



# centropadane

*l'esperienza si fa strada*

autostrade centropadane spa

NUOVO CASELLO DI CASTELVETRO, RACCORDO  
AUTOSTRADALE CON LA S.S. 10 "PADANA INFERIORE" E  
COMPLETAMENTO DELLA BRETTELLA AUTOSTRADALE  
TRA LA S.S. 10 "PADANA INFERIORE" E LA S.S. 234

PROGETTO DEFINITIVO

## IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione tecnica relativa al sistema di drenaggio, trattamento e smaltimento delle  
acque meteoriche defluenti dalla piattaforma autostradale

DOCUMENTO N° <b>e.7</b>		CODIFICA DOCUMENTO: e.9 .doc	SCALA:
		Questo documento non potrà essere copiato, riprodotto o altrimenti pubblicato in tutto o in parte senza il consenso scritto di Centropadane S.p.A.	
		IL RESPONSABILE DELLA COMMESSA: DOTT.ING. R. SALVADORI	
REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESTENSORE
0	feb 2005	EMISSIONE	Papiri-Valcher
1	dic 2005	ALTERNATIVA CASELLO DI CASTELVETRO	Papiri-Valcher

IL DIRETTORE TECNICO  
DOTT.ING. R. SALVADORI

IL PRESIDENTE  
RAG. AUGUSTO GALLI

PROGETTISTI: DOTT.ING. R. SALVADORI

ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROVINCIA DI CREMONA  
Dott. Ing. ROBERTO SALVADORI  
N. 756 di iscrizione all' Albo

## INDICE

1.PREMESSA.....	2
2. QUADRO GENERALE sulle ACQUE METEORICHE.....	3
2.1 La normativa Vigente.....	3
2.2 La qualità delle acque meteoriche di dilavamento.....	4
2.2.1 Premessa.....	4
2.2.2 Caratterizzazione qualitativa delle acque meteoriche di dilavamento.....	6
3.STUDIO DELLA PLUVIOMETRIA.....	12
3.1 Curva di probabilità pluviometrica.....	12
3.2 Osservazioni disponibili.....	12
3.3 Analisi statistica delle Osservazioni.....	15
3.4 Definizione degli Ietogrammi di Progetto.....	18
4.DEFINIZIONE E DIMENSIONAMENTO DEI SISTEMI DI DRENAGGIO.....	20
4.1 Generalità.....	20
4.2 "Vincoli" di progetto.....	22
4.3 Tipologie costruttive delle opere di drenaggio e smaltimento.....	28
4.3.1 Opere di drenaggio delle tratte in rilevato.....	28
4.3.3 Opere di smaltimento delle tratte in rilevato - Fossi di guardia.....	30
4.3.4 Dimensionamento del canale di filtrazione.....	34
5.SISTEMI DI RACCOLTA E TRATTAMENTO.....	35
5.1 Descrizione degli impianti di raccolta e trattamento delle acque meteoriche.....	35
5.2 Vasche di Prima Pioggia.....	36
5.3 Vasche Volano.....	37
5.4 Sistemi di Trattamento.....	40

## **1. PREMESSA**

Con seduta del 25/02/04, la SOCIETA' AUTOSTRADE CENTROPADANE ha conferito allo Studio Associato ECOTECNO, sotto la responsabilità professionale del Prof. Ing. Sergio Papiri, e alla Soc. AquaContest Sas l'incarico per lo studio dei sistemi di drenaggio e smaltimento delle acque meteoriche defluenti dalle superfici del "Nuovo casello di Castelvetro, Raccordo autostradale con la S.S.10 "Padana Inferiore" e completamento della bretella autostradale tra la S.S.10 "Padana Inferiore" e la S.S.234".

Lo studio dei sistemi di drenaggio delle acque meteoriche di dilavamento, e della raccolta, trattamento e smaltimento delle acque di "Prima Pioggia" interessa essenzialmente la piattaforma stradale e le aree di servizio connesse (parcheeggi, caselli); nella definizione di questi sistemi si è inoltre tenuto conto della presenza di alcune situazioni specifiche: tratte in cui la falda si mantiene superficiale, tratte di interesse paesaggistico - ambientale (aree golenali), aree critiche per la viabilità (caselli).

Ai fini della caratterizzazione degli interventi oggetto di studio e progettazione, viene svolta un'indagine sulla normativa in vigore che disciplina le modalità di trattamento e smaltimento delle differenti tipologie di acque che possono originarsi dalle predette aree.

In questa relazione sono descritti i calcoli giustificativi del dimensionamento idraulico delle reti di drenaggio e raccolta delle acque meteoriche di dilavamento a servizio delle aree sopra indicate e degli interventi previsti per il trattamento delle stesse ai fini del loro smaltimento.

La tipologia e il posizionamento dei sistemi di drenaggio, e i manufatti destinati alla raccolta e al trattamento delle acque meteoriche sono descritti nelle tavole di progetto allegate.

## **2. QUADRO GENERALE SULLE ACQUE METEORICHE**

### **2.1 LA NORMATIVA VIGENTE**

Il decreto legislativo 11 maggio 1999, n.152, con le modifiche di cui al decreto legislativo 18 agosto 2000, n. 258, all'art. 39 "Acque meteoriche di dilavamento e acque di prima pioggia", recita:

- *Ai fini della prevenzione di rischi idraulici ed ambientali, le regioni disciplinano le forme di controllo degli scarichi di acque meteoriche di dilavamento provenienti da reti fognarie separate;*
- *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 ed opportunamente trattate in impianti di depurazione per particolari ipotesi nelle quali, in relazione alle attività svolte, vi sia il rischio di dilavamento dalle superfici impermeabili scoperte di sostanze pericolose o di sostanze che creano pregiudizio per il raggiungimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici.*
- *E' comunque vietato lo scarico o l'immissione diretta di acque meteoriche nelle acque sotterranee.*

Sono acque meteoriche tutte quelle connesse con le precipitazioni.

Sono acque meteoriche di dilavamento (AMD) tutte le acque meteoriche che generano deflusso superficiale e conseguentemente dilavano superfici sia impermeabili, sia permeabili.

Il D. legislativo 152/99 non definisce le "acque di prima pioggia" e non fornisce per esse alcuna indicazione quantitativa (altezza di precipitazione in mm) demandando alle regioni la loro disciplina. Per contro, nel prevedere la necessità di convogliamento e trattamento in impianti di depurazione, parla esclusivamente *di acque di dilavamento di superfici impermeabili scoperte.*

**La legge della regione Lombardia del 27 maggio 1985, n.62** "Disciplina degli scarichi degli insediamenti civili e delle pubbliche fognature e tutela delle acque sotterranee dall'inquinamento" all'art.20 recita: *sono 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.*

**La regione Lombardia, con delibera di G. R. del 24/06/1986, n. 4/10562**, ha individuato gli insediamenti che, in relazione all'attività svolta, debbono obbligatoriamente assoggettare a trattamento le acque di prima pioggia; tra questi non sono comprese le superfici stradali.

**Il Regolamento di Igiene-tipo della Regione Lombardia** prescrive la separazione delle acque di prima pioggia per gli insediamenti produttivi o misti e anche per gli insediamenti civili se hanno superfici impermeabili superiori a 500 m<sup>2</sup>.

**Il Regolamento di Igiene del Comune di Milano** prescrive per alcune attività, tra cui le stazioni di servizio, l'installazione di vasche di contenimento o confinamento di sostanze inquinanti;

la norma si applica anche alle zone di parcheggio dei nuovi insediamenti civili.

Dall'esame della normativa regionale più recente emerge la necessità di separare le acque di prima pioggia defluenti da superfici impermeabili ogniqualvolta queste possano presentare un inquinamento non trascurabile e ogniqualvolta sia necessario proteggere adeguatamente il ricettore.

Dall'esame di ricerche recenti sulla qualità delle acque meteoriche di dilavamento, riportate nel seguito, emerge chiaramente che le acque meteoriche defluenti da strade di grande traffico presentano un grado di inquinamento tutt'altro che trascurabile e quindi è opportuno raccogliere e trattare le acque di prima pioggia ogniqualvolta si abbia a che fare con aree di pregio o ricettori sensibili (ad esempio falde).

## **2.2 LA QUALITÀ DELLE ACQUE METEORICHE DI DILAVAMENTO**

### **2.2.1 Premessa**

Numerosi studi presentati nella letteratura internazionale, già a partire da qualche decennio, hanno dimostrato che, a causa delle loro caratteristiche qualitative, le acque pluviali di dilavamento di aree urbanizzate, o comunque adibite ad attività antropiche, rappresentano una fonte importante di inquinamento dei corpi idrici ricettori.

Le fonti di questo inquinamento sono strettamente legate alle caratteristiche degli ambienti con cui l'acqua di pioggia entra in contatto da quando si forma nell'atmosfera, a quando, dopo essere caduta sul suolo, è raccolta da un sistema di drenaggio ed è scaricata in un corpo ricettore.

Nell'attraversare l'atmosfera, le gocce di pioggia assorbono le sostanze ivi presenti e, se l'atmosfera è inquinata, anche la pioggia si carica di inquinanti (solidi sospesi, sostanze organiche, azoto, fosforo, cloruri, ecc.).

La pioggia, poi, una volta caduta al suolo, opera un dilavamento delle superfici del bacino, rimuovendo gli inquinanti che si sono accumulati sulle superfici stesse nel periodo asciutto antecedente l'evento.

