

# AUTOSTRADA (A14): BOLOGNA-BARI-TARANTO

## TRATTO: NUOVO SVINCOLO DI PONTE RIZZOLI – DIRAMAZIONE RAVENNA AMPLIAMENTO ALLA QUARTA CORSIA

### PROGETTO ESECUTIVO

#### NUOVO SVINCOLO DI SOLAROLO

#### IDROLOGIA E IDRAULICA Parte generale

#### Relazione idrologica-idraulica

##### IL PROGETTISTA SPECIALISTICO

Ing. Paolo De Paoli  
Ord. Ingg. Pavia N. 1739  
Responsabile Idrologia e Idraulica

##### IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Federica Ferrari  
Ord. Ingg. Milano N. A21082

##### IL DIRETTORE TECNICO

Ing. Orlando Mazza  
Ord. Ingg. Pavia N. 1496  
Progettazione Nuove Opere Stradali

##### CODICE IDENTIFICATIVO

RIFERIMENTO PROGETTO		RIFERIMENTO DIRETTORIO					RIFERIMENTO ELABORATO				Ordinatore <b>01</b>
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	WBS	PARTE D'OPERA	Tipo	Disciplina	Progressivo	Rev.	
111447	LL00	PE	S4	IDR	GE000	00000	R	IDR	0201	1	SCALA -

	PROJECT MANAGER:		SUPPORTO SPECIALISTICO:				REVISIONE	
	Ing. Federica Ferrari Ord. Ingg. Milano N. A21082						n.	data
							0	NOVEMBRE 2017
							1	GENNAIO 2018
REDATTO:		VERIFICATO:						

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

## Sommario

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. INQUADRAMENTO NORMATIVO .....</b>	<b>4</b>
2.1. NORMATIVA NAZIONALE .....	4
2.2. NORMATIVA REGIONALE .....	5
2.3. NORMATIVA LOCALE: AUTORITÀ DI BACINO.....	6
2.4. PRESCRIZIONI IN FASE DI V.I.A.: CONSORZIO DI BONIFICA.....	6
<b>3. IDROLOGIA .....</b>	<b>7</b>
<b>4. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI .....</b>	<b>14</b>
4.1. CONSIDERAZIONI GENERALI.....	14
4.2. FUNZIONAMENTO DEI PRESIDI IDRAULICI .....	14
<b>5. CALCOLO DELLE PORTATE DI PROGETTO .....</b>	<b>15</b>
5.1. SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO .....	15
5.2. IL METODO RAZIONALE .....	15
<b>6. DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DELLA RETE .....</b>	<b>17</b>
6.1. DIMENSIONAMENTO DEGLI ELEMENTI DI RACCOLTA .....	17
6.2. DIMENSIONAMENTO DEGLI ELEMENTI DI CONVOGLIAMENTO E LAMINAZIONE.....	18
6.2.1. <i>Collettori circolari</i> .....	18
6.2.2. <i>Fossi di guardia e tombini</i> .....	21
6.2.3. <i>Manufatti di controllo</i> .....	22
<b>7. IMPIANTI DI TRATTAMENTO.....</b>	<b>24</b>
7.1. TRATTAMENTO ACQUE BIANCHE: PRESIDI IDRAULICI.....	24
7.2. TRATTAMENTO ACQUE NERE: FOSSA IMHOFF.....	25

## Indice delle Tabelle e delle Figure

TABELLA 3-1. PARAMETRI DELLE CURVE DI CRESCITA RELATIVE AL MODELLO TCEV PER LE VARIE DURATE.....	7
FIGURA 3-1. ZONE OMOGENEE CON RIFERIMENTO REGIME DI FREQUENZA DELLE PIOGGE INTENSE.....	8
FIGURA 3-2. ISOLINEE DELLE ALTEZZE MEDIE DI PIOGGIA MASSIME ANNUALI DELLA DURATA DI 1 GIORNO (A) E 1 ORA (B). ....	9
TABELLA 3-2. VALORI DEI PARAMETRI DELLE LSPP PER DIVERSI TR .....	9
TABELLA 3-3. RAPPORTI $R_{\delta}$ TRA LE ALTEZZE DI DURATA D MOLTO BREVE E L'ALTEZZA ORARIA.....	10
TABELLA 3-4. ALTEZZE DI PIOGGIA [IN MM] PER DIFFERENTI $T_R$ .....	10
FIGURA 3-3. CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA TR 25 .....	10
FIGURA 3-4. CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA TR 50 .....	11
FIGURA 3-5. CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA TR 100 .....	11
FIGURA 3-6. CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA TR 200 .....	12
TABELLA 3-5. PARAMETRI CARATTERISTICI DELLE CPP .....	12
FIGURA 3-7. ALTEZZE DI PIOGGIA IN FUNZIONE DEL TEMPO DI RITORNO E DELLA DURATA DELL'EVENTO .....	13
FIGURA 3-8. INTENSITÀ DI PIOGGIA IN FUNZIONE DEL TEMPO DI RITORNO E DELLA DURATA DELL'EVENTO.....	13
TABELLA 6-1. DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CANALETTE GRIGLIATE. ....	18
TABELLA 6-2. DIAMETRI INTERNI DEI COLLETTORI IN PEAD SN 8 kN/M <sup>2</sup> .....	19
TABELLA 6-3. VERIFICA E DIMENSIONAMENTO COLLETTORI.....	20
FIGURA 7-1. PRESIDIO IDRAULICO: SCHEMA DI FUNZIONAMENTO .....	24
TABELLA 7-1. PROVA DI PERCOLAZIONE .....	26

## 1. PREMESSA

La presente relazione affronta i caratteri generali dell'idrologia e dell'idraulica della zona interessata dalla realizzazione del nuovo svincolo autostradale di Solarolo lungo l'Autostrada A14 Bologna - Bari – Taranto, ricadente nel territorio del Comune di Castel Bolognese (RA).

In particolare, l'intervento oggetto della presente relazione riguarda lo studio del sistema di raccolta, smaltimento e successivo trattamento delle acque meteoriche che incidono sulla piattaforma stradale del piazzale di stazione

La rete drenante ha lo scopo di raccogliere le acque superficiali che interessano la piattaforma stradale, evitando che queste formino dannosi ristagni, e di recuperare le acque di infiltrazione, impedendo che queste vadano ad interessare il sottofondo stradale.

Visto il costante passaggio di veicoli, anche in sosta temporanea, nei pressi della stazione, è stata posta una particolare attenzione alla raccolta e al trattamento delle acque di prima pioggia.

Il sistema di drenaggio del piazzale di esazione è di tipo chiuso. L'acqua di piattaforma, prima di essere immessa nel reticolo naturale, viene trattata tramite un impianto di disoleazione e sedimentazione, onde consentire sia la deposizione del materiale trasportato in sospensione sia la flottazione degli oli e degli idrocarburi, con l'obiettivo finale di preservare il corpo idrico ricettore dallo sversamento di tali sostanze inquinanti.

Il recapito delle acque trattate è costituito dai fossi di guardia, da questi le acque saranno convogliate ai ricettori idrici superficiali presenti o al sistema di smaltimento autostradale.

Si analizzano di seguito le metodologie e le relative elaborazioni per il calcolo della pioggia di progetto preposta alla determinazione della massima portata defluente dalla superficie pavimentata, necessaria per il dimensionamento delle opere di smaltimento delle acque meteoriche.

## 2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

Si riportano i principali riferimenti normativi e gli strumenti di pianificazione e di tutela presenti sul territorio, a scala nazionale, regionale, al fine di fornire un quadro esaustivo della normativa vigente nel campo idrologico - idraulico, ambientale e di difesa del suolo.

### 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.

## 2.2. **NORMATIVA REGIONALE**

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.

LR n. 42 del 02.08.1984

Nuove norme in materia di enti di bonifica. Delega di funzioni amministrative

LR n. 25 del 25.05.1992

Norme per il funzionamento dell'Autorità di Bacino del Reno.

Delibera della Giunta Regionale n.2003/567 del 07.04.2003

Approvazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico per il Bacino del fiume Reno e dei Torrenti Idice, Santerno e Sillaro, ai sensi dell'art. 19 della L. 183/1989 e successive modificazioni.

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.”*

Per tutti corsi d’acqua si è adattato il criterio di recuperare tali volumi nei fossi e in vasche in terra; per i corsi d’acqua artificiali si è perseguito, oltre a questo criterio, il principio dell’invarianza.

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.

### 3. IDROLOGIA

Per la progettazione dei sistemi di drenaggio è stato necessario caratterizzare dal punto di vista idrologico la zona oggetto d'intervento.

Per il calcolo dell'intensità di pioggia si ricorre alla formula:

$$i = a t^{(n-1)}$$

Per la determinazione del regime pluviometrico nell'area d'interesse, e quindi dei parametri a e n, 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 per le quali valgono i seguenti valori dei parametri della curva di crescita.

