>	<b>8</b>	kN/m <sup>2</sup>
Modulo di elasticità	<b>E<sub>m</sub> =</b>	<b>150000</b>	kN/m <sup>2</sup>
Tipo di parete	<b>Corrugato</b>		
<b>Dati dello scavo</b>			
Larghezza	<b>B =</b>	<b>0.700</b>	m
Altezza sull'estradosso	<b>H =</b>	<b>0.80</b>	m
Tipologia del terreno indisturbato	<b>Terreno misto compatto</b>		
Tipologia del terreno di rinfiacco	<b>Terreno misto compatto</b>		
Peso specifico rinterro	<b>γ<sub>t</sub> =</b>	<b>20</b>	kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito interno	<b>φ =</b>	<b>35</b>	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	<b>μ =</b>	<b>0.70</b>	°
Angolo di supporto	<b>2α =</b>	<b>0</b>	°
Tipo di compattazione	<b>Moderata</b>		
Modulo di elasticità terreno	<b>E<sub>t</sub> =</b>	<b>7000</b>	kN/m <sup>2</sup>
Altezza della falda sulla tubazione	<b>h =</b>	<b>0</b>	m
Peso specifico sommerso del riempimento	<b>γ' =</b>	<b>16.4</b>	
<b>Verifica tipo di trincea (UNI 7517)</b>	<b>Trincea stretta</b>		
<b>Determinazione carico statico</b>			
Coeff. di spinta attiva	<b>K<sub>a</sub> =</b>	<b>0.271</b>	
Coeff. di carico statico	<b>χ =</b>	<b>0.927</b>	
Carico idrostatico	<b>Q<sub>idr</sub> =</b>	<b>0.000</b>	kN/m
<b>Carico statico</b>	<b>Q<sub>st</sub> =</b>	<b>5.193</b>	kN/m
<b>Determinazione carico dinamico</b>			
Tipologia di traffico (DIN 1072)	<b>HT60</b>		
Carico per ruota	<b>P =</b>	<b>100</b>	kN/ruota
Coeff. dinamico	<b>ω =</b>	<b>1.375</b>	
Tensione dinamica	<b>σ<sub>z</sub> =</b>	<b>66.695</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Carico dinamico</b>	<b>Q<sub>d</sub> =</b>	<b>36.682</b>	kN/m
<b>Carico totale</b>	<b>Q =</b>	<b>41.875</b>	kN/m
Coeff. di sottofondo	<b>K =</b>	<b>0.121</b>	
Coeff. di deformazione differita	<b>F =</b>	<b>1.5</b>	
<b>Deformazione assoluta</b>	<b>Δd =</b>	<b>15.48</b>	mm
<b>Deformazione relativa %</b>	<b>δ =</b>	<b>3.870</b>	%
<b>Tubazione verificata</b>			

<b>Verifica secondo Marston-Spangler</b>			
<b>Dati dimensionali del Tubo</b>			
Diametro	<b>DN =</b>	<b>400</b>	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	<b>SN =</b>	<b>8</b>	kN/m <sup>2</sup>
Modulo di elasticità	<b>E<sub>m</sub> =</b>	<b>150000</b>	kN/m <sup>2</sup>
Tipo di parete	<b>Corrugato</b>		
<b>Dati dello scavo</b>			
Larghezza	<b>B =</b>	<b>0.700</b>	m
Altezza sull'estradosso	<b>H =</b>	<b>3.00</b>	m
Tipologia del terreno indisturbato	<b>Terreno misto compatto</b>		
Tipologia del terreno di rinfiacco	<b>Terreno misto compatto</b>		
Peso specifico rinterro	<b>γ<sub>t</sub> =</b>	<b>20</b>	kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito interno	<b>φ =</b>	<b>35</b>	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	<b>μ =</b>	<b>0.70</b>	°
Angolo di supporto	<b>2α =</b>	<b>0</b>	°
Tipo di compattazione	<b>Moderata</b>		
Modulo di elasticità terreno	<b>E<sub>t</sub> =</b>	<b>7000</b>	kN/m <sup>2</sup>
Altezza della falda sulla tubazione	<b>h =</b>	<b>0</b>	m
Peso specifico sommerso del riempimento	<b>γ' =</b>	<b>16.4</b>	
<b>Verifica tipo di trincea (UNI 7517)</b>	<b>Trincea stretta</b>		
<b>Determinazione carico statico</b>			
Coeff. di spinta attiva	<b>K<sub>a</sub> =</b>	<b>0.271</b>	
Coeff. di carico statico	<b>χ =</b>	<b>2.117</b>	
Carico idrostatico	<b>Q<sub>idr</sub> =</b>	<b>0.000</b>	kN/m
<b>Carico statico</b>	<b>Q<sub>st</sub> =</b>	<b>11.855</b>	kN/m
<b>Determinazione carico dinamico</b>			
Tipologia di traffico (DIN 1072)	<b>HT60</b>		
Carico per ruota	<b>P =</b>	<b>100</b>	kN/ruota
Coeff. dinamico	<b>ω =</b>	<b>1.1</b>	
Tensione dinamica	<b>σ<sub>z</sub> =</b>	<b>16.734</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Carico dinamico</b>	<b>Q<sub>d</sub> =</b>	<b>7.363</b>	kN/m
<b>Carico totale</b>	<b>Q =</b>	<b>19.218</b>	kN/m
Coeff. di sottofondo	<b>K =</b>	<b>0.121</b>	
Coeff. di deformazione differita	<b>F =</b>	<b>1.5</b>	
<b>Deformazione assoluta</b>	<b>Δd =</b>	<b>7.10</b>	mm
<b>Deformazione relativa %</b>	<b>δ =</b>	<b>1.776</b>	%
<b>Tubazione verificata</b>			