Le sostanze dilavate comprendono:

- le particelle, in genere molto piccole ( $< 60 \mu\text{m}$ ) e aventi le più svariate origini, che si depositano sulle superfici del suolo e dei tetti (*deposizione atmosferica in tempo asciutto*);
- i rifiuti solidi e liquidi (spazzatura, deiezioni animali, sversamenti accidentali di sostanze contaminanti) presenti, per le più varie cause, sulle superfici dilavate;
- le emissioni del traffico consistenti in prodotti di combustione, residui dell'usura di pneumatici, combustibili, lubrificanti, particelle di amianto derivanti dai consumi dei ferodi;
- i prodotti dell'erosione che la pioggia, con la sua quantità di moto, esercita sulle superfici stradali, sulla copertura degli edifici e sul suolo destinato a verde.

Infine, un'ulteriore contaminazione delle acque meteoriche si verifica nella rete di drenaggio dove, in corrispondenza di eventi che generano deflussi sufficientemente elevati, vengono ripresi in sospensione i sedimenti ivi presenti. Questi sedimenti, nel caso di sistemi adibiti alla sola raccolta delle acque meteoriche, corrispondono per lo più ai solidi rimossi dalle superfici durante eventi meteorici precedenti di scarso rilievo e che, per via di deflussi non sufficientemente elevati, si sono sedimentati nella rete di drenaggio e nei suoi manufatti.

La dinamica con cui le acque di dilavamento di origine meteorica si caricano di inquinanti è quindi estremamente complessa, coinvolgendo i diversi fenomeni che determinano l'accumulo degli inquinanti negli ambienti con cui l'acqua di pioggia viene in contatto, la loro rimozione esercitata dalla precipitazione e, infine, il loro trasporto operato dalle portate che defluiscono nel sistema di drenaggio.

L'insieme di tutti questi fenomeni, nei quali intervengono in misura rilevante le caratteristiche dell'evento pluviometrico, determina la qualità delle acque scaricate.

La letteratura scientifica presenta ormai un'abbondante casistica di determinazioni della qualità delle acque meteoriche di dilavamento nelle più svariate situazioni. Alcuni dati particolarmente significativi sono riportati nel successivo paragrafo.

### 2.2.2 Caratterizzazione qualitativa delle acque meteoriche di dilavamento

In questo paragrafo sono riportati alcuni risultati di differenti studi condotti in diversi Paesi e relativi alla qualità delle acque meteoriche di dilavamento, con particolare riferimento al carico inquinante connesso con il dilavamento di strade, parcheggi e stazioni di servizio.

Fra i diversi inquinanti trovati nelle acque meteoriche di dilavamento (sedimenti, nutrienti, sostanze organiche, batteri, metalli pesanti, ecc.) i più dannosi per la salute umana sono i metalli pesanti, fra i quali si possono citare il piombo e lo zinco. Jonhson et al.(1997), nel loro studio sugli inquinanti contenuti nelle acque meteoriche in bacini sperimentali nel Wisconsin (USA), si sono occupati principalmente di valutare l'incidenza, per quanto riguarda la produzione di questi due metalli, delle diverse superfici dilavate. I risultati sono riportati in Tab. 1 e in Tab. 2 dalle quali si evince che, per questi due inquinanti, il contributo delle strade e dei parcheggi è sempre predominante, fatta eccezione per le aree industriali per le quali, nel caso indagato, il maggior contributo nella produzione dello zinco è dato dai tetti.

TABELLA 1 – INCIDENZA DELLE DIVERSE SUPERFICI DILAVATE NELLA PRODUZIONE DEL PIOMBO, PER DIVERSI USI DEL SUOLO [JONHSON ET AL.(1997)]

Tipologia della superficie	AREA INDUSTRIALE	AREA COMMERCIALE	AREA RESIDENZIALE
Strade	28%	57%	73%
Parcheggi	62%	38%	1%
Marciaiedi e viali di accesso	-	1%	13%
Tetti	7%	4%	8%
Prati	3%	-	5%

TABELLA 2 – INCIDENZA DELLE DIVERSE SUPERFICI DILAVATE NELLA PRODUZIONE DELLO ZINCO, PER DIVERSI USI DEL SUOLO [JONHSON ET AL.(1997)]

Tipologia della superficie	AREA INDUSTRIALE	AREA COMMERCIALE	AREA RESIDENZIALE
Strade	9%	56%	70%
Parcheggi	29%	36%	2%
Marciaiedi e viali di accesso	-	1%	13%
Tetti	61%	7%	1%
Prati	1%	-	14%

Alcuni dati interessanti sulla qualità delle acque meteoriche di dilavamento di superfici stradali extra urbane sono riportati in un recente lavoro di Tramonte et al.(2002) che hanno rilevato le concentrazioni di alcuni inquinanti contenuti nelle acque meteoriche di dilavamento di un ponte ad alto traffico (140.000 veicoli/giorno) in Baton Rouge, Luisiana (USA). Per ogni evento, sono stati raccolti da 15 a 20 campioni (da 1 litro ogni 2 o 5 minuti a seconda della durata dell'evento). Le concentrazioni medie e massima per ogni evento relativamente ai solidi sospesi e al COD sono presentate nella Tabella 3. In Tabella 4 sono



riportate, per ogni evento, le concentrazioni medie dei metalli pesanti contenuti nei campioni prelevati.

TABELLA 3 -- QUALITÀ DELLE ACQUE METEORICHE DI DILAVAMENTO DI UN PONTE AD ALTO TRAFFICO IN LUISIANA (USA).

Data dell'evento	COD [mg/l]		Solidi sospesi [mg/l]	
	Media	Max	Media	Max
06/05/00	1312	3257	286	1302
06/09/00	328	2026	308	1809
08/07/00	478	722	31	71
08/10/00	192	975	259	1484
09/21/00	326	531	252	901
11/04/00	1011	7753	1046	8735
12/13/00	212	1202	492	1932

TABELLA 4 - METALLI PESANTI RILEVATI NELLE ACQUE METEORICHE DI DILAVAMENTO DI UN PONTE AD ALTO TRAFFICO IN LUISIANA (USA).

Data dell'evento	Concentrazione media per evento [µg/l]						
	Cromo	Nichel	Rame	Zinco	Arsenico	Cadmio	Piombo
06/06/00	69.9	236.5	1248.1	1053.7	11.7	15.1	24.1
06/09/00	12.4	19.1	30.5	196.3	1.5	11.4	8.1
08/07/00	57.3	67.7	117.3	401.3	3.9	13.1	2.5
08/10/00	900.5	567.1	154.8	1519.8	3.8	7.7	2.1
09/21/00	14.1	64.1	33.5	171.3	4.7	11.5	2.9
11/04/00	8.9	114.8	44.2	234.3	3.9	9.7	2.5
12/13/00	16.1	31.4	19.8	329.8	1.7	21.9	10.1

Assumendo come riferimento i valori limiti di emissioni in acque superficiali fissati dal D. Lgs. N° 152/99 (Tab. 3 – allegato 5), emerge che le acque analizzate presentano un elevato grado di inquinamento per quanto riguarda COD e SS; significativo è anche il tenore di metalli pesanti le cui concentrazioni medie, in alcuni eventi, superano i valori di Tab. 3 soprattutto per quanto riguarda rame e zinco.

Particolarmente significativi sono i risultati di recenti ricerche svolte in Italia.

La ricerca svolta a Pavia riguarda la qualità e quantità delle acque meteoriche in una fognatura unitaria nel bacino sperimentale di Cascina Scala. Il bacino, del tipo residenziale, ha un'area di 11 ha ed è stato oggetto di due campagne di acquisizione di dati di qualità e quantità delle acque defluenti nella rete di drenaggio di tipo unitario durante 14 eventi pluviometrici nel corso dei quali sono stati prelevati 162 campioni (Tabella 5) [Ciapponi et al. (2002)].

TABELLA 5 - CAMPO DI VARIABILITÀ E VALORI MEDI DEI PARAMETRI DI QUALITÀ PER I 162 CAMPIONI PRELEVATI IN TEMPO DI PIOGGIA IN UN BACINO RESIDENZIALE SERVITO DA UNA FOGNATURA UNITARIA [CIAPONI E ALTRI, 2002]

<b>Parametro</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>Valore Medio</b>	<b>Valore Minimo</b>	<b>Valore Massimo</b>
<b>Conducibilità specifica</b>	μS/cm	219.60	86.00	747.00
<b>COD</b>	mg/l	483.70	28.00	2434.00
<b>BOD<sub>5</sub></b>	mg/l	280.60	8.00	1780.00
<b>Idrocarburi</b>	mg/l	3.87	0.13	38.40
<b>Solidi totali</b>	mg/l	502.30	20.00	2360.00
<b>Solidi sedimentabili</b>	ml/l	18.20	0.800	100.00
<b>Azoto totale</b>	mg/l	22.81	1.510	86.60
<b>Azoto ammoniacale</b>	mg/l	8.36	0.450	39.60
<b>Fosforo</b>	mg/l	2.70	0.220	13.10
<b>Piombo</b>	mg/l	0.32	0.001	13.10
<b>Zinco</b>	mg/l	0.54	0.010	4.92

Anche per questo bacino si riscontra nelle acque meteoriche di dilavamento un elevato grado di inquinamento per ciò che riguarda BOD, COD, Idrocarburi, Solidi totali, Azoto totale, piombo e zinco.

I dati sopra riportati dimostrano che le acque meteoriche di dilavamento di superfici adibite ad attività antropiche, indipendentemente dal fatto che siano raccolte da sistemi di drenaggio unitari o solo pluviali, possono presentare livelli di contaminazione del tutto comparabili con quelli delle acque reflue generalmente scaricate in pubblica fognatura (acque nere) e, per alcuni parametri (in modo particolare per i metalli), addirittura peggiori.

E' quindi giustificata l'opinione, ormai sempre più diffusa, che, per perseguire un effettivo miglioramento qualitativo dei corpi idrici, non è sufficiente depurare le sole acque reflue, ma è anche necessario mettere in atto opportune strategie per il controllo degli scarichi di origine meteorica.