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

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

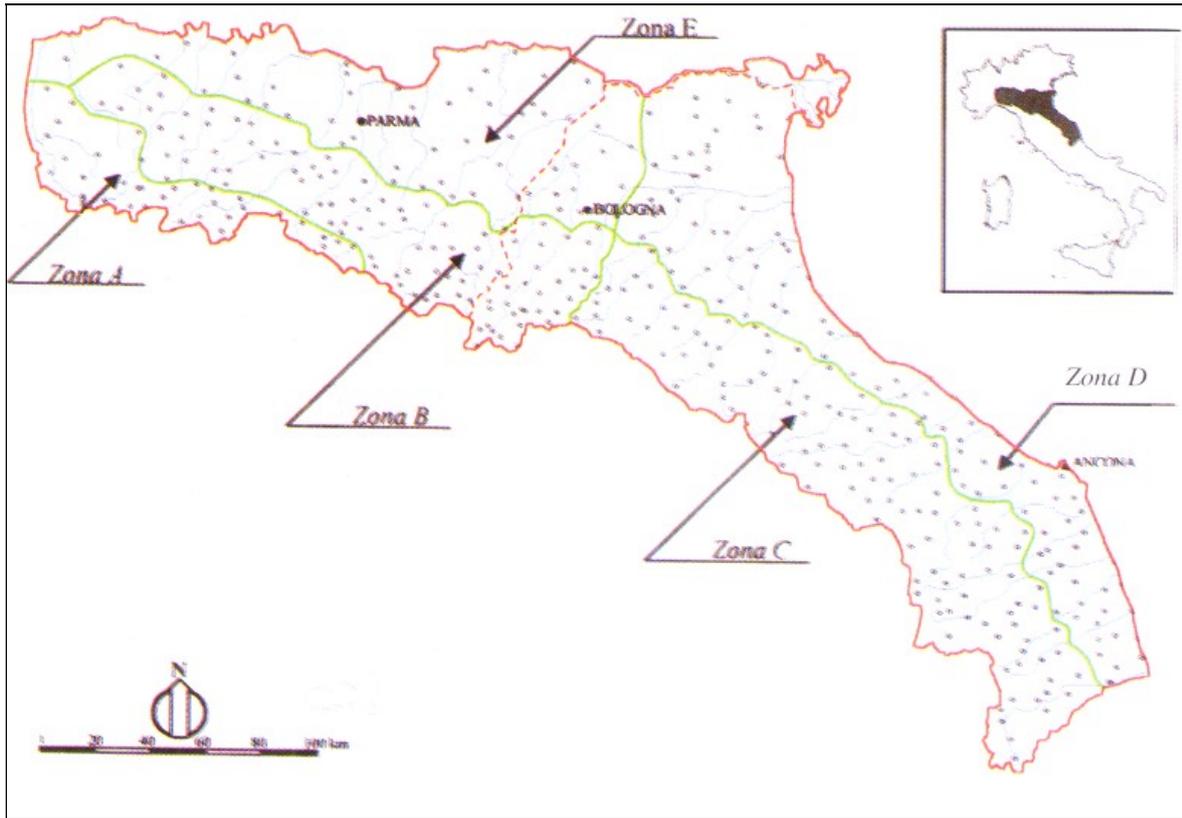


Figura 3-1. Zone omogenee con riferimento regime di frequenza delle piogge intense

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;

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

Per la determinazione dei parametri  $m_1$  e  $m_G$  si fa riferimento alle isolinee riportate in figura.

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:

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

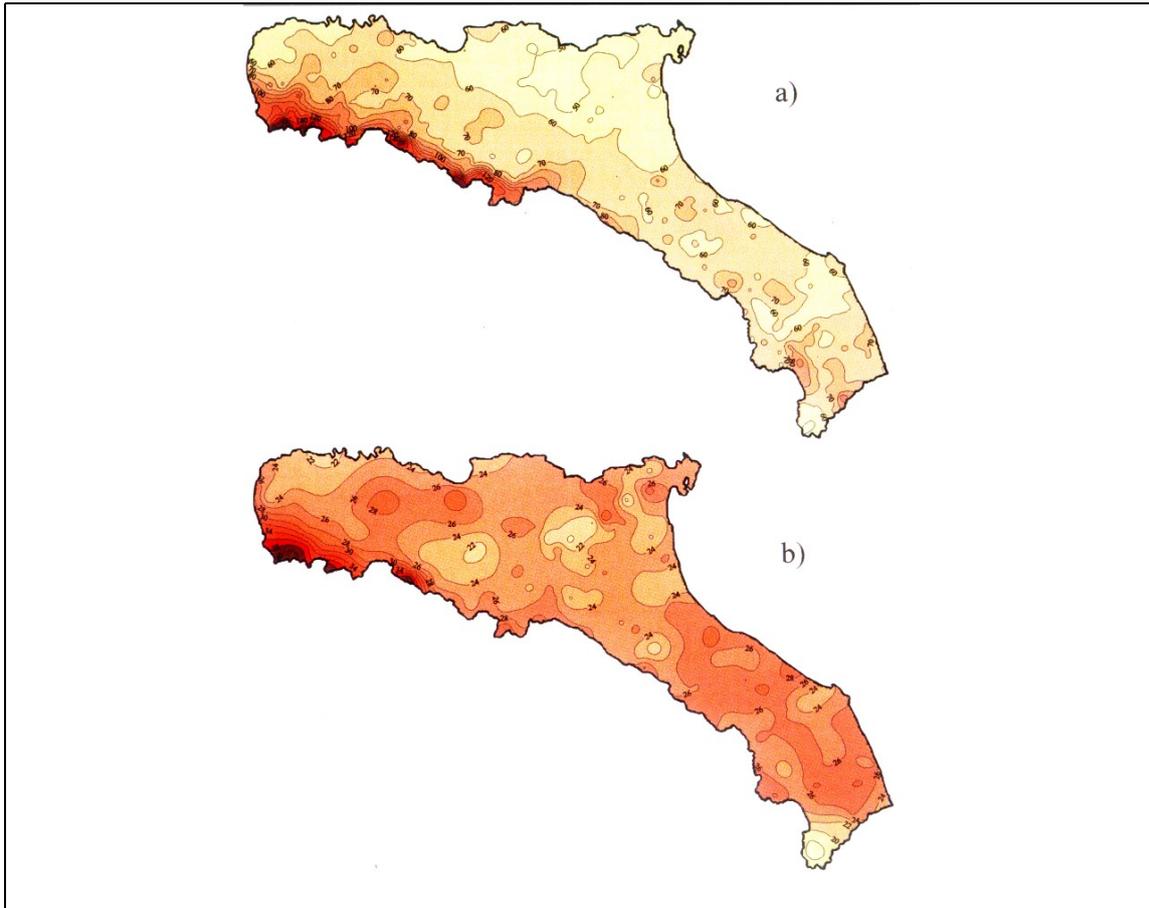


Figura 3-2. Isolinee delle altezze medie di pioggia massime annuali della durata di 1 giorno (a) e 1 ora (b).

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

La tabella seguente riporta i valori calcolati per i parametri  $a$  e  $n$  delle LSPP.

$a$ (25 anni)	$a$ (50 anni)	$a$ (100 anni)	$a$ (200 anni)	$n$
45.52	53.33	61.52	69.88	0.32

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

La definizione delle piogge di breve durata, tipicamente inferiore all'ora, è stata definita in base ai rapporti  $r_\delta$  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.

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

Tabella 3-3. Rapporti r<sub>δ</sub> tra le altezze di durata d molto breve e l'altezza oraria

t [min]	1	2	3	4	5	15	30	45	1h	3h	6h	12h	24h
25	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
50	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
100	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
200	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

Tabella 3-4. Altezze di pioggia [in mm] per differenti T<sub>R</sub>

In base ai valori di altezze di pioggia ricavate per durate comprese tra 1 minuto e 24 ore si è operata un' opportuna interpolazione tale da limitare l'errore.