<b>Verifica secondo Marston-Spangler</b>			
<b>Dati dimensionali del Tubo</b>			
Diametro	<b>DN =</b>	<b>500</b>	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	<b>SN =</b>	<b>8</b>	kN/m <sup>2</sup>
Modulo di elasticità	<b>E<sub>m</sub> =</b>	150000	kN/m <sup>2</sup>
Tipo di parete	<b>Corrugato</b>		
<b>Dati dello scavo</b>			
Larghezza	<b>B =</b>	0.800	m
Altezza sull'estradosso	<b>H =</b>	<b>0.80</b>	m
Tipologia del terreno indisturbato	<b>Terreno misto compatto</b>		
Tipologia del terreno di rinfiacco	<b>Terreno misto compatto</b>		
Peso specifico rinterro	<b>γ<sub>t</sub> =</b>	20	kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito interno	<b>φ =</b>	35	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	<b>μ =</b>	0.70	°
Angolo di supporto	<b>2α =</b>	<b>0</b>	°
Tipo di compattazione	<b>Moderata</b>		
Modulo di elasticità terreno	<b>E<sub>t</sub> =</b>	7000	kN/m <sup>2</sup>
Altezza della falda sulla tubazione	<b>h =</b>	<b>0</b>	m
Peso specifico sommerso del riempimento	<b>γ' =</b>	16.4	
<b>Verifica tipo di trincea (UNI 7517)</b>	<b>Trincea stretta</b>		
<b>Determinazione carico statico</b>			
Coeff. di spinta attiva	<b>K<sub>a</sub> =</b>	0.271	
Coeff. di carico statico	<b>χ =</b>	0.832	
Carico idrostatico	<b>Q<sub>idr</sub> =</b>	0.000	kN/m
<b>Carico statico</b>	<b>Q<sub>st</sub> =</b>	<b>6.657</b>	kN/m
<b>Determinazione carico dinamico</b>			
Tipologia di traffico (DIN 1072)	<b>HT60</b>		
Carico per ruota	<b>P =</b>	100	kN/ruota
Coeff. dinamico	<b>ω =</b>	1.375	
Tensione dinamica	<b>σ<sub>z</sub> =</b>	66.695	kN/m <sup>2</sup>
<b>Carico dinamico</b>	<b>Q<sub>d</sub> =</b>	<b>45.853</b>	kN/m
<b>Carico totale</b>	<b>Q =</b>	<b>52.510</b>	kN/m
Coeff. di sottofondo	<b>K =</b>	0.121	
Coeff. di deformazione differita	<b>F =</b>	1.5	
<b>Deformazione assoluta</b>	<b>Δd =</b>	19.41	mm
<b>Deformazione relativa %</b>	<b>δ =</b>	<b>3.882</b>	%
<b>Tubazione verificata</b>			

<b>Verifica secondo Marston-Spangler</b>			
<b>Dati dimensionali del Tubo</b>			
Diametro	<b>DN =</b>	<b>500</b>	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	<b>SN =</b>	<b>8</b>	kN/m <sup>2</sup>
Modulo di elasticità	$E_m =$	150000	kN/m <sup>2</sup>
Tipo di parete	<b>Corrugato</b>		
<b>Dati dello scavo</b>			
Larghezza	$B =$	0.800	m
Altezza sull'estradosso	$H =$	<b>3.00</b>	m
Tipologia del terreno indisturbato	<b>Terreno misto compatto</b>		
Tipologia del terreno di rinfiacco	<b>Terreno misto compatto</b>		
Peso specifico rinterro	$\gamma_t =$	20	kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito interno	$\varphi =$	35	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	$\mu =$	0.70	
Angolo di supporto	$2\alpha =$	<b>0</b>	°
Tipo di compattazione	<b>Moderata</b>		
Modulo di elasticità terreno	$E_t =$	7000	kN/m <sup>2</sup>
Altezza della falda sulla tubazione	$h =$	<b>0</b>	m
Peso specifico sommerso del riempimento	$\gamma' =$	16.4	
<b>Verifica tipo di trincea (UNI 7517)</b>	<b>Trincea stretta</b>		
<b>Determinazione carico statico</b>			
Coeff. di spinta attiva	$K_a =$	0.271	
Coeff. di carico statico	$\chi =$	2.000	
Carico idrostatico	$Q_{idr} =$	0.000	kN/m
<b>Carico statico</b>	$Q_{st} =$	<b>16.001</b>	kN/m
<b>Determinazione carico dinamico</b>			
Tipologia di traffico (DIN 1072)	<b>HT60</b>		
Carico per ruota	$P =$	100	kN/ruota
Coeff. dinamico	$\omega =$	1.1	
Tensione dinamica	$\sigma_z =$	16.734	kN/m <sup>2</sup>
<b>Carico dinamico</b>	$Q_d =$	<b>9.204</b>	kN/m
<b>Carico totale</b>	$Q =$	<b>25.205</b>	kN/m
Coeff. di sottofondo	$K =$	0.121	
Coeff. di deformazione differita	$F =$	1.5	
<b>Deformazione assoluta</b>	$\Delta d =$	9.32	mm
<b>Deformazione relativa %</b>	$\delta =$	<b>1.863</b>	%
<b>Tubazione verificata</b>			