Per quanto riguarda poi la distribuzione temporale del grado di contaminazione delle acque meteoriche di dilavamento, è in generale riconosciuto, pur in presenza di alcuni dati contraddittori, che la concentrazione di inquinanti è molto forte all'inizio della precipitazione (*first foul flush*) e tende poi ad attenuarsi con il progredire della pioggia.

Le caratteristiche qualitative delle acque meteoriche di dilavamento di strade ad alto traffico, di parcheggi e di stazioni di distribuzione di carburante appaiono tali da richiedere necessariamente una qualche forma di controllo dello scarico.

Da una recente ricerca, non ancora pubblicata, emerge inoltre un'elevata concentrazione di metalli pesanti nei sedimenti presenti nelle caditoie stradali sifonate. Si può quindi ragionevolmente ritenere che l'inserimento di un canale filtrante su letto di sabbia sia in grado di abbattere un rilevante quantitativo di inquinanti presenti nelle acque di dilavamento.

## BILBIOGRAFIA

AA.VV , Sistemi di Fognatura – Manuale di progettazione – Ed. Centro Studi Deflussi Urbani – Hoepli – 1997

Auckland Regional Council (ARC). Assessment of environmental effects 2001. Capitolo 5. Nuova Zelanda, 2001.

Bellette K. Ockenden A. Stormwater pollution prevention. Code of practice for the community. Environmental protection authority. Adelaide (Australia), 1997.

Ciaponi C., Mutti M. e Papiri S. Storm Water Quality in the Cascina Scala (Pavia Italy) Experimental Catchment. 2nd International Conference. New Trends in Water and Environmental Engineering for Safety and Life: Eco-compatible Solutions for Aquatic Environmentals, Capri, Italy, June 24-28, 2002.

Ciaponi C., Conti F., Papiri S., Urbini G. Prima interpretazione di dati sperimentali sulla qualità delle acque defluenti in reti fognarie miste – VI SIBESA – Simposio Italo Brasileiro de Engenharia Sanitaria e Ambiental, Vitoria, Brasil, 1-5 settembre 2002

Jonhson C. D. e Juengst D. Polluted urban runoff. Cooperative Extension University Of Wisconsin. Wisconsin (USA). 1997.

Mignosa P., Paoletti A., Passoni G. Carichi Effluenti dagli Scaricatori di Piena di Fognature Unitarie. Idrotecnica, No. 3, pp. 231-246, 1991.

Milano V., Pagliara S. e Dellacasa F. Urban stormwater quantity and quality in the experimental urban catchment of Picchianti. 2nd International Conference. New Trends in Water and Environmental Engineering for Safety and Life: Eco-compatible Solutions for Aquatic Environmentals. Giugno 24-28, 2002. Capri, Italia.

National Institute of Water & Atmospheric Research (NIWA Ltd.). Results from Monitoring. Appendix 2. Auckland, Nuova Zelanda.

Papiri S. Gli scaricatori di piena nelle fognature miste alla luce dei risultati di una simulazione continua quali-quantitativa delle acque meteoriche nel bacino urbano sperimentale di Cascina Scala (Pavia)- Atti della II Conferenza Nazionale sul Drenaggio Urbano, Palermo, 10-12 Maggio 2000.

Saget A., Gromaire-Mertz M. C., Deutsch J.C., Chebbo G. Extent of pollution in urban wet weather discharges. Atti della conferenza internazionale "Hydrology in a Changing Environment". Luglio 6-10, 1998. Exceter, UK.

Shaw M. Port jackson south catchment stromwater group of councils. Issue No. 6. Sydney, Australia. 1999.

Steuer J. Stormwater pollution sources areas isolated in Marquette, Michigan. Watershed protection techniques. 3(1):609-612. 1997. Michigan, USA.

Tramonte J., Tittlebaum M., Cartledge F. e Sansalone J. Transport of entrained particulate matter from urban infrastructure over water by rainfall-runoff. 2nd International Conference. New Trends in Water and Environmental Engineering for Safety and Life: Eco-compatible Solutions for Aquatic Environmentals. Giugno 24-28, 2002. Capri, Italia.

### 3. STUDIO DELLA PLUVIOMETRIA

#### 3.1 CURVA DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA

Per dimensionare una rete di drenaggio delle acque meteoriche, è necessario stimare la quantità di pioggia che la rete deve smaltire in occasione delle precipitazioni di maggiore intensità.

Dato il carattere essenzialmente aleatorio degli eventi di pioggia, la descrizione del regime delle piogge intense si deve fondare su un'analisi statistica delle osservazioni pluviometriche.

In particolare, per ricercare la durata critica e quindi l'intensità critica della pioggia, è necessario conoscere la legge secondo la quale varia, al variare della durata, l'altezza di precipitazione caratterizzata da un certo grado di rarità. Questa relazione, detta *curva di probabilità pluviometrica*, si rappresenta usualmente con l'espressione monomia:

$$h = at^n$$

nella quale  $h$  è l'altezza di pioggia,  $t$  è la durata e  $a$  e  $n$  sono parametri che variano a seconda della località indagata.

Per caratterizzare il grado di rarità dei valori di  $h$  forniti dalla formula sopra riportata, si fa ricorso al concetto di *tempo di ritorno*. Si definisce tempo di ritorno del valore  $h$  la lunghezza dell'intervallo di tempo  $T$  (in anni) per la quale il valore di  $h$  è mediamente superato una volta.

La relazione monomia fornisce i valori  $h$  dell'altezza di precipitazione, relativi alle diverse durate, caratterizzati dallo stesso valore del tempo di ritorno. Per rappresentare la pluviometria di una data area si adopera un fascio di curve, ciascuna caratterizzata da un particolare valore del tempo di ritorno.

#### 3.2 OSSERVAZIONI DISPONIBILI

Per definire il regime delle piogge intense delle aree interessate dal tracciato del raccordo autostradale oggetto di studio, occorre fare ricorso alle osservazioni registrate presso le stazioni pluviometriche poste nelle vicinanze.

Lo studio è stato effettuato facendo ricorso alle osservazioni registrate alle stazioni pluviografiche di Cremona e di Casalmaggiore, per le quali sono disponibili i dati relativi, rispettivamente, ai periodi 1951-1991 e 1969-1991; in particolare, sono stati utilizzati i valori

massimi annuali di altezza di precipitazione, per i quali sono disponibili i massimi annui relativi alle durate comprese fra 10 minuti e 24 ore.

I dati disponibili per la stazione pluviometrica di Cremona sono riportati in Tabella 6A, mentre in Tabella 6B sono riportati i dati disponibili per la stazione pluviometrica di Casalmaggiore.

Tab. 6 A - MASSIMI ANNUALI DI PRECIPITAZIONE MISURATI NELLA STAZIONE PLUVIOGRAFICA DI CREMONA

ANNO	ALTEZZE DI PRECIPITAZIONE [mm]								
	DURATA 10 minuti	DURATA 15 minuti	DURATA 30 minuti	DURATA 45 minuti	DURATA 60 minuti	DURATA 3 ore	DURATA 6 ore	DURATA 12 ore	DURATA 24 ore
1951			17.2		20.0				
1952			11.8	11.8	13.6				
1953				20.2	22.2				
1954				15.0	15.8				
1955		21.4		21.4	22.2				
1956		18.0	24.4	24.4	27.3				
1957			34.8		35.6				
1958					37.0				
1959			35.0		37.4				
1960				35.0	36.0				
1961				31.0	35.0				
1962	10.0		12.2		13.0				
1963					64.0				
1964				36.2	41.8				
1965					19.4				
1966	13.0	19.0			28.0				
1967	17.2		30.0		37.4				
1968		17.0			19.4				
1969	10.0				11.0	22.2	29.4	33.2	51.6
1970					35.6	38.2	38.6	48.0	64.2
1971	5.4	8.0			11.4	16.4	25.0	41.8	48.4
1972	6.4		13.0		22.4	24.4	31.4	42.4	54.2
1973									
1974			24.6		24.6	24.6	36.8	59	81.6
1975	17.8				27.0	36.8	36.8	36.8	58.4
1976			31.0		37.0	42.0	59.2	60.0	75.8
1977			29.6		41.2	63.4	66.2	66.6	69.0
1978			40.2		50.2	55.2	58.2	61.6	69.2
1979					37.0	85.6	141.0	182.4	199.0
1980					16.0	24.2	27.8	47.6	59.6
1981					33.8	35.8	39.6	39.6	49.4
1982									
1983	10.0				12.0	12.0	16.4	24.4	44.4
1984	7.6				13.0	21.2	31.4	44.0	81.0
1985			16.7		19.3	20.4	29.6	44.6	54.4
1986	9.6				20.2	21.8	26.8	26.8	27.0
1987		10.4	11.2	12.2	13.2	29.0	30.4	33.2	54.4
1988		13.2	17.6	24.8	31.4	35.8	35.8	38.6	40.8
1989		8.6	13.0	15.6	18.2	25.0	27.0	29.2	29.2
1990		13.8	19.6	21.6	23.4	40.2	41.8	58.4	67.0
1991		13.8	17.8	21.4	25.0	36.6	68.8	77.0	80.0