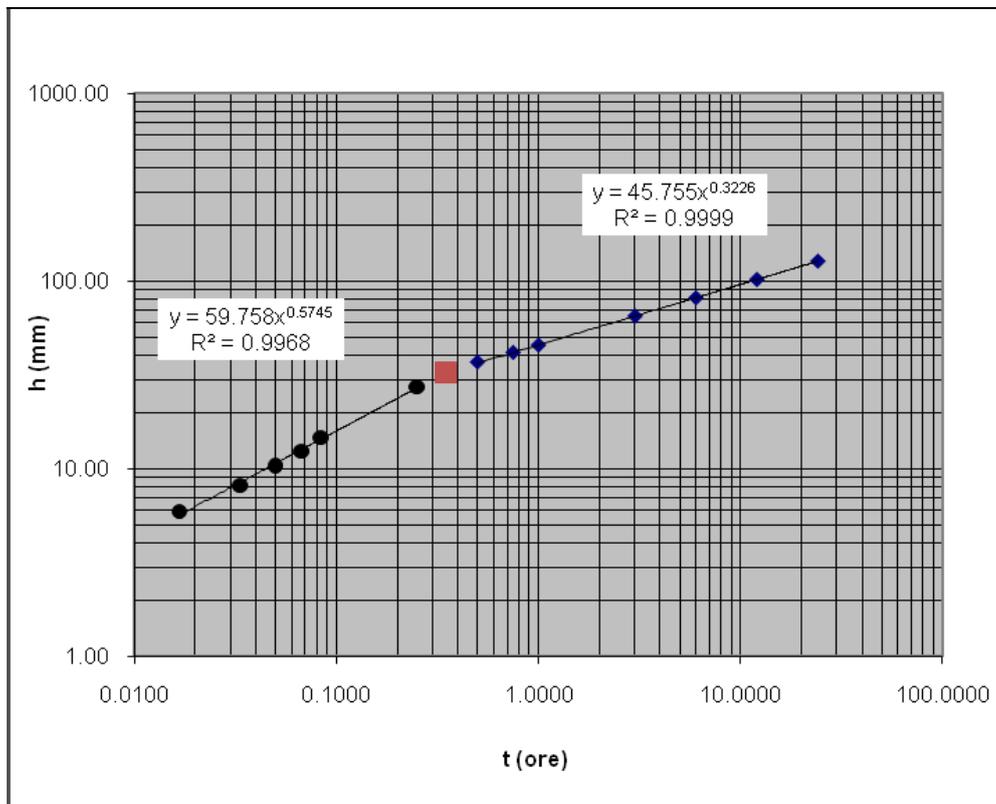


Figura 3-3. Curve di possibilità pluviometrica TR 25

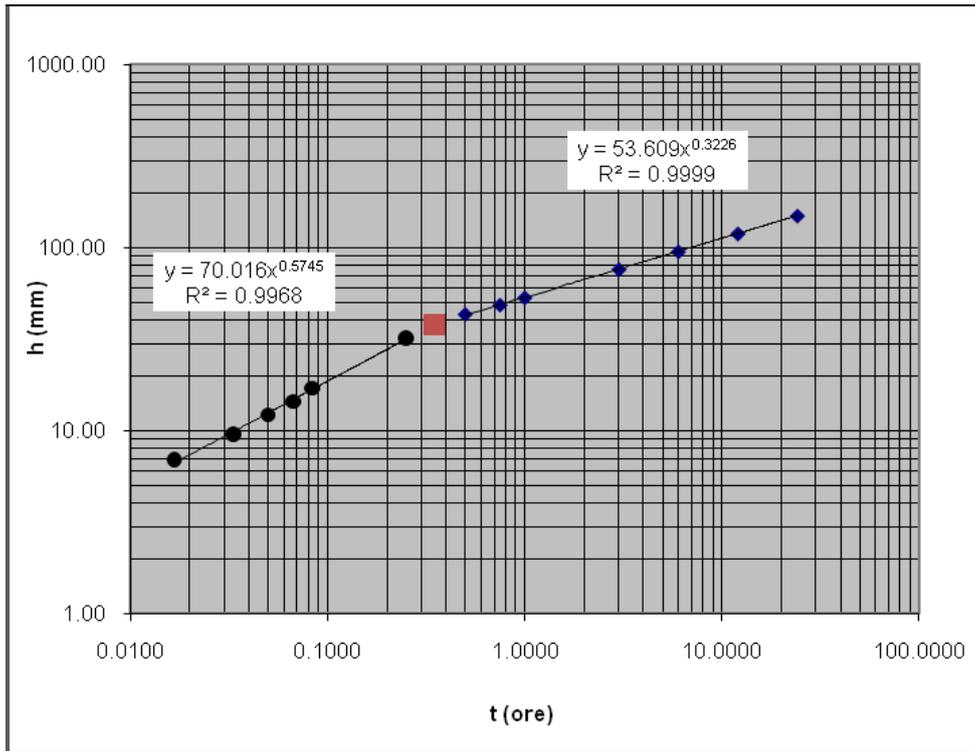


Figura 3-4. Curve di possibilità pluviometrica TR 50

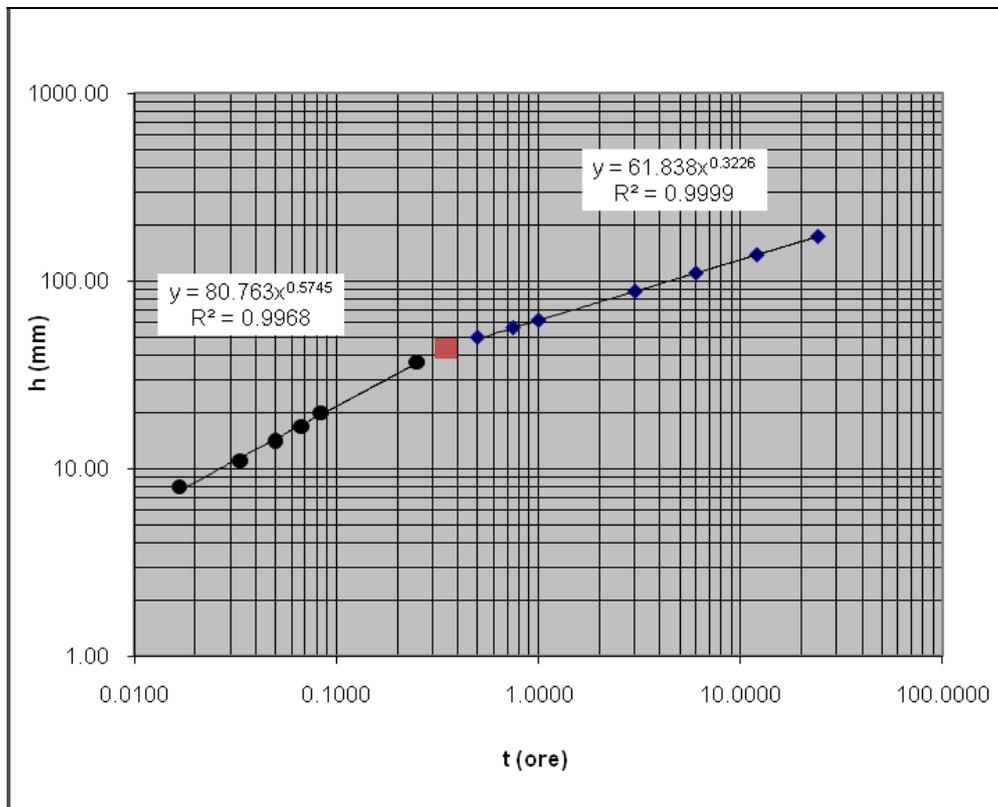


Figura 3-5. Curve di possibilità pluviometrica TR 100

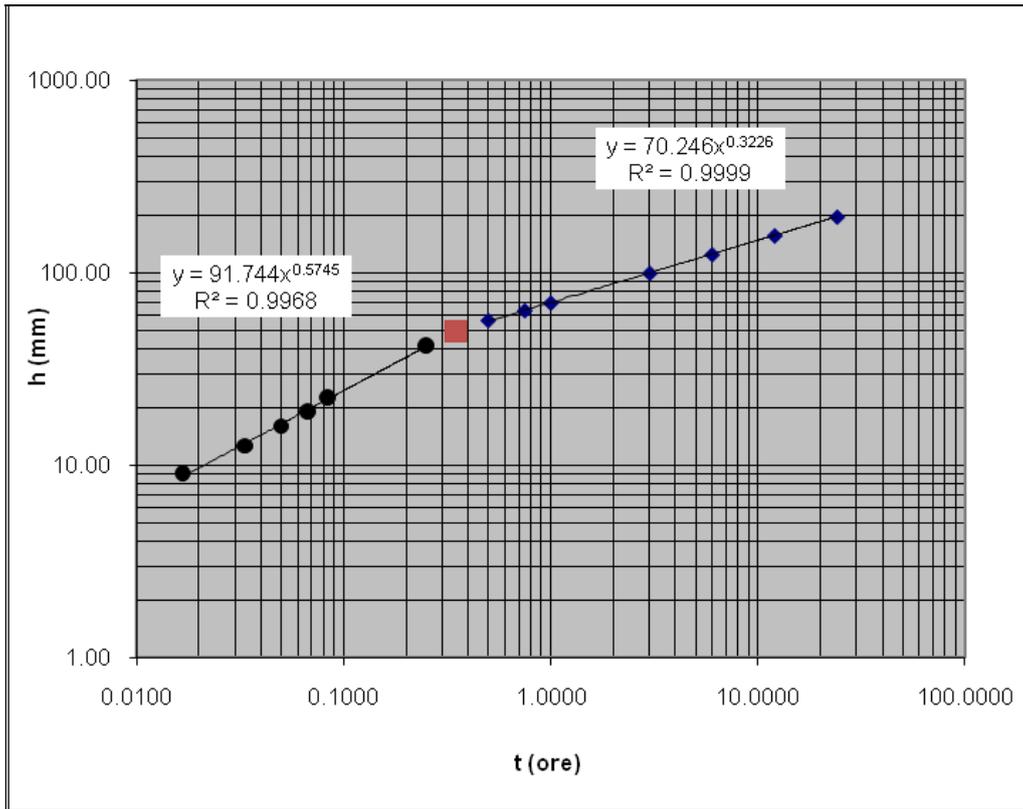


Figura 3-6. Curve di possibilità pluviometrica TR 200

Si riporta la sintesi delle curve di possibilità pluviometrica, desunte attraverso interpolazione, in funzione del tempo di ritorno  $T_r$  e della durata dell'evento considerato ( $t$ ).