<b>Verifica secondo Marston-Spangler</b>			
<b>Dati dimensionali del Tubo</b>			
Diametro	<b>DN =</b>	<b>630</b>	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	<b>SN =</b>	<b>8</b>	kN/m <sup>2</sup>
Modulo di elasticità	<b>E<sub>m</sub> =</b>	150000	kN/m <sup>2</sup>
Tipo di parete	<b>Corrugato</b>		
<b>Dati dello scavo</b>			
Larghezza	<b>B =</b>	1.000	m
Altezza sull'estradosso	<b>H =</b>	<b>0.80</b>	m
Tipologia del terreno indisturbato	<b>Terreno misto compatto</b>		
Tipologia del terreno di rinfiaccio	<b>Terreno misto compatto</b>		
Peso specifico rinterro	<b>γ<sub>r</sub> =</b>	20	kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito interno	<b>φ =</b>	35	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	<b>μ =</b>	0.70	°
Angolo di supporto	<b>2α =</b>	<b>0</b>	°
Tipo di compattazione	<b>Moderata</b>		
Modulo di elasticità terreno	<b>E<sub>t</sub> =</b>	7000	kN/m <sup>2</sup>
Altezza della falda sulla tubazione	<b>h =</b>	<b>0</b>	m
Peso specifico sommerso del riempimento	<b>γ' =</b>	16.4	
<b>Verifica tipo di trincea (UNI 7517)</b>	<b>Trincea larga</b>		
<b>Determinazione carico statico</b>			
Coeff. di spinta attiva	<b>K<sub>a</sub> =</b>	0.271	
Coeff. di carico statico	<b>χ =</b>	0.690	
Carico idrostatico	<b>Q<sub>idr</sub> =</b>	0.000	kN/m
<b>Carico statico</b>	<b>Q<sub>st</sub> =</b>	<b>10.080</b>	kN/m
<b>Determinazione carico dinamico</b>			
Tipologia di traffico (DIN 1072)	<b>HT60</b>		
Carico per ruota	<b>P =</b>	100	kN/ruota
Coeff. dinamico	<b>ω =</b>	1.375	
Tensione dinamica	<b>σ<sub>z</sub> =</b>	66.695	kN/m <sup>2</sup>
<b>Carico dinamico</b>	<b>Q<sub>d</sub> =</b>	<b>57.775</b>	kN/m
<b>Carico totale</b>	<b>Q =</b>	<b>67.855</b>	kN/m
Coeff. di sottofondo	<b>K =</b>	0.121	
Coeff. di deformazione differita	<b>F =</b>	1.5	
<b>Deformazione assoluta</b>	<b>Δd =</b>	25.08	mm
<b>Deformazione relativa %</b>	<b>δ =</b>	<b>3.981</b>	%
<b>Tubazione verificata</b>			