TAB. 6 B - MASSIMI ANNUALI DI PRECIPITAZIONE MISURATI NELLA STAZIONE PLUVIOGRAFICA DI CASALMAGGIORE

ANNO	ALTEZZE DI PRECIPITAZIONE [mm]						
	DURATA 15 minuti	DURATA 30 minuti	DURATA 60 minuti	DURATA 3 ore	DURATA 6 ore	DURATA 12 ore	DURATA 24 ore
1969	9.0		11.	20.0	34.9	34.9	48.0
1970	13.0		27.0	29.6	29.8	38.2	38.6
1971	13.4	21.2	23.2	31.0	31.2	35.2	37.4
1972	12.0	23.8	26.8	30.8	31.2	41.0	47.6
1973							
1974	8.2		23.0	24.2	24.8	30.6	36.0
1975			20.2	23.2	37.0	52.2	60.8
1976	20.0		61.0	85.2	95.8	95.8	95.8
1977		21.0	27.4	32.2	47.8	56.4	77.2
1978	9.8		29.2	41.4	48.4	53.4	55.6
1979			31.0	43.2	81.8	130.	170.0
1980							
1981		24.0	33.6	38.2	44.4	44.4	44.4
1982	12.0	15.0	24.6	40.4	54.6	60.6	72.4
1983	19.6		24.0	24.2	24.2	24.6	46.2
1984		28.0	29.2	38.4	41.2	44.2	61.2
1985			19.7	29.6	36.6	38.9	40.6
1986			20.8	22.8	26.6	26.8	27.0
1987	15.0	25.2	43.8	64.6	68.6	90.2	90.6
1988	12.0	16.6	25.2	38.2	40.6	49.6	72.8
1989			71.2	73.2	75.8	85.8	130.6
1990	14.6	19.0	32.6	47.2	47.2	47.2	59.0
1991	8.2	8.6	12.6	28.4	39.4	56.0	65.8

### 3.3 ANALISI STATISTICA DELLE OSSERVAZIONI

I dati pluviometrici registrati alla stazione di Cremona, relativi ad ogni durata, sono stati elaborati con la legge di distribuzione lognormale, largamente utilizzata per questo tipo di elaborazioni. I risultati ottenuti, ossia i valori della altezza di precipitazione corrispondenti ai tempi di ritorno prefissati (5 e 20 anni) per ogni durata considerata, sono riportati in Tab. 7A.

Procedimento analogo è stato ripetuto per i dati pluviometrici registrati alla stazione di Casalmaggiore, i risultati ottenuti sono riportati in Tab. 7B



TAB. 7A - ALTEZZE DI PRECIPITAZIONE PER DIVERSE DURATE E PER DIVERSI TEMPI DI RITORNO,  
CREMONA

T / t	10 minuti	15 minuti	30 minuti	45 minuti	60 minuti	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
5 anni	13.68	17.69	28.7	32.14	35.08	45.17	58.72	71.78	86.94
20 anni	18.52	22.64	39.56	43.04	49.27	66.43	92.84	114.28	129.88

TAB. 7B - ALTEZZE DI PRECIPITAZIONE PER DIVERSE DURATE E PER DIVERSI TEMPI DI RITORNO,  
CASALMAGGIORE

T / t	15 minuti	30 minuti	60 minuti	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
5 anni	15.70	24.57	38.90	50.13	59.43	71.62	87.78
20 anni	19.84	30.66	56.18	70.53	82.56	103.5	129.85

L'osservazione della distribuzione dei risultati così ottenuti indica che, in entrambi i casi, la curva di probabilità pluviometrica relativa ad ogni tempo di ritorno è descritta da due rami, ossia da due espressioni monomie ( $h = a_1 * t^{n1}$  e  $h = a_2 * t^{n2}$ ), la cui intersezione corrisponde ad una durata di poco superiore alla mezz'ora per i dati di Cremona e a circa un'ora per i dati di Casalmaggiore.

Interpolando i massimi di precipitazione connessi con i tempi di ritorno assegnati e per le diverse durate, si sono ricavate le curve corrispondenti, i cui parametri sono riportati nelle Tabelle 8A e 8B e le cui rappresentazioni sono riportate in Figura 1 e Figura 2.

TAB. 8 A – PARAMETRI DELLE CURVE DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA DI CREMONA

T	$a_1$	$n_1$	$a_2$	$n_2$
5 anni	32.79	0.658	24.30	0.248
20 anni	63.91	0.716	48.42	0.328

TAB. 8 B – PARAMETRI DELLE CURVE DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA DI CASALMAGGIORE

T	$a_1$	$n_1$	$a_2$	$n_2$
5 anni	38.82	0.654	38.28	0.255
20 anni	54.61	0.751	54.09	0.263

FIGURA 1, CURVE DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA PER T PARI A 5 ANNI

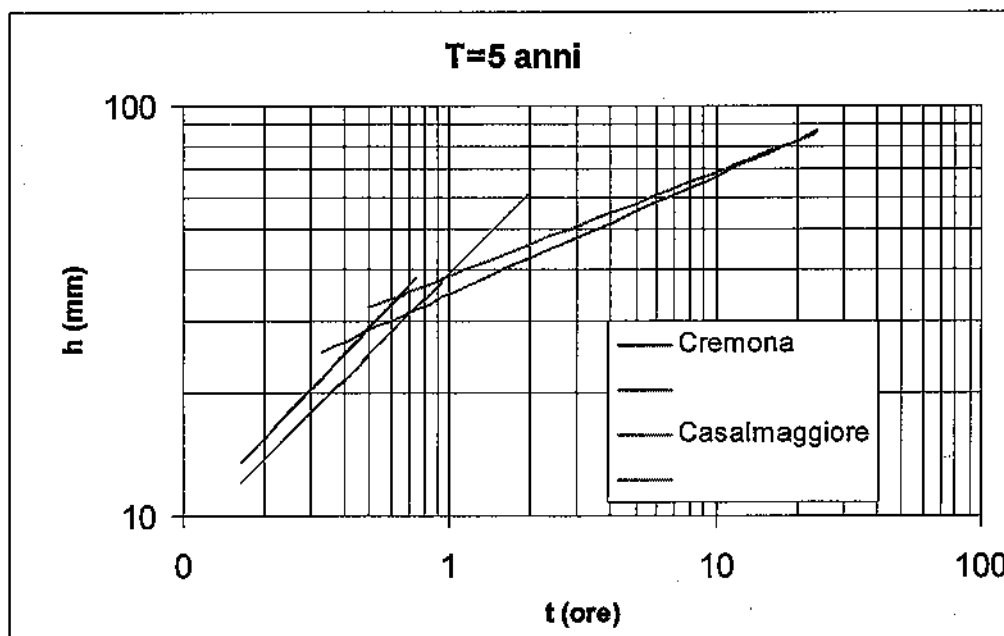
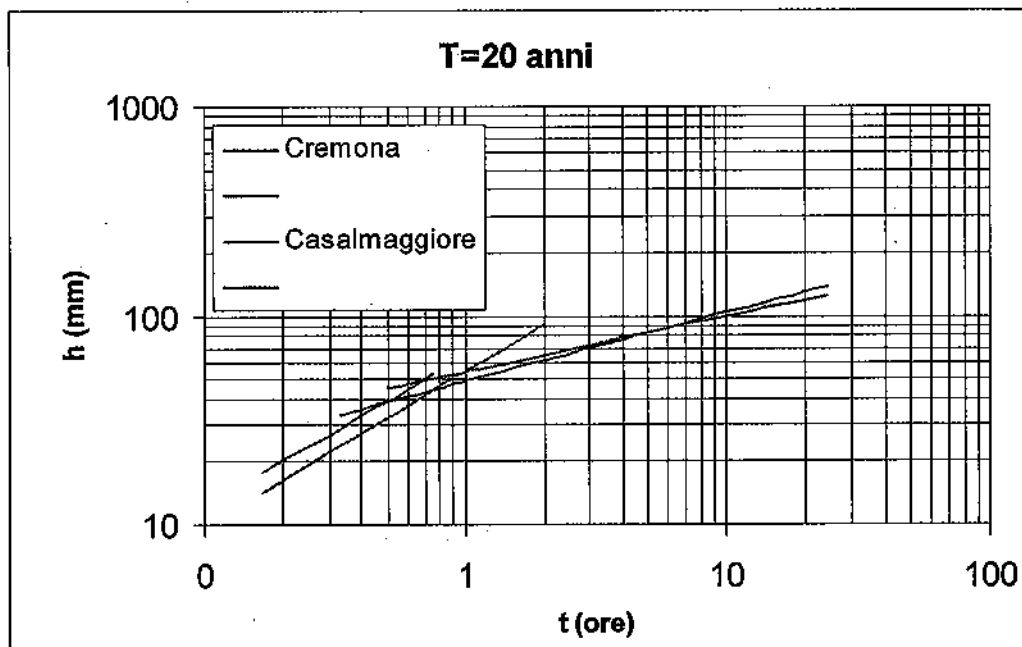


FIGURA 2, CURVE DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA PER T PARI A 20 ANNI



Per descrivere la pluviometria nell'area interessata dal progetto qui presentato, si sono cautelativamente assunte le Curve di Probabilità Pluviometrica ricavate dai dati relativi alla stazione di Cremona, in quanto l'analisi delle curve ottenute per le due stazioni pluviometriche mostra che la CPP di Cremona fornisce una stima di altezze di precipitazione maggiore per durate brevi, mentre per le durate maggiori le due curve sono quasi equivalenti.

### 3.4 DEFINIZIONE DEGLI IETOGRAMMI DI PROGETTO

Per procedere al dimensionamento di una rete di drenaggio per acque meteoriche, oltre alla conoscenza del legame intercorrente fra l'altezza e la durata della precipitazione, definito, per una prefissata probabilità di non superamento (tempo di ritorno) dalla curva di probabilità pluviometrica, è necessario definire la distribuzione temporale della precipitazione, cioè lo ietogramma di progetto.

Nel caso di una rete di drenaggio che serve un bacino di estensione piuttosto limitata, è importante che la distribuzione temporale dello ietogramma adottato per il calcolo di

dimensionamento riproduca il più correttamente possibile i picchi dell'intensità di pioggia, dai quali dipende in larga misura il valore della portata al colmo. La forma adottata per gli ietogrammi di progetto è in genere basata sull'utilizzazione congiunta delle curve di probabilità pluviometrica e dei risultati di altre analisi statistiche effettuate sugli ietogrammi storici.