Il tempo limite  $t = 28.8$  minuti è il risultato dell'intersezione a sistema delle due funzioni algebriche (piogge di breve durata e curva probabilistica) per ciascun tempo di ritorno, che corrisponde all'intersezione grafica evidenziata nelle precedenti figure (3-3, 3-4, 3-5 e 3-6) con il quadratino rosso.

<i>Curve di probabilità pluviometrica</i>				
	<i>t &lt; 20.8 min</i>		<i>t ≥ 20.8 min</i>	
<i>T<sub>r</sub></i>	<i>a'</i>	<i>n'</i>	<i>a</i>	<i>n</i>
<b>25</b>	59.75	0.57	45.75	0.32
<b>50</b>	70.01	0.57	53.60	0.32
<b>100</b>	80.76	0.57	61.83	0.32
<b>200</b>	91.74	0.57	70.25	0.32

Tabella 3-5. Parametri caratteristici delle CPP

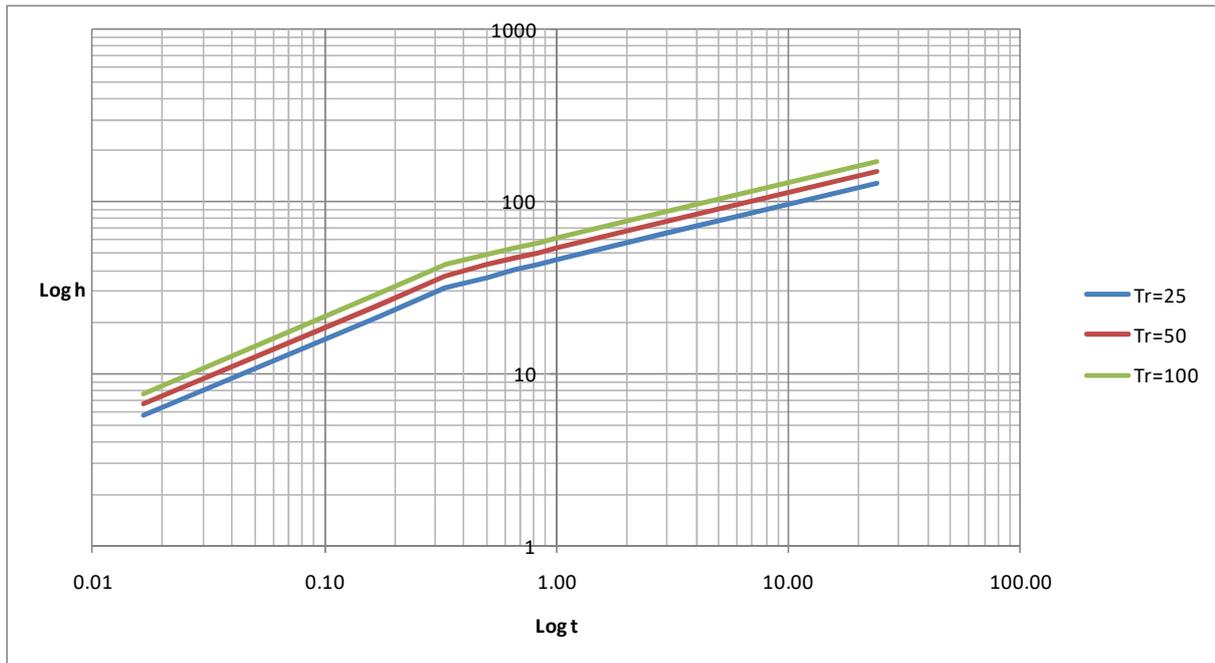


Figura 3-7. Altezze di pioggia in funzione del tempo di ritorno e della durata dell'evento

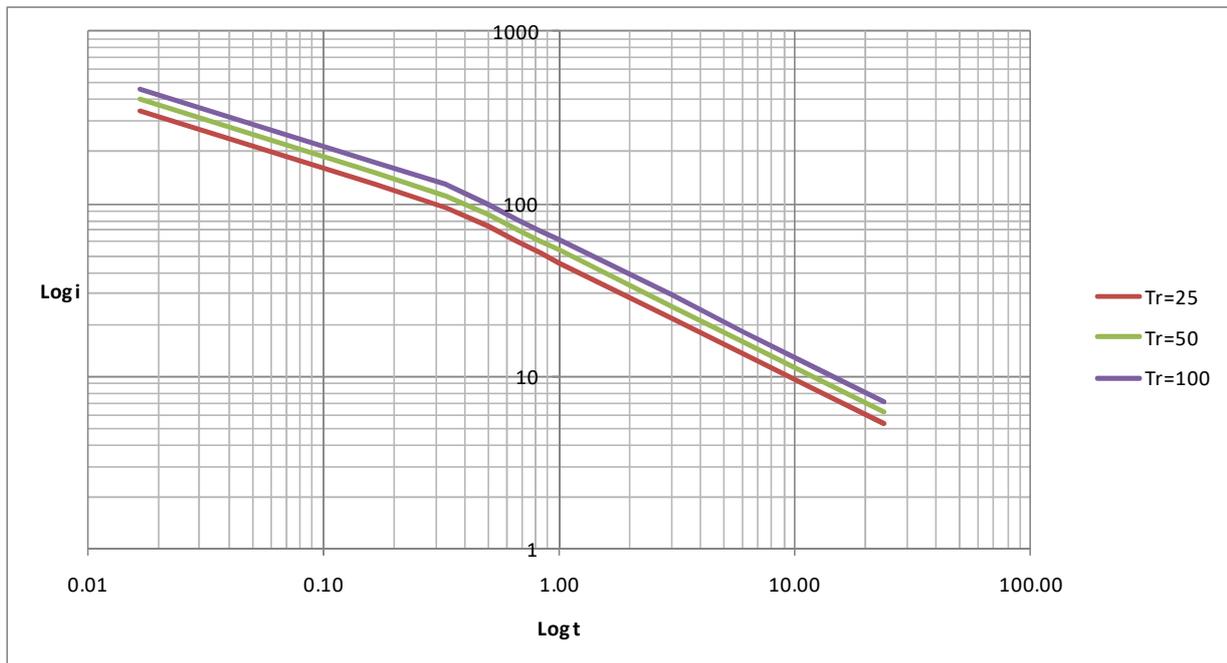


Figura 3-8. Intensità di pioggia in funzione del tempo di ritorno e della durata dell'evento

## 4. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

### 4.1. CONSIDERAZIONI GENERALI

Il Decreto Legislativo del Governo n° 152 del 11/05/1999, recante “Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole.”, come modificato dal Decreto Legislativo n° 258 del 18/08/2000 “Disposizioni correttive e integrative del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, in materia di tutela delle acque dall'inquinamento, a norma dell'articolo 1, comma 4, della legge 24 aprile 1998, n. 128.”, e successivamente dal D.Lgs. 3 Aprile 2006 n.152 “Norme in materia ambientale” forniscono disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento, prevedendo l'obbligo del trattamento delle acque di prima pioggia dei piazzali su cui possono ricadere oli minerali ed altre sostanze inquinanti.

Il sistema di drenaggio deve consentire la raccolta delle acque meteoriche cadute sulla superficie stradale ed il trasferimento dei deflussi fino al recapito; quest'ultimo è costituito dai fossi di guardia posti al piede del rilevato. Prima dello smaltimento nei recapiti, le acque saranno convogliate nei presidi idraulici, costituiti da un sistema di sedimentatori e disoleatori, posizionati all'esterno del piazzale.

Le acque meteoriche che ricadono sul piazzale, saranno opportunamente raccolte attraverso canalette grigliate e/o caditoie con griglia, collocate a intervalli idonei l'una dall'altra, e recapitate ai presidi tramite tubazione in PEAD e PP di opportuno diametro.