<b>Verifica secondo Marston-Spangler</b>			
<b>Dati dimensionali del Tubo</b>			
Diametro	<b>DN =</b>	<b>630</b>	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	<b>SN =</b>	<b>8</b>	kN/m <sup>2</sup>
Modulo di elasticità	$E_m =$	150000	kN/m <sup>2</sup>
Tipo di parete	<b>Corrugato</b>		
<b>Dati dello scavo</b>			
Larghezza	<b>B =</b>	1.000	m
Altezza sull'estradosso	<b>H =</b>	<b>3.00</b>	m
Tipologia del terreno indisturbato	<b>Terreno misto compatto</b>		
Tipologia del terreno di rinfiacco	<b>Terreno misto compatto</b>		
Peso specifico rinterro	$\gamma_r =$	20	kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito interno	$\varphi =$	35	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	$\mu =$	0.70	°
Angolo di supporto	<b>2<math>\alpha =</math></b>	<b>0</b>	°
Tipo di compattazione	<b>Moderata</b>		
Modulo di elasticità terreno	$E_t =$	7000	kN/m <sup>2</sup>
Altezza della falda sulla tubazione	<b>h =</b>	<b>0</b>	m
Peso specifico sommerso del riempimento	$\gamma' =$	16.4	
<b>Verifica tipo di trincea (UNI 7517)</b>	<b>Trincea stretta</b>		
<b>Determinazione carico statico</b>			
Coeff. di spinta attiva	$K_a =$	0.271	
Coeff. di carico statico	$\chi =$	1.791	
Carico idrostatico	$Q_{idr} =$	0.000	kN/m
<b>Carico statico</b>	<b><math>Q_{st} =</math></b>	<b>22.567</b>	kN/m
<b>Determinazione carico dinamico</b>			
Tipologia di traffico (DIN 1072)	<b>HT60</b>		
Carico per ruota	$P =$	100	kN/ruota
Coeff. dinamico	$\omega =$	1.1	
Tensione dinamica	$\sigma_z =$	16.734	kN/m <sup>2</sup>
<b>Carico dinamico</b>	<b><math>Q_d =</math></b>	<b>11.597</b>	kN/m
<b>Carico totale</b>	<b><math>Q =</math></b>	<b>34.164</b>	kN/m
Coeff. di sottofondo	$K =$	0.121	
Coeff. di deformazione differita	$F =$	1.5	
<b>Deformazione assoluta</b>	$\Delta d =$	12.63	mm
<b>Deformazione relativa %</b>	<b><math>\delta =</math></b>	<b>2.005</b>	%
<b>Tubazione verificata</b>			



<b>Verifica secondo Marston-Spangler</b>			
<b>Dati dimensionali del Tubo</b>			
Diametro	<b>DN =</b>	<b>800</b>	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	<b>SN =</b>	<b>8</b>	kN/m <sup>2</sup>
Modulo di elasticità	<b>E<sub>m</sub> =</b>	150000	kN/m <sup>2</sup>
Tipo di parete	<b>Corrugato</b>		
<b>Dati dello scavo</b>			
Larghezza	<b>B =</b>	1.100	m
Altezza sull'estradosso	<b>H =</b>	<b>0.80</b>	m
Tipologia del terreno indisturbato	<b>Terreno misto compatto</b>		
Tipologia del terreno di rinfiacco	<b>Terreno misto compatto</b>		
Peso specifico rinterro	<b>γ<sub>t</sub> =</b>	20	kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito interno	<b>φ =</b>	35	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	<b>μ =</b>	0.70	°
Angolo di supporto	<b>2α =</b>	<b>0</b>	°
Tipo di compattazione	<b>Moderata</b>		
Modulo di elasticità terreno	<b>E<sub>t</sub> =</b>	7000	kN/m <sup>2</sup>
Altezza della falda sulla tubazione	<b>h =</b>	<b>0</b>	m
Peso specifico sommerso del riempimento	<b>γ' =</b>	16.4	
<b>Verifica tipo di trincea (UNI 7517)</b>	<b>Trincea larga</b>		
<b>Determinazione carico statico</b>			
Coeff. di spinta attiva	<b>K<sub>a</sub> =</b>	0.271	
Coeff. di carico statico	<b>χ =</b>	0.636	
Carico idrostatico	<b>Q<sub>idr</sub> =</b>	0.000	kN/m
<b>Carico statico</b>	<b>Q<sub>st</sub> =</b>	<b>12.800</b>	kN/m
<b>Determinazione carico dinamico</b>			
Tipologia di traffico (DIN 1072)	<b>HT60</b>		
Carico per ruota	<b>P =</b>	100	kN/ruota
Coeff. dinamico	<b>ω =</b>	1.375	
Tensione dinamica	<b>σ<sub>z</sub> =</b>	66.695	kN/m <sup>2</sup>
<b>Carico dinamico</b>	<b>Q<sub>d</sub> =</b>	<b>73.365</b>	kN/m
<b>Carico totale</b>	<b>Q =</b>	<b>86.165</b>	kN/m
Coeff. di sottofondo	<b>K =</b>	0.121	
Coeff. di deformazione differita	<b>F =</b>	1.5	
<b>Deformazione assoluta</b>	<b>Δd =</b>	31.85	mm
<b>Deformazione relativa %</b>	<b>δ =</b>	<b>3.981</b>	%
<b>Tubazione verificata</b>			