Lo ietogramma di progetto a intensità costante è il più semplice tra gli ietogrammi di progetto ed è il più utilizzato in Italia. E', però, universalmente riconosciuto che questo tipo di ietogramma conduce ad una sottostima sistematica delle portate al colmo. Per tale motivo, soprattutto all'estero, è invalso l'uso di ietogrammi di progetto ad intensità variabile quali, ad esempio, gli ietogrammi tipo *Chicago*, *Wallingford*, *Sifalda*, ecc.. Fra questi, il più usato è lo ietogramma di tipo *Chicago* che viene costruito imponendo che, per qualsiasi durata inferiore alla durata totale dello ietogramma, l'intensità di pioggia sia pari a quella fornita dalla curva di probabilità pluviometrica.

Per la definizione delle reti di drenaggio per le acque meteoriche di dilavamento si è adottato, pertanto, lo ietogramma di progetto di tipo *Chicago*, con le seguenti caratteristiche:

- durata totale = 1 ora;
- posizione del picco: centrale;
- discretizzazione = 5 minuti, con valore del picco valutato con riferimento alla durata di 10 minuti.

E' quindi stato costruito un ietogramma di progetto ricavato dalla curva di possibilità pluviometrica con tempo di ritorno  $T = 5$  anni e adottato per la verifica in moto vario della rete a servizio delle tratte in rilevato con scarichi diffusi.

## **4. DEFINIZIONE E DIMENSIONAMENTO DEI SISTEMI DI DRENAGGIO**

### **4.1 GENERALITÀ**

Nel tracciato autostradale oggetto della presente progettazione definitiva "Nuovo casello di Castelvetro, Raccordo autostradale con la S.S.10 "Padana Inferiore" e completamento della bretella autostradale tra la S.S.10 "Padana Inferiore" e la S.S.234" si presentano situazioni differenti dal punto di vista del drenaggio e della raccolta delle acque meteoriche di dilavamento; si possono individuare le seguenti tipologie di tracciato:

- tratte in rilevato che consentono l'accumulo delle acque meteoriche di dilavamento eccedenti la "prima pioggia" nei fossi di guardia, realizzati lungo la scarpata del rilevato, e il loro smaltimento per infiltrazione;
- tratte in rilevato nelle quali la falda idrica è prossima al piano campagna e, per la sua protezione, al fosso di guardia, destinato all'accumulo e al successivo smaltimento per infiltrazione delle acque meteoriche eccedenti la "prima pioggia", è opportuno abbinare un canale filtrante su letto di sabbia avente la funzione di "intrappolare" gli inquinanti veicolati dalle acque di dilavamento;
- tratte in viadotto, nelle quali lo smaltimento delle acque di dilavamento eccedenti la "prima pioggia" può essere affidato ai pluviali.

Per poter garantire la migliore tutela del patrimonio idrico e ambientale attraversato dall'opera stradale, si è ritenuto opportuno optare per una soluzione di drenaggio della piattaforma che consenta comunque l'intercettazione e il convogliamento ad una vasca di accumulo di adeguata capacità sia dei liquidi che possono derivare da sversamenti dovuti ad incidenti e/o a interventi dei vigili del fuoco, sia delle "acque di prima pioggia" provenienti dal dilavamento della piattaforma stradale.

Il volume massimo sversabile sulla sede stradale in caso d'incidente rilevante, secondo le indicazioni della UNIPETROLI, è stato assunto pari a  $38 \text{ m}^3$ , pari a quello trasportato da un autotreno per trasporto di idrocarburi. Il tempo totale per lo svuotamento è stimato in 40 minuti. La portata massima da convogliare risulta quindi pari a circa 16 l/s.

Le "acque di prima pioggia", ancorché tutt'ora non ben definite né sul piano quantitativo né su quello qualitativo dalla normativa nazionale e regionale, sono state identificate in via

cautelativa con quelle indicate dall'Art. 20, comma 2, della L. R. 27/05/1985 N. 62 della Regione Lombardia "Disciplina degli scarichi degli insediamenti civili e delle pubbliche fognature – Tutela delle acque sotterranee dall'inquinamento", che così recita:

*"Sono 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. Ai fini del calcolo delle portate, si stabilisce che tale valore si verifichi in quindici minuti; i coefficienti di afflusso alla rete si assumono pari ad 1 per le superfici coperte, lastricate od impermeabilizzate e a 0,3 per quelle permeabili di qualsiasi tipo, escludendo dal computo le superfici coltivate".*

Data la tipologia dell'area drenata, le "acque di prima pioggia" sono quindi pari a 50 m<sup>3</sup> per ettaro di piattaforma stradale drenata e la loro portata è pari a circa 55 l/s ha.

Il sistema di drenaggio della piattaforma stradale, per le tratte in viadotto e in rilevato, è quindi stato dimensionato in modo da essere in grado di allontanare velocemente dalla piattaforma le portate meteoriche connesse con eventi meteorici intensi e di convogliare alle vasche di accumulo una portata non inferiore a 55 l/s per ha di superficie stradale drenata, e comunque non inferiore a 16 l/s.

Il sistema di drenaggio consente quindi di convogliare alle vasche di accumulo la portata massima di origine meteorica connessa con eventi di intensità fino a 20 mm/ora.

Nel caso di eventi meteorici particolarmente intensi, il sistema di convogliamento funziona in pressione ed entra in funzione un sistema di scarichi di tipo diffuso che smaltisce nei fossi di guardia o lungo i viadotti la portata eccedente la capacità di trasporto del sistema di collettamento. Il funzionamento idraulico del sistema è stato verificato in moto vario con il modello MOUSE del DHI.

## 4.2 "VINCOLI" DI PROGETTO

Per la definizione degli interventi, si sono considerati i seguenti vincoli:

- VINCOLI DI TUTELA DEI CORSI D'ACQUA

L'indagine sul reticolo superficiale, espressamente commissionata dalla Soc. Autostrade CentroPadane e denominata "Studio delle interferenze idrauliche con il reticolo idrografico minore" ha portato ad identificare circa 60 corsi d'acqua, a cui si aggiungono il Fiume Po ed il Canale Navigabile Milano-Cremona, che risultano "interferire" in qualche misura col nuovo asse viario.

L'indagine ha definito, sia la destinazione d'uso, sia anche la qualità (empirica) del reticolo idrografico minore che si ha in corrispondenza o vicinanza del manufatto autostradale.

Pur essendo la misura di qualità attribuita solo orientativa, si riconosce che solo 2 corsi d'acqua esprimono un livello di qualità "buono", mentre 12 risultano avere qualità "media"; dei rimanenti 46 corsi d'acqua investigati, 5 risultano di qualità "cattiva" mentre tutti gli altri non sono stati classificati. Per questi ultimi, avendo gli stessi funzione per lo più irrigua, si assume che abbiano qualità almeno media.

I corsi d'acqua che dopo opportune correzioni di tracciato e di sezione andranno in futuro a intersecare il manufatto autostradale sono 19; di essi solo uno risulta attualmente di qualità "cattiva" (C017-canale Laghetti), mentre tutti gli altri risultano di qualità "media" in base all'indagine diretta oppure sono classificati come tali perché di tipo irriguo. I più importanti corsi d'acqua che interferiranno con l'autostrada sono indicati di seguito, ordinati in base alla sezione di attraversamento:

- C055bis (Cavo Morta) - Sez. 6
- C058 (N.D.) - Sez. 23
- C060 (N.D.) - Sez. 29
- C017 (C. Laghetti) - Sez. 110
- C016 (N.D.) - Sez. 125
- C026 (Canale Laghetti) - sez. 145
- C018 (Canale n. 18) - Sez. 176

- C036 (Cavo Morta) – Sez. 185
- C042 (N.D.) – Sez. 376

Per evitare che pervenga ad essi uno scarico diretto proveniente dall'autostrada, quindi potenzialmente inquinante, tutte le acque che da questa si generano, escluse quelle di prima pioggia, sono state convogliate ai fossi di guardia posti al piede della scarpata.

Si evidenzia inoltre che, se si escludono il Fiume Po, il Cavo Morta, la Roggia Riglio ed il Canale Navigabile prima citati, tutti gli altri corsi d'acqua interferenti con l'Autostrada sono in genere caratterizzati da alvei con debolissima pendenza e di piccola dimensione la cui profondità molto spesso non supera i 2 metri. Per poter smaltire in essi le acque raccolte dai fossi di guardia occorrerebbe effettuare opere ingenti al fine di raccordarsi solo con quelli di maggiore dimensione e dotati di adeguato franco di sicurezza.

Onde evitare di stravolgere il sistema idrografico, si è privilegiato lo smaltimento delle acque meteoriche di supero (quelle cioè eccedenti l'aliquota della "prima pioggia") attraverso gli stessi fossi di guardia, opportunamente dimensionati, atti a garantire dapprima un adeguato invaso e successivamente l'eliminazione delle acque invasate per infiltrazione.

La tipologia e le caratteristiche idrauliche dei fossi di guardia saranno illustrate in seguito.

#### • VINCOLI DI TUTELA DEL PATRIMONIO IRRIGUO

I corsi d'acqua di medio piccola dimensione che direttamente interferiscono con l'autostrada complessivamente risultano essere circa 15; a questi si aggiungono, all'interno degli argini maestri del Po, il Fiume Po stesso, il Cavo Morta, la Roggia Riglio e all'esterno di tali argini il Canale Navigabile, la Roggia Morbasco ed il Cavo Gambina.

Le caratteristiche idrauliche e tipologiche di questi corsi d'acqua sono state accorpate in tre tipi:

- a) irrigui, adibiti quindi solo a trasporto stagionale di acqua. Su questi non si è mai proceduto ad effettuare uno scarico diretto;



- b) promiscui, i quali hanno funzione irrigua ma fungono anche da colatori per le acque irrigue di supero e meteoriche;
- c) di bonifica, rappresentati dai corsi d'acqua maggiori tra cui si sono considerati la R. Riglio ed il Canale Navigabile.