### 4.2. FUNZIONAMENTO DEI PRESIDI IDRAULICI

Il funzionamento di ciascun disoleatore avviene nel modo seguente: durante un evento piovoso l'acqua meteorica raccolta nel piazzale viene convogliata nel pozzetto. Da questo, l'acqua piovana addizionata a piccole quantità di oli minerali, morchie, terriccio e residui di altro genere raccolti sulla pavimentazione stradale arriva all'impianto di disoleazione ed inizia il trattamento depurativo. La prima vasca componente l'impianto in esame riceve tutte le acque raccolte ed ha funzione di scolmatore. Infatti, durante precipitazioni di minima entità tutta l'acqua in arrivo passa direttamente alla seconda vasca, mentre viceversa nel caso di forti precipitazioni sale il livello dell'acqua nella vasca scolmatore e la quantità di acqua in eccesso viene incanalata mediante by-pass nel pozzetto d'ispezione situato a valle dell'impianto; onde evitare la fuoriuscita di oli minerali, l'uscita della condotta è protetta da un setto interno alla vasca di scolmatura con una tubazione di uscita con pescaggio dal fondo della vasca stessa. La seconda vasca ha funzione di eliminare, dall'acqua meteorica, tutti i solidi raccolti sul piazzale; pertanto nel fondo vasca, mediante decantazione, si accumulano tutti i fanghi ed altre sostanze pesanti eventualmente presenti. L'acqua passa successivamente alla vasca di disoleazione che è divisa in due vani; nel primo vano, per effetto fisico di gravità, vengono trattenuti in superficie circa il 90% degli oli minerali liberi contenuti nell'acqua; il secondo vano è attrezzato con un filtro, idoneo a trattenere oli minerali liberi residui, oli minerali in emulsione, sostanze sospese e materie metalliche residue. Tramite apposita tubazione di uscita l'acqua, ormai trattata, viene recapitata all'interno del pozzetto a valle del piazzale e da qui immessa definitivamente nel ricettore finale.

Per il piazzale di stazione è previsto l'uso di due disoleatori, ognuno di dimensioni tali da essere in grado di trattare i primi 5 mm di pioggia ricadenti su una superficie complessiva di circa 10.000 mq.

## 5. CALCOLO DELLE PORTATE DI PROGETTO

### 5.1. SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO

Le curve di possibilità pluviometrica non forniscono per un'assegnata probabilità il modo di variare della precipitazione nel tempo, ma consentono solo di conoscere l'altezza totale  $h$  di precipitazione che, per una data durata  $t$ , ha un'assegnata probabilità di non superamento.

Spesso, in luogo della probabilità di non superamento, si utilizza la grandezza statistica tempo di ritorno ( $T_r$ ), definibile come il tempo (espresso in anni) che mediamente intercorre tra due eventi che producono, per l'assegnata durata, un'altezza di precipitazione maggiore o uguale di quella data.

La scelta di  $T_r$  deriva da un compromesso tra l'esigenza di contenere la frequenza delle esondazioni e l'esigenza di contenere le dimensioni delle strutture di controllo delle piene entro limiti accettabili economicamente e compatibili con i vincoli esistenti nel territorio interessato. Nel caso della progettazione delle opere idrauliche inerenti a problemi di drenaggio stradale, si adottano in genere tempi di ritorno compresi tra 20 e 200 anni.

Nel caso dei collettori e degli elementi di raccolta, si assume un tempo di ritorno pari a 25 anni, come indicato negli "Standard progettuali" di riferimento. In casi puntuali eccezionali (lunghe trincee, corde molli in galleria, impianti di sollevamento, ecc.), ovvero quando il malfunzionamento del sistema di drenaggio possa creare un serio pericolo agli utenti, possono essere adottati tempi di ritorno maggiori (fino a 100 o 200 anni).

Non si riscontra comunque tale necessità nel presente progetto.

### 5.2. IL METODO RAZIONALE

Per il calcolo delle portate di progetto è stato utilizzato il metodo razionale.

La formula razionale per la previsione della portata di massima piena, per assegnato tempo di ritorno, è direttamente dedotta dal metodo cinematico, nell'ipotesi che la durata della pioggia critica sia pari al tempo di corrivazione.

La massima portata al colmo di piena, espressa in  $m^3/s$ , è calcolata mediante la seguente relazione:

$$Q_{\max} = \frac{\varphi \cdot i_c \cdot A}{360}$$

dove:

$\varphi$  è il coefficiente di deflusso,

$i_c = h/t_c$  è l'intensità della precipitazione, in mm/ora, corrispondente ad una durata della precipitazione pari al tempo di corrivazione e dipendente dal tempo di ritorno

$A$  è l'area della superficie del bacino espressa in ha.

Il metodo razionale considera il bacino idrografico come una singola unità e stima il valore al colmo della portata di piena in modo rigoroso sotto le seguenti ipotesi:

- l'intensità di precipitazione è costante per tutta la durata dell'evento meteorico che si considera equivalente al tempo di corrivazione;
- la precipitazione è uniformemente distribuita sul bacino;
- la portata stimata ha lo stesso tempo di ritorno  $T_r$  di quello utilizzato per la determinazione dell'intensità di pioggia;
- il coefficiente di deflusso è costante durante l'evento e indipendente dall'intensità di precipitazione;
- la portata è nulla all'istante iniziale;

- il modello di trasformazione afflussi-deflussi è di tipo lineare stazionario.

Il coefficiente di deflusso  $\varphi$  rappresenta il rapporto tra il volume della pioggia efficace ed il volume della pioggia totale e tiene conto in modo globale delle perdite del bacino.

Nel caso delle superfici pavimentate, il coefficiente di deflusso è stato posto pari ad 1.

## 6. DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DELLA RETE

### 6.1. DIMENSIONAMENTO DEGLI ELEMENTI DI RACCOLTA

Per la raccolta delle acque di piattaforma vengono utilizzate canalette grigliate e pozzetti in PEAD con chiusino carrabile grigliato adiacente al ciglio. Il dimensionamento delle caditoie consiste nello stabilirne l'interasse massimo in modo che l'acqua presente sulla strada transiti in un tratto limitato di banchina delimitata dall'arginello.

Gli elementi di raccolta previsti sono di tipo continuo e discontinuo in base alle esigenze puntali.

Gli interassi tra gli elementi si dimensionano calcolando la portata massima smaltibile e la massima portata defluente dalla falda piana (superficie stradale scolante) per unità di lunghezza, data dalla:

$$q_0 = \varphi b i = \varphi b a t^{n-1}$$

dove  $b$  (m) è la larghezza della falda,  $\varphi$  il coefficiente di deflusso,  $i$  (mm/h) l'intensità di pioggia.

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

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

Dove:

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

$L_{eff} = b \left[ 1 + \left( \frac{j_l}{j_t} \right)^2 \right]^{1/2}$  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 5 minuti poiché per tempi molto brevi la curva dell'intensità di pioggia a due parametri tende all'infinito, fornendo quindi dati non realistici.

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 ( $q_0$ ):

$$\text{Interasse} = Q_{max} / q_0$$

dove  $Q_{max}$  (portata transitante in canaletta) è data dalla

$$Q = K_s \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot i_l^{1/2}$$

Il tutto ponendo un allagamento massimo di un metro che corrisponde alla banchina, così da evitare ogni tipo di allagamento nella parte del piazzale transitabile dalle autovetture.

Carreggiata	PK in.	PK fine	ta (min)	q lin (m <sup>3</sup> /s*m)	Qmax (m <sup>3</sup> /s)	Tipo	Int.disc (m)
PSO01->PSO02	30	29,4	0,046	0,000289891	0,0060	DISCONTINUA	15,00
PSO02->PSO03	29,4	28,7	0,046	0,000289891	0,0060	DISCONTINUA	15,00
PSO04->PSO03	29,8	28,7	0,084	0,000940331	0,0060	CONTINUA	5,00
PSO07->PSO08	29,9	29,4	0,058	0,000458994	0,0060	DISCONTINUA	10,00
PSO08->PSO05	29,4	28,65	0,058	0,000458994	0,0060	DISCONTINUA	10,00
PC 19->PC 8	29,95	28,55	0,084	0,000940331	0,0060	CONTINUA	5,00
PSO15->PSO16	29,55	28,9	0,091	0,001070434	0,0060	CONTINUA	5,00
PSO16->PSO09	28,9	28,55	0,091	0,001070434	0,0060	CONTINUA	5,00
PSO17->PSO18	29,25	29,2	0,091	0,001070434	0,0060	CONTINUA	5,00
PSO22->PSO18	29,35	29	0,091	0,001070434	0,0060	CONTINUA	5,00
PSO26->PSO23	29,7	28,9	0,057	0,000434836	0,0060	DISCONTINUA	10,00
PSO23->PSO27	28,8	28,75	0,060	0,000483152	0,0060	DISCONTINUA	10,00
PSO32->PSO31	30	29,65	0,046	0,000289891	0,0060	DISCONTINUA	15,00
PSO31->PSO28	29,65	28,8	0,046	0,000289891	0,0060	DISCONTINUA	15,00
PSO28->PSO33	28,5	28,4	0,115	0,001554684	0,0060	CONTINUA	5,00
PSO34->PSO33	28,9	28,6	0,094	0,001124862	0,0060	CONTINUA	5,00

Tabella 6-1. Dimensionamento e verifica canalette grigliate.