<b>Verifica secondo Marston-Spangler</b>			
<b>Dati dimensionali del Tubo</b>			
Diametro	<b>DN =</b>	<b>800</b>	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	<b>SN =</b>	<b>8</b>	kN/m <sup>2</sup>
Modulo di elasticità	<b>E<sub>m</sub> =</b>	<b>150000</b>	kN/m <sup>2</sup>
Tipo di parete	<b>Corrugato</b>		
<b>Dati dello scavo</b>			
Larghezza	<b>B =</b>	<b>1.100</b>	m
Altezza sull'estradosso	<b>H =</b>	<b>3.00</b>	m
Tipologia del terreno indisturbato	<b>Terreno misto compatto</b>		
Tipologia del terreno di rinfiacco	<b>Terreno misto compatto</b>		
Peso specifico rinterro	<b>γ<sub>t</sub> =</b>	<b>20</b>	kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito interno	<b>φ =</b>	<b>35</b>	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	<b>μ =</b>	<b>0.70</b>	°
Angolo di supporto	<b>2α =</b>	<b>0</b>	°
Tipo di compattazione	<b>Moderata</b>		
Modulo di elasticità terreno	<b>E<sub>t</sub> =</b>	<b>7000</b>	kN/m <sup>2</sup>
Altezza della falda sulla tubazione	<b>h =</b>	<b>0</b>	m
Peso specifico sommerso del riempimento	<b>γ' =</b>	<b>16.4</b>	
<b>Verifica tipo di trincea (UNI 7517)</b>	<b>Trincea stretta</b>		
<b>Determinazione carico statico</b>			
Coeff. di spinta attiva	<b>K<sub>a</sub> =</b>	<b>0.271</b>	
Coeff. di carico statico	<b>χ =</b>	<b>1.699</b>	
Carico idrostatico	<b>Q<sub>idr</sub> =</b>	<b>0.000</b>	kN/m
<b>Carico statico</b>	<b>Q<sub>st</sub> =</b>	<b>29.903</b>	kN/m
<b>Determinazione carico dinamico</b>			
Tipologia di traffico (DIN 1072)	<b>HT60</b>		
Carico per ruota	<b>P =</b>	<b>100</b>	kN/ruota
Coeff. dinamico	<b>ω =</b>	<b>1.1</b>	
Tensione dinamica	<b>σ<sub>z</sub> =</b>	<b>16.734</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Carico dinamico</b>	<b>Q<sub>d</sub> =</b>	<b>14.726</b>	kN/m
<b>Carico totale</b>	<b>Q =</b>	<b>44.629</b>	kN/m
Coeff. di sottofondo	<b>K =</b>	<b>0.121</b>	
Coeff. di deformazione differita	<b>F =</b>	<b>1.5</b>	
<b>Deformazione assoluta</b>	<b>Δd =</b>	<b>16.50</b>	mm
<b>Deformazione relativa %</b>	<b>δ =</b>	<b>2.062</b>	%
<b>Tubazione verificata</b>			

<b>Verifica secondo Marston-Spangler</b>			
<b>Dati dimensionali del Tubo</b>			
Diametro	<b>DN =</b>	<b>1000</b>	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	<b>SN =</b>	<b>8</b>	kN/m <sup>2</sup>
Modulo di elasticità	<b>E<sub>m</sub> =</b>	<b>150000</b>	kN/m <sup>2</sup>
Tipo di parete	<b>Corrugato</b>		
<b>Dati dello scavo</b>			
Larghezza	<b>B =</b>	<b>1.300</b>	m
Altezza sull'estradosso	<b>H =</b>	<b>0.80</b>	m
Tipologia del terreno indisturbato	<b>Terreno misto compatto</b>		
Tipologia del terreno di rinfilanco	<b>Terreno misto compatto</b>		
Peso specifico rinterro	<b>γ<sub>r</sub> =</b>	<b>20</b>	kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito interno	<b>φ =</b>	<b>35</b>	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	<b>μ =</b>	<b>0.70</b>	°
Angolo di supporto	<b>2α =</b>	<b>0</b>	°
Tipo di compattazione	<b>Moderata</b>		
Modulo di elasticità terreno	<b>E<sub>t</sub> =</b>	<b>7000</b>	kN/m <sup>2</sup>
Altezza della falda sulla tubazione	<b>h =</b>	<b>0</b>	m
Peso specifico sommerso del riempimento	<b>γ' =</b>	<b>16.4</b>	
<b>Verifica tipo di trincea (UNI 7517)</b>	<b>Trincea larga</b>		
<b>Determinazione carico statico</b>			
Coeff. di spinta attiva	<b>K<sub>a</sub> =</b>	<b>0.271</b>	
Coeff. di carico statico	<b>χ =</b>	<b>0.549</b>	
Carico idrostatico	<b>Q<sub>idr</sub> =</b>	<b>0.000</b>	kN/m
<b>Carico statico</b>	<b>Q<sub>st</sub> =</b>	<b>16.000</b>	kN/m
<b>Determinazione carico dinamico</b>			
Tipologia di traffico (DIN 1072)	<b>HT60</b>		
Carico per ruota	<b>P =</b>	<b>100</b>	kN/ruota
Coeff. dinamico	<b>ω =</b>	<b>1.375</b>	
Tensione dinamica	<b>σ<sub>z</sub> =</b>	<b>66.695</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Carico dinamico</b>	<b>Q<sub>d</sub> =</b>	<b>91.706</b>	kN/m
<b>Carico totale</b>	<b>Q =</b>	<b>107.706</b>	kN/m
Coeff. di sottofondo	<b>K =</b>	<b>0.121</b>	
Coeff. di deformazione differita	<b>F =</b>	<b>1.5</b>	
<b>Deformazione assoluta</b>	<b>Δd =</b>	<b>39.81</b>	mm
<b>Deformazione relativa %</b>	<b>δ =</b>	<b>3.981</b>	%
<b>Tubazione verificata</b>			