Nella individuazione dei corpi idrici ricettori per i sistemi di drenaggio si è tenuto conto di tale suddivisione, infatti i corsi d'acqua utilizzati per lo scarico sono corsi di bonifica o di tipo promiscuo, ma questi ultimi risultano sempre recapitare a breve in canali di bonifica, in quanto perdono la loro funzione irrigua.

- VINCOLI DI TUTELA AMBIENTALE E DELLA FALDA IDRICA

Ai fini della tutela della falda idrica, e più in generale dell'ambiente, si è ritenuto opportuno prevedere un sistema di controllo della qualità delle emissioni liquide provenienti dall'autostrada, consistente in un trattamento dell'aliquota delle acque meteoriche maggiormente inquinate ("prima pioggia").

Tale sistema consiste nella realizzazione di vasche sotterranee a tenuta alimentate da condotte che verranno posate, per quanto riguarda i tronchi in rilevato, sotto la cunetta stradale posta all'esterno delle carreggiate, mentre per i tronchi in viadotto saranno ancorate all'impalcato.

Lo stesso sistema avrà anche il compito di intercettare, coi limiti in seguito specificati, i fluidi accidentalmente sversati sulla carreggiata autostradale nell'ambito di un incidente che coinvolga automezzi adibiti al trasporto di grandi quantità di liquidi pericolosi (incidente rilevante).

Tale scelta è giustificata dal fatto che la normativa vigente, sia in tema di tutela delle acque dall'inquinamento sia per quanto riguarda il trasporto di sostanze pericolose, non affronta mai l'eventualità di sversamento accidentale in corpo idrico o in suolo di liquidi pericolosi.

Infatti, la normativa che disciplina le problematiche connesse con l'accadimento di un incidente rilevante si rivolge oggi quasi esclusivamente a episodi che coinvolgono gli

insediamenti produttivi<sup>1</sup> e trascura pertanto gli eventi che coinvolgono i mezzi di trasporto. Per questi ultimi vige una disciplina legata ad alcuni accordi internazionali. In particolare l'ADR (**Accord Dangereuses par Route**) sottoscritta dall'Italia<sup>2</sup> nel 2001 e solo recentemente estesa anche alla rete stradale nazionale.

Le norme ADR non entrano però nel merito né dei criteri con cui trasportare certe sostanze (mezzi ribassati o con container a doppia camicia), né sull'ammissibilità dell'attraversamento di particolari aree (come centri urbani o zone con vincoli ambientali e perciò vulnerabili).

Le norme ADR in pratica si limitano a definire le modalità di carico-scarico, di sosta, nonché le caratteristiche dei vettori e delle modalità di segnalazione agli altri utenti della strada, relativamente alle sostanze trasportate e alla loro pericolosità. E' quindi lasciata all'autonomia dei sindaci la decisione di emettere ordinanze in merito alla non attraversabilità del territorio dei propri comuni da parte dei mezzi di trasporto o imporre condizioni restrittive.

---

<sup>1</sup> La normativa di riferimento che si occupa nello specifico dei centri di pericolo e degli insediamenti produttivi è la seguente:

- a) Direttiva 2003/105/Ce (Controllo dei pericoli di incidenti rilevanti - modifica della direttiva 96/82/Ce, cd. "Seveso bis");
- b) Decisione 2002/605/CE (controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose - questionario relativo alla relazione triennale prevista dalla direttiva 96/82/CE);
- c) Dm Ambiente-Industria-Sanità 16 maggio 2001, n. 293 (controllo incidenti rilevanti nei porti);
- d) Circolare Min. Interno - Dipartimento dei Vigili del Fuoco 18 febbraio 2004 (Sostanze pericolose - istruzioni per il controllo delle notifiche cui sono tenuti i gestori degli impianti);
- e) Circolare Min. Interno - Dipartimento dei Vigili del Fuoco 17 febbraio 2004 (Depositi di metanolo ed etanolo - classificazione e gestione);
- f) Circolare Min. Interno 23 gennaio 2004 (Semplificazione delle procedure di prevenzione incendi nelle attività a rischio di incidente rilevante soggette al Dlgs 334/1999 - chiarimenti).

<sup>2</sup> L'accordo europeo relativo ai trasporti internazionali di merci pericolose su strada, firmato a Ginevra nel 1957 viene ratificato dall'Italia nell'Agosto del 1962 (Legge 1839), il recepimento delle Direttive Comunitarie si ha con il Dm 04.09.1996, ultimamente abrogato (salvi gli allegati) con Decreto del 03 Maggio 2001 a recepimento della Direttiva Comunitaria 2000/61/CE.

Stante il vuoto normativo, acquista particolare significato la scelta di prevedere - per i territori attraversati dal nuovo asse autostradale - l'adozione di sistemi, quant'anche passivi, in grado di proteggere le acque superficiali e sotterranee da eventuali contaminazioni legate a sversamenti liquidi.

Da notare che il tradizionale sistema di smaltimento delle acque meteoriche scaricate dalle sedi stradali (autostrade comprese), consistente in fossi di guardia recapitanti nel reticolo idrico superficiale, pone il grande problema della intercettazione prima e della bonifica poi (ordinariamente mai realizzabili) di lunghe tratte di alvei inquinati a causa dello sversamento accidentale dalle autobotti trasportanti sostanze tossiche e/o pericolose. E' in quest'ottica che si sono previste opere atte a controllare la propagazione degli inquinanti che si originano dalla sede stradale.

Dalle indagini geologiche compiute nel corso della progettazione, emerge che in alcune tratte la falda freatica, come indicato nei profili di progetto, può assumere un livello molto prossimo al piano campagna, dell'ordine di 2 m.

Dal momento che il sistema adottato di smaltimento delle acque eccedenti la "prima pioggia" prevede che tali acque siano dapprima invasate nei fossi di guardia e successivamente disperse negli strati superficiali del suolo per infiltrazione, si è previsto, in via cautelativa, un sistema di trattamento supplementare per tali acque, qualora siano recapitate in fossi di guardia aventi il fondo ad una distanza inferiore a 2 metri rispetto alla superficie della falda acquifera sotterranea.

Si è perciò predisposto, in corrispondenza dei fossi di guardia che hanno la falda con soggiacenza inferiore o uguale a 2 m, un canale filtrante su letto di sabbia di adeguate caratteristiche di porosità che provvederà a filtrare le acque scaricate dagli embrici stradali e, una volta operata la filtrazione, le convoglierà nel fosso di guardia da cui verranno disperse nel suolo tramite infiltrazione.

Le indagini geologiche sopra citate hanno inoltre evidenziato che il tracciato dell'Autostrada in progetto interessa terreni alluvionali costituiti essenzialmente da ghiaia e sabbia, con moderata copertura di materiale a granulometria fine.

Questi terreni sono sede di una falda freatica multistrato caratterizzata, almeno nella porzione superficiale, da una elevata conducibilità idraulica.

La permeabilità viene valutata intorno a  $10^{-3}+10^{-4}$  cm/s, il che assicura il rapido svuotamento dei fossi dopo gli eventi meteorici.

- VINCOLI PER IL POSIZIONAMENTO DELLE OPERE D'INVASO

Le opere destinate a raccogliere le acque di prima pioggia, ovvero i liquidi rilasciati durante un incidente rilevante, sono state collocate tutte in aree di pertinenza del tronco autostradale, presso le piazzole di sosta oppure al piede dei viadotti.

Nel primo caso le opere sono state previste totalmente interrate con accesso dal piano viario mediante passi uomo; nel secondo caso sono state previste fuori terra, benché coperte, con accesso dall'alto. In entrambi i casi sarà opportuno prevedere chiusini con chiusura ermetica di lavorazione speciale in modo da evitare qualunque manomissione che possa comportare l'accesso indebito.

La scelta del posizionamento delle vasche di raccolta in corrispondenza delle piazzole di sosta od in aree comunque già previste dal progetto della sede autostradale consente di ottimizzare l'utilizzo delle stesse aree e di integrare, per quanto possibile, i diversi servizi funzionali alla nuova viabilità (rete elettrica, piazzole tecnologiche, ...).

### **4.3 TIPOLOGIE COSTRUTTIVE DELLE OPERE DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO**

Le opere di drenaggio delle acque meteoriche nel tratto in esame (lotto I) riguardano essenzialmente la tipologia in rilevato.

Le carreggiate dispongono di cunetta laterale per i tratti rettilinei, ovvero centrale e laterale per i tratti in curva.

A questo elemento si affianca, nei primi due casi, la posa di una condotta destinata a raccogliere le acque di prima pioggia da inviare al trattamento, la quale avrà caratteristiche costruttive e dimensionali differenti a seconda che la sede stradale sia in rilevato oppure su viadotto.

#### 4.3.1 Opere di drenaggio delle tratte in rilevato

Le opere di drenaggio delle tratte in rilevato si compongono, come detto, di una cunetta (laterale o centrale) e di una condotta per la raccolta delle acque di prima pioggia. Le specifiche dimensionali e costruttive sono le seguenti.

##### A. CUNETTA PER LE TRATTE IN RETTILINEO.

Per il dimensionamento di quest'opera si è fatto riferimento alla portata meteorica di picco che si genera al termine di una tratta di 25 m compresa tra due pozzetti-caditoia con feritoia, alimentanti la condotta sotterranea destinata a raccogliere le acque di "prima pioggia". Per la condotta sotterranea si prevede una profondità di posa del fondo della condotta stessa a circa 1.40 m dalla quota del piano viabile.