Le caditoie sono poste in corrispondenza dei pozzetti d'ispezione fra due tratte adibite a canalette, oppure in corrispondenza dei varchi, dove la raccolta sarà puntuale.

Le canalette discontinue sono lunghe un metro e sono poste a interassi che vanno da 10 a 15 metri.

Dove le verifiche di dimensionamento hanno portato ad adottare un interasse inferiore di 10 metri, è stata adottata una canaletta continua con discendenti ogni 5 metri.

I pozzetti d'ispezione sono posti a un interasse massimo di 40 m.

## 6.2. DIMENSIONAMENTO DEGLI ELEMENTI DI CONVOGLIAMENTO E LAMINAZIONE

### 6.2.1. Collettori circolari

Gli elementi di convogliamento sono costituiti da collettori circolari in PEAD nei tratti in affiancamento alla sede stradale e in PP nei tratti che attraversano la piattaforma stradale.

I collettori in polietilene ad alta densità (PEAD) sono di tipo SN 8 kN/m<sup>2</sup> coestruso a doppia parete, conformi alla norma UNI EN 13476 tipo B; i collettori in polipropilene ad alto modulo elastico (PP-HM) sono del tipo coestruso a doppia parete conformi al prEN 13476-1 tipo B, con classe di rigidità SN 16 kN/m<sup>2</sup>.

Per il dimensionamento si è considerato il diametro interno (riportato in tabella).

DN	Diametro interno
(mm)	(mm)
400	343
500	427
630	535
800	678

Tabella 6-2. Diametri interni dei collettori in PEAD SN 8 kN/m<sup>2</sup>

Per il dimensionamento dei collettori si è tenuto conto delle pendenze del piano stradale. Generalmente la pendenza del collettore è la stessa del terreno, ad eccezione dei casi in cui è stato necessario ottenere una pendenza minima per il corretto funzionamento della condotta. Si è utilizzata una pendenza minima dello 0,5% con una velocità minima di 0,5 m/s, per asportare eventuali sedimenti accumulatisi nel tempo, e una velocità massima di 4 m/s.

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

Il dimensionamento della rete di drenaggio superficiale per lo smaltimento delle acque meteoriche viene effettuato a partire dalla valutazione delle portate afferenti ai vari tratti della rete. In base alle diverse superfici contribuenti si valutano le portate afferenti ai collettori.

La condizione più gravosa è quella per cui il tempo di pioggia è pari al tempo di corrivazione.

Il tempo di corrivazione relativo a ciascuna sezione di calcolo è stimato secondo la seguente formulazione:

$$t_c = t_a + t_r = t_a + \sum_{i=1}^N \frac{L_i}{v_i}$$

Dove:

$t_r$  rappresenta il tempo di percorrenza dell'elemento di convogliamento

$L$  rappresenta la lunghezza del tronco  $i$ -esimo espresso in m

$v$  rappresenta la velocità di deflusso all'interno del tronco  $i$ -esimo espresso in m/s

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

$t_a$  rappresenta il tempo di afflusso (o di ruscellamento) cioè il massimo tempo che impiegano le particelle di pioggia a raggiungere l'elemento partendo dal punto di caduta.

Il dimensionamento dei collettori viene effettuato ipotizzando che il deflusso all'interno della condotta avvenga in condizioni di moto uniforme.

Le caratteristiche idrauliche delle sezioni di progetto sono determinate mediante l'applicazione della formula di Chezy, nell'espressione di Gauckler-Strickler:

$$Q = \chi A \sqrt{\mathfrak{R} j} = k \mathfrak{R}^{\frac{1}{6}} A \sqrt{\mathfrak{R} j} = k \frac{A^{5/3}}{C^{2/3}} \sqrt{j}$$

dove:

$Q$  portata di dimensionamento della canalizzazione (m<sup>3</sup>/s);

$k$  coefficiente di scabrezza di Strickler (m<sup>1/3</sup>/s) pari a 80 per i collettori in PVC e in acciaio;

$A$  area bagnata (m<sup>2</sup>);

$C$  contorno bagnato (m);

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

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

La verifica avviene secondo una procedura iterativa:

- Si sceglie il diametro del collettore e si assegna una velocità di percorrenza di primo tentativo,
- Si calcola il tempo di percorrenza  $t_r$  e quindi il tempo di corrivazione  $t_c$ ,
- Si calcola l'intensità di pioggia critica, di durata pari al tempo di corrivazione, e la corrispondente portata critica,
- Si calcola il tirante idrico corrispondente alla portata critica,
- Si verifica che il grado di riempimento (pari al rapporto tra il tirante idrico e il diametro interno) non sia superiore al 80%,
- Si calcola la velocità all'interno del collettore e si verifica che rispetti i vincoli imposti,
- Se la velocità è uguale a quella ipotizzata si interrompe il calcolo, altrimenti si procede all'iterazione successiva utilizzando la velocità ottenuta.

Si riportano in tabella i calcoli relativi ai tronchi verificati:

Pozzetto	quota in	quota fin	Lungh. (m)	DN	Area rid. (m <sup>2</sup> )	i (%)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Riemp. (%)	Vel. (m/s)
PSO01->PSO02	30,00	29,40	30,00	400	180,00	2,00	0,009	14,36	1,12
PSO02->PSO03	29,40	28,70	30,00	400	360,00	2,33	0,017	18,49	1,41
PSO04->PSO03	29,80	28,70	35,00	400	762,50	3,14	0,036	25,03	1,95
PSO03->PSO05	28,70	28,65	13,00	400	1122,50	0,38	0,052	54,31	1,01
PSO06->PSO07	29,95	29,90	4,00	400	72,00	1,25	0,003	11,17	0,75
PSO07->PSO08	29,90	29,40	26,00	400	619,00	1,92	0,029	25,54	1,54
PSO08->PSO05	29,40	28,65	26,00	400	866,00	2,88	0,040	27,11	1,95
PSO05->PSO09	28,55	28,45	31,00	500	1988,50	0,32	0,088	54,78	1,07
PSO10->PSO09	29,95	28,55	35,00	400	682,50	4,00	0,032	22,33	2,06
PSO11->PSO12	29,75	29,70	5,50	400	99,00	0,91	0,004	12,06	0,67
PSO12->PSO13	29,70	29,65	5,50	400	198,00	0,91	0,008	17,03	0,83
PSO13->PSO14	29,65	29,60	5,50	400	297,00	0,91	0,012	20,08	0,92
PSO14->PSO15	29,60	29,55	6,50	400	414,00	0,77	0,017	24,86	0,96
PSO15->PSO16	29,55	28,90	22,00	400	920,00	2,95	0,037	26,04	1,93
PSO16->PSO09	28,90	28,55	21,00	400	1403,00	1,67	0,056	37,06	1,76
PSO9->Presidio 2	28,45	28,40	5,00	500	2770,00	1,00	0,130	61,87	1,97
PSO17->PSO18	29,25	29,00	15,00	400	345,00	1,67	0,016	19,56	1,23
PSO19->PSO20	29,50	29,45	5,50	400	99,00	0,91	0,005	12,53	0,69
PSO20->PSO21	29,45	29,40	5,50	400	198,00	0,91	0,009	17,56	0,85
PSO21->PSO22	29,40	29,35	6,50	400	315,00	0,77	0,014	22,98	0,92
PSO22->PSO18	29,35	29,00	40,00	400	1235,00	0,88	0,054	43,76	1,38
PSO18->PSO23	28,90	28,80	32,00	500	1580,00	0,31	0,067	46,79	0,99
PSO24->PSO25	29,80	29,75	5,50	400	99,00	0,91	0,005	13,05	0,71
PSO25->PSO26	29,75	29,70	6,50	400	216,00	0,77	0,010	19,34	0,83
PSO26->PSO23	29,70	28,90	28,00	400	468,00	2,86	0,022	19,92	1,63
PSO23->PSO27	28,80	28,75	12,00	500	2168,00	0,42	0,091	51,44	1,19
PSO27->PSO28	28,75	28,60	11,00	500	2168,00	1,36	0,090	36,79	1,84
PSO32->PSO31	30,00	29,65	20,00	400	120,00	1,75	0,006	11,65	0,92
PSO29->PSO30	29,95	29,70	11,00	400	269,00	2,27	0,013	16,46	1,29
PSO30->PSO31	29,70	29,65	8,00	400	341,00	0,63	0,016	25,28	0,87
PSO31->PSO28	29,65	28,70	45,00	400	659,00	2,11	0,031	25,49	1,61
PSO28->PSO33	28,50	28,40	40,00	630	4307,00	0,25	0,173	63,78	1,14
PSO34->PSO33	28,90	28,60	15,00	400	447,50	2,00	0,020	21,29	1,41
PSO33->Presidio 1	28,40	28,35	6,00	630	4754,50	0,83	0,190	46,63	1,85

Tabella 6-3. Verifica e dimensionamento collettori.