<b>Verifica secondo Marston-Spangler</b>			
<b>Dati dimensionali del Tubo</b>			
Diametro	<b>DN =</b>	<b>1000</b>	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	<b>SN =</b>	<b>8</b>	kN/m <sup>2</sup>
Modulo di elasticità	<b>E<sub>m</sub> =</b>	<b>150000</b>	kN/m <sup>2</sup>
Tipo di parete	<b>Corrugato</b>		
<b>Dati dello scavo</b>			
Larghezza	<b>B =</b>	<b>1.300</b>	m
Altezza sull'estradosso	<b>H =</b>	<b>3.00</b>	m
Tipologia del terreno indisturbato	<b>Terreno misto compatto</b>		
Tipologia del terreno di rinfilanco	<b>Terreno misto compatto</b>		
Peso specifico rinterro	<b>γ<sub>t</sub> =</b>	<b>20</b>	kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito interno	<b>φ =</b>	<b>35</b>	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	<b>μ =</b>	<b>0.70</b>	
Angolo di supporto	<b>2α =</b>	<b>0</b>	°
Tipo di compattazione	<b>Moderata</b>		
Modulo di elasticità terreno	<b>E<sub>t</sub> =</b>	<b>7000</b>	kN/m <sup>2</sup>
Altezza della falda sulla tubazione	<b>h =</b>	<b>0</b>	m
Peso specifico sommerso del riempimento	<b>γ' =</b>	<b>16.4</b>	
<b>Verifica tipo di trincea (UNI 7517)</b>	<b>Trincea stretta</b>		
<b>Determinazione carico statico</b>			
Coeff. di spinta attiva	<b>K<sub>a</sub> =</b>	<b>0.271</b>	
Coeff. di carico statico	<b>χ =</b>	<b>1.537</b>	
Carico idrostatico	<b>Q<sub>idr</sub> =</b>	<b>0.000</b>	kN/m
<b>Carico statico</b>	<b>Q<sub>st</sub> =</b>	<b>39.973</b>	kN/m
<b>Determinazione carico dinamico</b>			
Tipologia di traffico (DIN 1072)	<b>HT60</b>		
Carico per ruota	<b>P =</b>	<b>100</b>	kN/ruota
Coeff. dinamico	<b>ω =</b>	<b>1.1</b>	
Tensione dinamica	<b>σ<sub>z</sub> =</b>	<b>16.734</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Carico dinamico</b>	<b>Q<sub>d</sub> =</b>	<b>18.407</b>	kN/m
<b>Carico totale</b>	<b>Q =</b>	<b>58.381</b>	kN/m
Coeff. di sottofondo	<b>K =</b>	<b>0.121</b>	
Coeff. di deformazione differita	<b>F =</b>	<b>1.5</b>	
<b>Deformazione assoluta</b>	<b>Δd =</b>	<b>21.58</b>	mm
<b>Deformazione relativa %</b>	<b>δ =</b>	<b>2.158</b>	%
<b>Tubazione verificata</b>			

<b>Verifica secondo Marston-Spangler</b>			
<b>Dati dimensionali del Tubo</b>			
Diametro	<b>DN =</b>	<b>1200</b>	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	<b>SN =</b>	<b>8</b>	kN/m <sup>2</sup>
Modulo di elasticità	$E_m =$	150000	kN/m <sup>2</sup>
Tipo di parete	<b>Corrugato</b>		
<b>Dati dello scavo</b>			
Larghezza	<b>B =</b>	1.500	m
Altezza sull'estradosso	<b>H =</b>	<b>0.80</b>	m
Tipologia del terreno indisturbato	<b>Terreno misto compatto</b>		
Tipologia del terreno di rinfiacco	<b>Terreno misto compatto</b>		
Peso specifico rinterro	$\gamma_t =$	20	kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito interno	$\varphi =$	35	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	$\mu =$	0.70	°
Angolo di supporto	<b>2<math>\alpha</math> =</b>	<b>0</b>	°
Tipo di compattazione	<b>Moderata</b>		
Modulo di elasticità terreno	$E_t =$	7000	kN/m <sup>2</sup>
Altezza della falda sulla tubazione	<b>h =</b>	<b>0</b>	m
Peso specifico sommerso del riempimento	$\gamma' =$	16.4	
<b>Verifica tipo di trincea (UNI 7517)</b>	<b>Trincea larga</b>		
<b>Determinazione carico statico</b>			
Coeff. di spinta attiva	$K_a =$	0.271	
Coeff. di carico statico	$\chi =$	0.483	
Carico idrostatico	$Q_{idr} =$	0.000	kN/m
<b>Carico statico</b>	<b><math>Q_{st} =</math></b>	<b>19.200</b>	kN/m
<b>Determinazione carico dinamico</b>			
Tipologia di traffico (DIN 1072)	<b>HT60</b>		
Carico per ruota	$P =$	100	kN/ruota
Coeff. dinamico	$\omega =$	1.375	
Tensione dinamica	$\sigma_z =$	66.695	kN/m <sup>2</sup>
<b>Carico dinamico</b>	<b><math>Q_d =</math></b>	<b>110.047</b>	kN/m
<b>Carico totale</b>	<b><math>Q =</math></b>	<b>129.247</b>	kN/m
Coeff. di sottofondo	$K =$	0.121	
Coeff. di deformazione differita	$F =$	1.5	
<b>Deformazione assoluta</b>	$\Delta d =$	47.78	mm
<b>Deformazione relativa %</b>	<b><math>\delta =</math></b>	<b>3.981</b>	%
<b>Tubazione verificata</b>			