Come si evince dalle Tav. e.9.2, alcune caditoie avranno una feritoia di ampia dimensione (30x10 cm) destinata a scaricare nell'embrice le portate eccedenti la capacità di trasporto della condotta destinata a convogliare le acque di prima pioggia. Inoltre, a livello stradale, il cordolo di contenimento delle acque lato scarpata risulta leggermente ribassato rispetto a quello lato strada al fine di consentire l'evacuazione delle acque sull'embrice in caso di ostruzione delle predetta feritoia. Le caditoie munite di feritoia saranno posate con interasse di 25 m mentre tra le due vi sarà una caditoia senza feritoia. Questo permetterà di ridurre il numero degli embrici. Le due tipologie di caditoie avranno una griglia di sezione 60 x 60 cm facilmente asportabile in modo da permettere la pulizia interna della caditoia.

Per consentire la posa della condotta, nonché per poter congiuntamente realizzare un cavidotto che servirà anche ad alimentare i gruppi di sollevamento installati nelle vasche che raccoglieranno le acque di prima pioggia, si è dovuto prevedere una cunetta laterale di dimensione maggiore rispetto a quelle tradizionali, dette "alla francese". La cunetta adottata presenta infatti una sagoma semi rettangolare, con un leggero rialzo sul lato strada; la sua larghezza è pari a 110 cm mentre l'altezza al coronamento lato scarpata è di 10 cm.

Per verificare la capacità di portata di tale opera, si è ricorso alla formula razionale stante la modesta dimensione del bacino compreso tra due caditoie distanti 25 m, assumendo prudenzialmente che la caditoia posta in mezzo alle due predette sia ostruita e quindi intercetti una portata nulla.

Con riferimento alle elaborazioni statistiche sulle precipitazioni intense riportate nel capitolo 2, si deduce che, per durate critiche dell'ordine di 3 minuti, la precipitazione risulterà avere, per tempi di ritorno di 5 anni e 20 anni, una intensità oraria  $i$  rispettivamente di:

$$i(T=5 \text{ anni}) = 117,6 \text{ mm/h}$$

$$i(T=20 \text{ anni}) = 149,6 \text{ mm/h}$$

Essendo la larghezza di una carreggiata pari a 14,25 m, la superficie  $A$  del bacino compreso tra due caditoie distanziate 25 m risulta essere di 356,3 mq. Pertanto applicando la formula razionale:

$$Q_c = \phi \times i \times A$$

la portata al colmo  $Q_c$  nella sezione di valle risulterà, nell'ipotesi di perdite nulle ( $\phi = 1$ ), pari a:

$$Q_c(T=5 \text{ anni}) = 41,9 \text{ mc/h} = 11,6 \text{ l/s (pari a 325 l/sxha)}$$

$$Q_c(T=20 \text{ anni}) = 53,3 \text{ mc/h} = 14,8 \text{ l/s (pari a 415 l/sxha)}$$

Se si assume che il moto della corrente sia uniforme lungo la cunetta, dalla relazione di Gauckler-Strickler con coefficiente di scabrezza  $k = 65 \text{ [m}^{1/3}/\text{s]}$  si ha, per una pendenza minima della strada di 1 m/km, una portata  $Q_{tot}$  a massimo riempimento di oltre 30 l/s, il che corrisponde all'incirca al doppio del valore della portata critica con tempo di ritorno ventennale.

## B. CUNETTA PER LE TRATTE IN CURVA.

Con analogo ragionamento si è affrontato il dimensionamento della cunetta centrale localizzata nei tratti in curva.

Sempre per ragioni legate alla presenza di una condotta sottostante la cunetta, destinata a convogliare le acque da inviare al trattamento e per cui si prevede una profondità di posa del fondo della condotta stessa a circa 1.60 m dalla quota del piano viabile, risulta necessario predisporre una cunetta di sezione piuttosto larga in grado di accogliere sul fondo una griglia di sezione 60 x 60 cm.

In questo caso la cunetta è di sezione trapezia con dimensioni:  $b= 60$  cm,  $B= 80$  cm,  $h= 20$  cm. Ammettendo sempre un bacino servito tra due caditoie (distanti 25 m) di superficie  $A$  pari a 356,3 mq, un coefficiente di afflusso  $\phi$  pari a 1, risulta che con pendenza longitudinale della strada del 1/1000, la portata  $Q_{tot}$  smaltibile è di oltre 50 l/s e pertanto ampiamente in grado di convogliare la portata critica con tempo di ritorno ventennale.

Per poter smaltire le portate eccedenti le prime acque di pioggia raccolte nella condotta sottostante, è prevista la realizzazione di una serie di sfiori, ogni 100 m, che convogliano ai fossi di guardia le portate meteoriche di supero.

Per evitare di sovraccaricare il fosso di guardia posto all'interno della curva e già destinato a invasare le acque drenate dalla cunetta laterale, si prevede che gli sfiori della cunetta centrale siano recapitati verso un fosso di guardia posto all'esterno della curva. In tale modo oltre a ripartire equamente i volumi di afflusso meteorico su entrambi i fianchi dell'autostrada, si evita anche di dover realizzare embrici a sezione maggiorata. Pertanto sul lato esterno ai tratti in curva si è previsto di predisporre un embrice di dimensioni standard ogni 100 m.

### 4.3.3 Opere di smaltimento delle tratte in rilevato - Fossi di guardia

Lo smaltimento delle acque meteoriche di supero delle tratte in rilevato avverrà mediante fossi di guardia da realizzarsi al piede della scarpata. Per i tronchi autostradali realizzati su viadotto, le acque di supero saranno scaricate sul suolo: liberamente nel caso del viadotto sul F. Po, e tramite pluviali nel caso del viadotto sull'area industriale.

La tipologia e la dimensione dei fossi di guardia dipendono dalla giacitura del piano stradale, dalla morfologia del tracciato, dal numero e dal tipo di diramazioni, dalle caratteristiche del reticolo idrografico intercettato e dall'andamento altimetrico del piano campagna.

La predisposizione dei fossi è stata determinata prendendo in considerazione le diverse situazioni plano-altimetriche e viabilistiche previste; si è anche tenuto conto della necessità di realizzare fossi di guardia anche per le tratte di svincolo costituite da carreggiate singole ad una corsia, sia in rettilineo che in curva.

Si sono inoltre distinti i casi per cui occorre considerare la tutela della falda, in quanto soggiacente a meno di 2 metri rispetto al fondo del fosso.

Per considerare il fatto che si deve favorire l'infiltrazione delle acque recapitate nel fosso, sono state previste, con interasse di circa 50 m, soglie di sagoma (briglia con cassetta) che impediscono il deflusso verso valle delle acque invasate, operandosi così la bacinizzazione dei fossi. Tali briglie saranno in C.A. prefabbricate o costruite in loco e avranno dimensioni variabili a seconda della tipologia del fosso considerato (vedi Tav. e.9.2.2).

Si è inoltre considerato il fatto che su alcune tratte in rilevato il piano campagna risulta a quota assai prossima a quella massima prevista per la falda freatica (soggiacenza minore di 3 m). Per tali casi si è previsto l'impiego di una canaletta filtrante in sabbia, posta tra embrice e fosso di guardia e corrente in fregio a quest'ultimo, avente la funzione di trattare, mediante un processo di filtrazione, le acque meteoriche di supero prima di sversarle nel fosso di guardia.

I fossi di guardia adottati nell'intervento oggetto della presente progettazione definitiva sono di tre tipi, tutti a sezione trapezia, di seguito descritti e rappresentati graficamente nella Tav. e.9.3.2:

- Fosso a Sezione Ridotta

Dimensioni  $b= 0,8$  m,  $B= 1,8$  m,  $h= 0,7$  m. Questo fosso non dispone di opere per la bacinizzazione. Viene utilizzato per i tratti stradali di svincolo. La pendenza del canale dovrà essere alquanto costante e comunque non dovrà superare 2 m/km. Nel caso si manifestino salti di fondo oltre 0,5 m occorrerà predisporre una gabbionata trasversale al piede larga 1 m. Analogamente, per tratte di oltre 200 m con pendenza media superiore al valore anzidetto, occorrerà predisporre di gabbionata trasversale al termine della tratta.

- Fosso a Sezione Normale

Dimensioni  $b= 1,0$  m,  $B= 3,0$  m,  $h= 1,0$  m. Viene predisposto, sia per le tratte in rettilineo sia per quelle in curva, su entrambi i lati dell'autostrada.



Il fosso dispone di soglie di sagoma (briglie) in C.A. con altezza utile di 0,7 m.

Tra briglia e briglia la pendenza del fondo canale non dovrà superare 1,5 m/km.

La briglia si ancora al canale con ali sporgenti 0,4 m; un basamento posto al piede consente, in caso di tracimazione, di non erodere il canale posto a valle.

Il volume d'invaso complessivo è di 2 m<sup>3</sup>/ml e quello contenuto al limite della tracimazione della soglia è di 1,19 m<sup>3</sup>/ml.

- Fosso a Sezione Maggiorata

Dimensioni  $b= 1,2$  m,  $B= 4,2$  m,  $h= 1,5$  m. Viene predisposto per le tratte dove il sistema di drenaggio determina uno scarico concentrato di entità non compatibile con il fosso a sezione normale.

Il fosso dispone di soglie di sagoma (briglie) in C.A. con altezza utile di 1,2 m.

Tra briglia e briglia la pendenza del fondo canale non dovrà mai superare 1,5 m/km.

La briglia si ancora al canale con ali sporgenti 0,4 m; al piede un basamento consente in caso di tracimazione di non erodere il canale posto a valle. Il volume d'invaso complessivo è di 4,05 m<sup>3</sup>/m e quello contenuto al limite della tracimazione della soglia è di 2,88 m<sup>3</sup>/m.

Nelle Tav. e.9.2 è possibile apprezzare le tratte con le tipologie previste. La tipologia più ricorrente è rappresentata dal Tipo 1.a) fosso a sezione normale e opere di bacinnizzazione.