## 6.2.2. Fossi di guardia e tombini

I fossi di guardia sono 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 inerbiti (FI1A-B, FI2 FI3 e FI4) in corrispondenza del sistema aperto e in calcestruzzo in corrispondenza delle zone di protezione della falda (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.

Per quanto riguarda il dimensionamento i fossi assolvono alla funzione di invaso di laminazione e sedimentazione.

La sedimentazione si verifica all'interno dei fossi che, per le basse pendenze dell'ordine del 2 per mille, consentono all'acqua di depositare il materiale in sospensione. Infatti i fossi presentano velocità di progetto inferiori a 1 m/s garantendo la sedimentazione degli inquinanti.

In conseguenza alla realizzazione del piazzale autostradale si ha un aumento della portata afferente ai recapiti dovuto all'incremento dell'estensione dell'area impermeabile.

Al fine di limitare le portate scaricate ai ricettori a contributi compatibili con il reticolo si opera la laminazione secondo i criteri definiti dall'Autorità idraulica competente.

Per quanto riguarda il Reticolo del Bacino del Fiume Reno i fossi sono dimensionati in modo da recuperare un volume minimo di invaso pari a  $500\text{m}^3/(\text{ha})$  di nuova superficie pavimentata.

La determinazione delle dimensioni delle vasche e dei fossi di laminazione è stata effettuata tramite l'equazione di continuità o equazione dei serbatoi applicata alla situazione in esame:

$$Q_e(t) - Q_u(t) = \frac{d}{dt} W(t)$$

in cui la variazione del volume invasato al tempo t nel fosso è pari alla differenza tra la portata entrante dovuta all'evento meteorico riversatosi sulla piattaforma in esame e la portata uscente.

Il dimensionamento dei fossi è stato quindi effettuato imponendo l'equilibrio tra la portata drenata entrante nel fosso e la portata uscente (vincolata per vari motivi), verificando l'instaurarsi di un tirante idrico tale da garantire un franco di sicurezza; il tempo di ritorno adottato è di 25 anni.

Il volume che affluisce nel fosso in funzione del tempo è dato da:

$$V_{affl} = h A$$

con h altezza di pioggia ed A area ridotta drenata.

L'altezza di pioggia [m/h], è data da:

$$h = \frac{a}{1000} t^n$$

Considerando costante la portata in uscita (q), si ha che il volume defluito risulta essere:

$$V_{defl} = q t$$

Il volume all'interno del fosso in funzione del tempo è quindi dato dalla differenza tra il volume affluito e quello defluito:

$$V_{affl} - V_{defl} = h A - q t = A \frac{a}{1000} t^n - q t = V$$

Per determinare la durata dell'evento meteorico che massimizza il volume da invasare, si impone pari a 0 la derivata, in funzione del tempo, della funzione precedente. Si ottiene quindi:

$$A \frac{a n}{1000} t^{n-1} - q = 0$$

Esplicitando la precedente in funzione del tempo si ha:

$$t^* = \left( \frac{1000 q}{A a n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad [\text{ore}]$$

Il massimo del volume da invasare è dato quindi da:

$$V_{\max} = A \frac{a}{1000} (t^*)^n - q t^*$$

Si fa notare che l'evento meteorico che massimizza il volume del fosso non è quello che massimizza la portata al colmo (tempo di pioggia uguale al tempo di corrivazione del bacino).

Per la verifica e il dimensionamento dei fossi di guardia, dei tombini idraulici per l'attraversamento delle sezioni stradali, delle vasche di laminazione e, in generale, di tutto ciò che NON riguarda l'idraulica di piattaforma, si rimanda all'elaborato "111447-LL00-PE-AU-IDR-DP000-00000-R-IDR-0850-0 - Relazione idologico-idraulica".

### 6.2.3. Manufatti di controllo

Il manufatto di controllo ha lo scopo di garantire la regolazione o meno delle portate scaricate nei ricettori e il controllo degli oli scaricati. Sono stati previste due tipologie di manufatti: manufatti di controllo in linea (MCL) e manufatti di controllo terminali (MC). I primi sono dei setti posti tra all'interno dei fossi o allo sbocco dei bacini di laminazione che permettono di aumentare la capacità di laminazione. I manufatti terminali invece sono posti prima del corpo recettore.

Per il **controllo qualitativo** le prescrizioni da adottarsi hanno a riferimento soluzioni progettuali in grado di sedimentare e disoleare le acque raccolte prima dell'immissione nel corpo ricettore.

Tale sistema tratta gli oli e i solidi sedimentabili in continuo e pertanto è sottoposta a trattamento l'intera portata e non solo la prima pioggia.

La sedimentazione si verifica all'interno dei fossi che, per le basse pendenze dell'ordine del per mille, consentono all'acqua di depositare il materiale in sospensione. Infatti i fossi presentano velocità di progetto inferiori a 1 m/s garantendo la sedimentazione degli inquinanti.

Mentre al fine di controllare lo scarico degli oli nei ricettori si utilizzano manufatti di controllo 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. Infatti l'olio avendo un peso specifico inferiore rispetto all'acqua si stabilisce in superficie ed è intercettato dal setto posto immediatamente a monte dello scarico avente la sommità a quota superiore rispetto al massimo riempimento in progetto.

Per il **controllo quantitativo** si è opportunamente dotato tale manufatto di una bocca tarata di sezione rettangolare di opportune dimensioni ed di una soglia sfiorante posta alla quota di riempimento all'80% del fosso.

La portata è scaricata nei ricettori entro i limiti attraverso il primo organo di controllo. Lo sfioratore è un organo di sicurezza, in caso di ostruzione della bocca tarata.

Fino a che il tirante all'interno dei fossi è inferiore all'altezza del petto della soglia il funzionamento dello scarico è sotto battente.

La portata massima della bocca tarata può essere calcolata con la formula del funzionamento sotto battente:

$$Q = C_q A \sqrt{2 g h}$$

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

In sintesi si hanno quattro tipologie di manufatti:

- Il **tipo 1** non prevede il setto disoleatore, né la modulazione della portata scaricata (scarico diretto).
- Il **tipo 2** prevede solo la regolazione della portata, poiché scarica nei canali artificiali o in fogna.
- Il **tipo 3** prevede il solo setto disoleatore senza regolazione della portata.
- Il **tipo 4** prevede sia la regolazione della portata, poiché si scarica nei canali artificiali, sia il setto disoleatore (controllo quali-quantitativo).

Il manufatto presenta una larghezza interna in pianta variabile da 2.00 m a 3.00 m.

La regolazione della portata avviene attraverso una bocca tarata di sezione rettangolare di superficie variabile a seconda della laminazione (e conseguente portata rilasciata) richiesta.

Le dimensioni variano da sezioni di 0.10 x 0.10 (luce minima) e 0.80 x 0.35 (luce massima).

Nel primo caso, ipotizzando un carico sulla sezione contratta pari a 0.6 m (situazione più sfavorevole) si ottiene che la portata rilasciata è la seguente:

$$Q = C_q A \sqrt{2 g h} = 0.6 \cdot (0.10 \cdot 0.10) \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 0.55} = 20 l / s$$

In caso di luce massima, la portata rilasciata è la seguente (h= 0.8 m):

$$Q = C_q A \sqrt{2 g h} = 0.6 \cdot (0.80 \cdot 0.35) \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 0.625} = 590 l / s$$

Il manufatto presenta una larghezza interna in pianta variabile da 1.50 m a 3.00 m.

La regolazione della portata avviene attraverso una bocca tarata di sezione rettangolari le cui dimensioni sono pari a quelle del tipo 2.

La lama disoleatrice posta a monte dello scarico consente il passaggio della portata di progetto.

In caso di ostruzione della bocca tarata, quando il tirante supera tale l'altezza, il funzionamento è a stramazzo.

In corrispondenza della portata di progetto il manufatto è in grado di scaricare, a pieno riempimento, tale portata con funzionamento a stramazzo, senza che il fosso esondi nelle campagne circostanti.

La portata massima della soglia sfiorante può essere calcolata con la formula del funzionamento dello sfioratore:

$$Q = \mu \cdot L h \sqrt{2 g h}$$

Essendo  $m = 0.385$  per la larga soglia e  $m = 0.415$  per lo stramazzo trapezio,  $L$  la lunghezza della soglia sfiorante e  $h$  il carico sullo sfioratore corrispondente al riempimento del fosso all'80%.

Per la verifica e il dimensionamento dei manufatti relativi a ispettivi fossi di guardia, si rimanda alle relazioni idrauliche dello Svincolo di Solarolo.