<b>Verifica secondo Marston-Spangler</b>			
<b>Dati dimensionali del Tubo</b>			
Diametro	<b>DN =</b>	<b>1200</b>	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	<b>SN =</b>	<b>8</b>	kN/m <sup>2</sup>
Modulo di elasticità	<b>E<sub>m</sub> =</b>	<b>150000</b>	kN/m <sup>2</sup>
Tipo di parete	<b>Corrugato</b>		
<b>Dati dello scavo</b>			
Larghezza	<b>B =</b>	<b>1.500</b>	m
Altezza sull'estradosso	<b>H =</b>	<b>3.00</b>	m
Tipologia del terreno indisturbato	<b>Terreno misto compatto</b>		
Tipologia del terreno di rinfilanco	<b>Terreno misto compatto</b>		
Peso specifico rinterro	<b>γ<sub>t</sub> =</b>	<b>20</b>	kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito interno	<b>φ =</b>	<b>35</b>	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	<b>μ =</b>	<b>0.70</b>	°
Angolo di supporto	<b>2α =</b>	<b>0</b>	°
Tipo di compattazione	<b>Moderata</b>		
Modulo di elasticità terreno	<b>E<sub>t</sub> =</b>	<b>7000</b>	kN/m <sup>2</sup>
Altezza della falda sulla tubazione	<b>h =</b>	<b>0</b>	m
Peso specifico sommerso del riempimento	<b>γ' =</b>	<b>16.4</b>	
<b>Verifica tipo di trincea (UNI 7517)</b>	<b>Trincea stretta</b>		
<b>Determinazione carico statico</b>			
Coeff. di spinta attiva	<b>K<sub>a</sub> =</b>	<b>0.271</b>	
Coeff. di carico statico	<b>χ =</b>	<b>1.401</b>	
Carico idrostatico	<b>Q<sub>idr</sub> =</b>	<b>0.000</b>	kN/m
<b>Carico statico</b>	<b>Q<sub>st</sub> =</b>	<b>50.454</b>	kN/m
<b>Determinazione carico dinamico</b>			
Tipologia di traffico (DIN 1072)	<b>HT60</b>		
Carico per ruota	<b>P =</b>	<b>100</b>	kN/ruota
Coeff. dinamico	<b>ω =</b>	<b>1.1</b>	
Tensione dinamica	<b>σ<sub>z</sub> =</b>	<b>16.734</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Carico dinamico</b>	<b>Q<sub>d</sub> =</b>	<b>22.089</b>	kN/m
<b>Carico totale</b>	<b>Q =</b>	<b>72.543</b>	kN/m
Coeff. di sottofondo	<b>K =</b>	<b>0.121</b>	
Coeff. di deformazione differita	<b>F =</b>	<b>1.5</b>	
<b>Deformazione assoluta</b>	<b>Δd =</b>	<b>26.82</b>	mm
<b>Deformazione relativa %</b>	<b>δ =</b>	<b>2.235</b>	%
<b>Tubazione verificata</b>			

## APPENDICE A

### VERIFICHE ELEMENTI DI RACCOLTA

Tipologia	Carreggiata	L tratto (m)	B (m)	A drenata (m <sup>2</sup> )	i <sub>i</sub> (-)	i <sub>t</sub> (-)	L <sub>eff</sub> (m)	i (-)	T <sub>a</sub> (min)	Q (l/s)	q (l/s/m)	Q <sub>eff</sub> (l/s)	B (m)	Interasse
Embrici	Castel S. Pietro tratto 1	78	9.0	1407	0.10%	2.5%	15.0	2.5%	4.32	72	0.93	9	2.0	<b>10</b>
Embrici	Castel S. Pietro tratto 2	66	9.0	1348	0.10%	2.5%	15.0	2.5%	4.32	69	1.05	11	2.0	<b>10</b>
Embrici	Castel S. Pietro tratto 3	187	9.0	1134	0.10%	2.5%	15.0	2.5%	4.32	58	0.31	3	2.0	<b>10</b>
Embrici	Castel S. Pietro tratto 4	50	9.0	591	0.10%	2.5%	15.0	2.5%	4.32	30	0.61	6	2.0	<b>10</b>
Embrici	Castel S. Pietro tratto 5+6	144	3.25	556	0.10%	2.5%	3.25	2.5%	3.00	33	0.23	2	2.0	<b>10</b>
Embrici	Toscanello tratto 1	26	7	111	0.10%	1.5%	7.01554	1.5%	3.50	6	0.24	4	3.0	<b>15</b>
Embrici	Toscanello tratto 2	91	7	912	0.10%	1.5%	7.01554	1.5%	3.50	51	0.56	6	3.0	<b>10</b>
Caditoia grigliata	Toscanello tratto 3	53	7	478	0.10%	2.5%	7.0056	2.5%	3.00	29	0.54	5	2.0	<b>10</b>
Embrici	Toscanello tratto 4	88	7	871	0.10%	1.5%	7.01554	1.5%	3.50	49	0.56	6	3.0	<b>10</b>
Caditoia grigliata	Solarolo tratto 1	105	7	933	0.10%	2.5%	7.0056	2.5%	3.00	56	0.54	8	2.0	<b>15</b>
Embrici	Solarolo tratto 2	121	7	869	0.10%	2.5%	7.0056	2.5%	3.00	52	0.43	4	2.0	<b>10</b>
Embrici	Solarolo tratto 3	33	7	336	0.10%	2.5%	7.0056	2.5%	3.00	20	0.61	6	2.0	<b>10</b>
Embrici	Solarolo tratto 4	51	7	696	0.10%	2.5%	7.0056	2.5%	3.00	42	0.82	8	2.0	<b>10</b>

## APPENDICE B

### VERIFICHE ELEMENTI DI CONVOGLIAMENTO

Pozzetto di origine	L	Pk	A drenata (m <sup>2</sup> )	Ta (min)	i (mm/h)	pendenza (%)	Q (l/s)	DN (mm)	r (m)	φ (rad)	tirante h (m)	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R idr (m)	h/D max 0.8	V (m/s) min 0.5
PTO11	50	0.000	350	4.40	184	0.20	18	400	0.17	2.55	0.12	0.03	0.44	0.07	0.35	0.60
PTO12	16	0.050	553	4.80	177	0.20	27	400	0.17	2.93	0.15	0.04	0.51	0.08	0.45	0.67
PTO13	29	0.079	203	3.54	202	0.90	11	400	0.17	1.82	0.07	0.01	0.32	0.04	0.19	0.89
PSO12	35	0.035	490	3.00	217	1.94	29	400	0.17	2.12	0.09	0.02	0.37	0.05	0.26	1.55
PSO13	35	0.070	245	3.00	217	0.20	15	400	0.17	2.41	0.11	0.03	0.42	0.06	0.32	0.56
PSO14	23	0.105	245	3.75	197	0.20	13	800	0.34	1.45	0.09	0.03	0.49	0.05	0.13	0.51



## APPENDICE C

### VERIFICHE FOSSI DI LAMINAZIONE

Fosso	Tipo	i	Quota SX	Quota DX	L dren	L fosso	A tot prog	Q tot prog	Qout bocca tarata	Yu	V min	Vtot utile		Vol LAM	Vol disp LAM	
		(%)	(m slm)	(m slm)	(m)	(m)	(mq)	(mc/s)	(mc/s)	(m)	(mc)	(mc)		(mc)	(mc)	
Castel S. Pietro 1	FI2	0.09	52.90	52.80	108	108	1796	15	0.003	0.03	90	94	OK	89	91	OK
Castel S. Pietro 2	FI2	0.11	52.60	52.50	94	94	1471	15	0.002	0.03	74	81	OK	73	79	OK
Castel S. Pietro 3	FI2	0.20	52.80	52.70	50	50	771	15	0.001	0.02	39	43	OK	38	43	OK
Castel S. Pietro 4	FI2	0.19	52.70	52.42	144	144	1074	15	0.002	0.02	54	97	OK	53	95	OK
Castel S. Pietro 5	FI2	0.11	52.60	52.50	94	94	893	15	0.001	0.02	45	81	OK	44	80	OK
Toscanello 1	FR3	0.20	44.04	44.00	26	21	233	15	0.000	0.01	12	29	OK	12	29	OK
Toscanello 2	FR3	0.20	44.18	44.00	91	88	1393	15	0.002	0.01	70	107	OK	69	106	OK
Toscanello 3	FR3	0.20	43.67	43.51	88	76	1307	15	0.004	0.02	65	95	OK	56	93	OK
Solarolo 1	FI3	0.21	26.95	26.70	121	121	1482	15	0.002	0.02	74	99	OK	74	97	OK
Solarolo 2	FI3	0.30	27.10	27.00	33	33	573	15	0.001	0.01	29	33	OK	28	33	OK
Solarolo 3	FI3	0.12	27.21	27.15	51	51	1040	15	0.002	0.02	52	54	OK	52	53	OK