## 7. IMPIANTI DI TRATTAMENTO

### 7.1. TRATTAMENTO ACQUE BIANCHE: PRESIDII IDRAULICI

Le superfici impermeabili o piazzali allo scoperto possono essere fonte d'inquinamento dovuto al dilavamento meteorico. L'acqua piovana, scorrendo e convogliandosi, raccoglie sostanze inquinanti quali oli, idrocarburi e sabbie di varia natura più o meno grossolane. Tale evento può interessare direttamente i corsi d'acqua superficiali o le falde acquifere recando danno alle risorse idriche sotterranee.

In Italia, la normativa relativa al disinquinamento è regolata dal Decreto Legislativo n° 152/2006 e successive modifiche con relative norme d'applicazione. Inoltre alcune regioni hanno emanato leggi in funzione delle diverse esigenze locali. Vengono considerate acque di Prima Pioggia "quelle corrispondenti per ogni evento meteorico ad una precipitazione di 5 mm uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio".

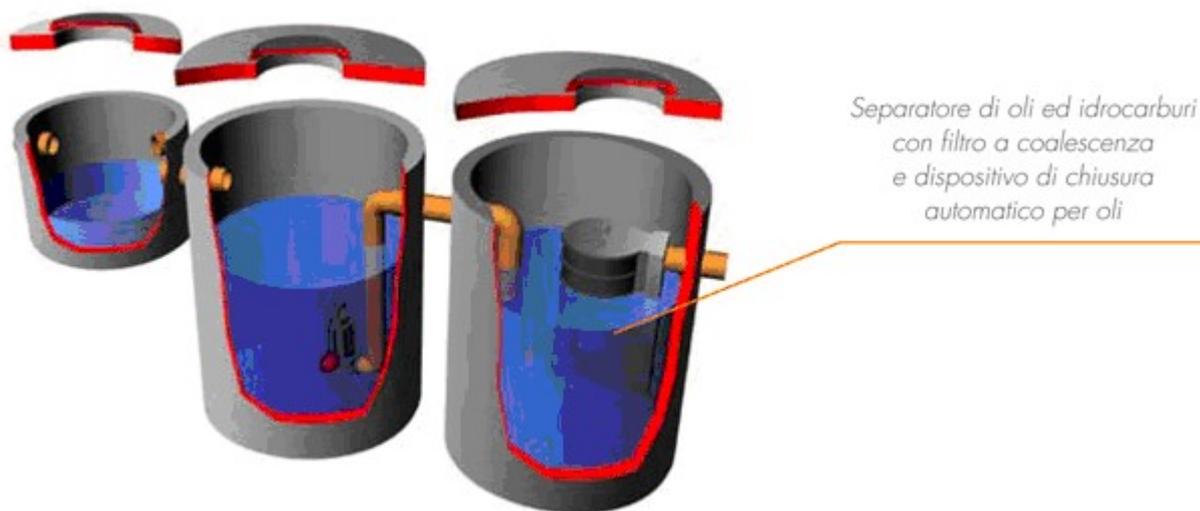


Figura 7-1. Presidio idraulico: schema di funzionamento

L'acqua proveniente da piazzali affluisce al pozzetto scolmatore avente l'essenziale funzione di smistare le acque di prima pioggia dalle successive di seconda pioggia. Affinché ciò avvenga, il pozzetto scolmatore prevede un'unica tubazione d'ingresso, opportunamente dimensionata, e due tubazioni d'uscita, disposte ad altezze diverse in modo da favorirne l'interessamento da parte dell'acqua in due momenti successivi e distinti.

La prima tubazione coinvolta all'attraversamento da parte delle acque piovane è quella posizionata più in basso rispetto alle altre presenti nel pozzetto scolmatore, ed è anche quella che, condurrà al sistema di depurazione. L'acqua di prima pioggia defluisce alle vasche di accumulo nelle quali permane per un tempo di 48 ore per garantire la separazione del materiale pesante che si deposita sul fondo. A questo punto, le acque in esubero, altrimenti dette di "seconda pioggia", potranno defluire direttamente al corpo idrico ricettore, usufruendo della linea di troppo pieno che by-passerà l'intero sistema di trattamento.

Allo scadere delle 48 ore, il timer, precedentemente attivato da apposito interruttore a galleggiante, azionerà l'elettropompa sommersibile ubicata all'interno del bacino di accumulo. L'elettropompa alimenterà a portata costante la susseguente sezione di disoleazione.

Il Separatore Oli costruito come da Norma UNI EN 858-1 viene munito di filtro a coalescenza e valvola di occlusione. Le particelle d'olio leggere (prevalentemente oleose), per effetto del minor peso specifico, risalgono spontaneamente in superficie e vi rimangono intrappolate dando luogo ad una progressiva stratificazione via via crescente. Le particelle d'olio più piccole che rimangono in sospensione, vengono trattenute dall'apposito filtro e si aggregano per coalescenza formando una pellicola. Al raggiungimento di un determinato spessore si staccano e risalgono in superficie. Il dispositivo automatico di chiusura per oli determina l'arresto del flusso allo scarico ogni volta che avviene il riempimento della camera oli del

separatore; infatti il galleggiante all'aumentare dello spessore dell'olio nella camera, si abbassa di livello determinando così la chiusura automatica dello scarico.

Si garantisce un'acqua in uscita con contenuto di oli minerali ed idrocarburi non superiore a 2 mg/litro.

Poiché i due versanti del piazzale presentano le seguenti caratteristiche:

- 5.300 mq per il versante Est
- 4.700 mq per il versante Ovest

per la scelta del modello "GN" da adottare, si utilizza la formula

$$GN = S \text{ [mq]} \times 0,0055$$

che attribuisce modelli GN standard fino a un massimo di superficie pavimentata da depurare e che fa riferimento alla seguente tabella:

Dimensione piazzale [mq]	Modello "GN"
Fino a 7270	40
Fino a 11800	65
Fino a 14540	80

Per entrambi i presidi idraulici la scelta ricade perciò sul modello GN40.

## 7.2. TRATTAMENTO ACQUE NERE: FOSSA IMHOFF

Per quanto riguarda le acque nere relative agli scarichi civili delle strutture del piazzale di esazione, vista l'assenza di fognature esistenti in loco dove recapitare, si adotta un sistema di trattamento dei reflui attraverso un sistema "vasca di tipo Imhoff a sispensione".

Le vasche tipo Imhoff sono costituite infatti da una vasca principale (digestione anaerobica) che contiene al suo interno un vano secondario (di sedimentazione). L'affluente entra nel comparto di sedimentazione, che ha lo scopo di trattenere i corpi solidi e di destinare il materiale sedimentato attraverso l'apertura sul fondo inclinato, al comparto inferiore di digestione.

È proporzionato in modo tale da garantire il giusto tempo di ritenzione e da impedire che fenomeni di turbolenza, causati dal carico idrico, possano diminuire l'efficienza di sedimentazione.

Il comparto di digestione è dimensionato affinché avvenga la stabilizzazione biologica delle sostanze organiche sedimentate (fermentazione o digestione anaerobica).

In base al Decreto legislativo n° 152 del 11/05/1999 e successive modifiche ed integrazioni del Decreto Legislativo 258 del 18 agosto 2000 per il dimensionamento delle fosse biologiche, si ha che La fossa Imhoff deve essere dimensionata secondo i seguenti parametri minimi: 40/50 litri per A.E. (abitante equivalente) per il comparto di sedimentazione (Decantatore); 100/120 litri per A.E. (abitante equivalente) per il comparto di digestione.

Il casello autostradale di Solarolo è stato classificato come 1 A.E., perciò la vasca Imhoff avrà una capacità di 170 litri, 50 per la sedimentazione e 120 per la digestione.

Per quanto riguarda il sistema di drenaggio a dispersione, invece, i terreni adibiti alla dispersione dei reflui con il sistema della subirrigazione debbono rientrare nelle caratteristiche previste dalla prova di percolazione in ragione della seguente tabella:

Natura del terreno	Percolazione	Condotta disperdente
	<i>minuti</i>	<i>Metri lineari / A.E.</i>
Sabbia sottile-materiale di riporto	< 2	1,5 – 2
Sabbia grossa pietrisco	5	2,5 – 3
Sabbia sottile con argilla	10	4,0 – 5
Argilla con poca sabbia	30 – 60	8,5 – 10
Argilla compatta	> 60	non adatta

Tabella 7-1. Prova di percolazione

Essendo l'area di progetto in terreno pianeggiante alluvionale, la presenza di sabbie e argille porta a una scelta a favore di sicurezza di 10 metri lineari per A.E.

Nel nostro caso sarà utilizzata perciò una condotta di 6 metri con 6 rami da 1 metri l'uno, per un totale di 12 metri lineari così da soddisfare la prova di percolazione.

Per le caratteristiche dell'impianto si rimanda alle tavole specifiche.