Per definire il volume d'invaso del fosso a *Sezione Normale* e di quello *Maggiorato*, si è fatto riferimento alle curve di possibilità pluviometrica con tempo di ritorno di 5 e 20 anni, già descritte in precedenza. Per durate dell'evento meteorico variabili tra 6 e 24 ore, i corrispondenti volumi per metro lineare di autostrada sono riportati in Tabella 9:

TABELLA 9 – VOLUME DRENATO PER METRO LINEARE DI AUTOSTRADA

Tempo di ritorno [anni]	Durata piogge [ore]	Volume drenato [m <sup>3</sup> /m] per tipologia di sede stradale		
		1 carreggiata con 1 corsia (caso svincoli) (A)	1 carreggiata con 2 corsie (caso rettilineo) (B)	2 carreggiate a 2 corsie (caso curva) (C)
5	6	0,41	0,83	1,65
	12	0,51	1,01	2,02
	24	0,62	1,23	2,47
20	6	0,62	1,24	2,48
	12	0,78	1,56	3,12
	24	0,98	1,96	3,91

(A) SEZIONE STRADALE CON LARGHEZZA DI 7 M CIRCA

(B) SEZIONE STRADALE CON LARGHEZZA DI 14,25 M

(C) SEZIONE STRADALE CON LARGHEZZA DI 28,50 M

Dalla tabella precedente si deduce che:

- i fossi a Sezione Ridotta sono in grado di invasare eventi con T di 20 anni e durate di precipitazione all'incirca di 24 ore;
- i fossi a Sezione Normale sono in grado di invasare eventi con T di 5 anni e durate di precipitazione superiori alle 24 ore ovvero eventi con T di 20 anni con durate di poco inferiori alle 12 ore;
- i fossi a Sezione Maggiorata, qualora previsti a servizio di tratte autostradali in curva con scarico solo all'interno della curva, sono in grado di invasare eventi con T di 20 anni e durate di precipitazione di poco superiori alle 24 ore.

Il volume invasabile entro il limite di tracimazione delle soglie risulta essere il seguente:

- fosso a Sezione Normale: T 5 anni e durata di precipitazione compresa tra 12 e 24 ore;
- fosso a Sezione Maggiorata: T 5 anni e durata di precipitazione di 24 ore ovvero T 20 anni e durata di precipitazione dell'ordine delle 12 ore.

Tenuto conto dell'andamento del terreno e delle innumerevoli interferenze presenti, costituite dai canali, le briglie risultano disposte in media ogni 50 m. In corrispondenza delle interferenze coi corsi d'acqua, i fossi sono stati interrotti ad una distanza di 3 m circa. La quota di tracimazione delle soglie è stata per quanto possibile posta sempre al di sopra del ciglio del canale corrente a ridosso.

#### 4.3.4 Dimensionamento del canale di filtrazione

Il canale filtrante su letto di sabbia è un'opera che si affianca ai fossi di guardia al fine di proteggere la falda idrica quando questa si dispone a meno di 2 m di profondità dal fondo del fosso di guardia.

Il canale filtrante è stato previsto con le caratteristiche costruttive riportate nella tavola e.9.3.2. Il manufatto è costituito da una canaletta rettangolare in C.A. debolmente armato, di larghezza di 1 m e altezza 0,5 m, su cui si inseriscono setti divisorii ogni 5 m, aventi altezza di 35 cm e dotati di fori sul fondo per tutta la larghezza. Sul fondo della canaletta si disporrà uno strato di sabbia di cava lavata di 30 cm di spessore, con porosità compresa tra il 30% ed il 35%.

A monte di ogni setto divisorio, sul lato contro fosso, è ricavata una luce per consentire l'evacuazione delle acque meteoriche che superano la capacità di immagazzinamento della canaletta filtrante.

Il canale filtrante costituisce un modulo di 12,5 m che avrà la medesima pendenza dei fossi di guardia (0,15%). Ogni modulo è composto da 3 settori.

Nel primo settore di monte verrà posizionato un manufatto ricurvo che raccoglie le acque dell'embrice e provvede a distribuirle per una larghezza di un 1 m circa. Questo manufatto, che avrà altezza delle sponde di 15 cm (pari a quella degli embrici di monte) verrà posizionato ad incastro e risulterà appoggiato sia al piano della banchina su cui termina la scarpata dei rilevati sia sul letto di sabbia. Dopo l'incastro dell'embrice ricurvo, si dovrà procedere alla sigillatura delle fughe.

Sull'ultimo settore verranno realizzati sulla parete lato fosso di guardia fori di diametro 5 cm per consentire lo scarico delle acque filtrate nel fosso di guardia medesimo. In corrispondenza di questa parete e sui setti divisorii di ogni settore verrà disposto un foglio di geotessuto per evitare la fuoriuscita della sabbia. Un foglio di geotessuto sarà disposto anche orizzontalmente tra l'embrice ricurvo e il letto di sabbia.

Lo strato di geotessuto interposto tra i setti divisorii e quello collocato sulla superficie orizzontale del primo settore di testa opererà anche un benefico intrappolamento degli oli; è quindi opportuna una frequente sostituzione di tali strati.

## **5. SISTEMI DI RACCOLTA E TRATTAMENTO**

### **5.1 DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI DI RACCOLTA E TRATTAMENTO DELLE ACQUE METEORICHE**

L'acqua meteorica che investe la sede autostradale viene allontanata dalla piattaforma stradale e così smaltita:

- la prima pioggia viene recapitata in appositi impianti predisposti per la raccolta e il trattamento delle acque, così da consentirne lo scarico in corpo idrico superficiale nel rispetto dei vincoli di legge, sia qualitativi che quantitativi;
- l'aliquota eccedente la prima pioggia viene scaricata in modo diffuso nei fossi di guardia per le tratte in rilevato o sul suolo per quelle su viadotto.

Gli impianti di raccolta e trattamento delle acque di prima pioggia sono costituiti da:

- un pozzetto di confluenza delle condotte terminali delle reti di drenaggio che rappresenta l'alimentazione delle vasche destinate alla raccolta;
- una vasca di raccolta dal volume contenuto, destinata a immagazzinare la cosiddetta prima pioggia, che viene sottoposta a trattamento prima dello scarico in corpo idrico superficiale;
- un impianto di sollevamento, destinato allo svuotamento della vasca di prima pioggia e all'alimentazione dell'impianto di trattamento;
- un impianto di trattamento per la separazione e l'abbattimento dei solidi sedimentabili e degli oli.

Qualora sia previsto l'accoppiamento di una vasca volano alla vasca di prima pioggia, a quanto sopra indicato vanno aggiunti:

- una vasca volano, dal volume significativo, che viene alimentata una volta che è stata riempita la vasca di prima pioggia, cioè quando si ritiene che la concentrazione degli inquinanti nelle acque di dilavamento sia tale da non provocare gravi problemi con lo scarico diretto in corpo idrico superficiale. Questa vasca assolve alla funzione di laminazione dei picchi di portata in arrivo, così da ridurre drasticamente l'impatto quantitativo provocato dallo scarico delle acque meteoriche di dilavamento delle superfici autostradali nei corpi idrici ricettori;

- un impianto di sollevamento, destinato allo svuotamento della vasca volano e allo scarico nel corpo idrico ricettore.

## **5.2 VASCHE DI PRIMA PIOGGIA**

La normativa della Regione Lombardia quantifica le cosiddette "acque di prima pioggia" in quelle corrispondenti ai primi 5 mm di pioggia caduta. Questa definizione diventa il criterio operativo per definire i volumi che è necessario stoccare, per essere inviati ad opportuno trattamento, finalizzato all'abbattimento delle sostanze derivanti dal dilavamento delle superfici.

Le vasche di prima pioggia sono state previste al termine delle reti a servizio di tutte le tratte: in rilevato, su viadotto e nel casello di Castelvetro.

Nel primo caso il posizionamento planimetrico prevede l'occupazione di un'area affiancata ad una piazzola di sosta ma esterna ad essa, così da non essere interessata dal transito del traffico autostradale. Tali vasche avranno una sezione trasversale utile pari a 3 x 2,2 m ed una lunghezza variabile compresa tra 11 e 19 m.

Nel secondo caso il posizionamento planimetrico prevede l'occupazione di un'area posta al di sotto del viadotto, affiancata alla prima pila del viadotto stesso che funge anche da spalla di sostegno del rilevato. Tali vasche avranno una sezione trasversale utile pari a 4 x 3 m ed una lunghezza variabile compresa tra 8 e 23 m.

Nel caso della vasca a servizio della prima tratta autostradale e del nuovo Casello di Castelvetro, il posizionamento planimetrico prevede l'occupazione di un'area posta nell'ambito delle aree di servizio del casello stesso. Tale vasca avrà una sezione trasversale utile pari a 4 x 2,2 m ed una lunghezza pari a 16 m.

In tutti i casi le dimensioni assegnate alle vasche di prima pioggia sono tali che possono ampiamente contenere il volume connesso con una fuoriuscita accidentale da una qualunque autobotte, così da stoccare l'eventuale inquinante per consentirne poi lo smaltimento presso appositi impianti. A tale scopo è prevista anche una vasca di raccolta della capacità di 40 m<sup>3</sup> posta nel punto di minimo della galleria.

Le acque di prima pioggia, una volta stoccate, vengono inviate al trattamento di dissabbiatura e disoleatura attraverso un sistema di sollevamento che pompa una portata pari a

10 l/s; in questo modo il tempo di svuotamento della singola vasca risulta sempre abbondantemente inferiore alle 48 ore, previste come valore massimo dalla normativa della Regione Lombardia.

Le caratteristiche dimensionali e l'equipaggiamento delle vasche di prima pioggia sopra descritte sono illustrate nelle tavole e.9.4.1, e.9.4.2.

### 5.3 VASCHE VOLANO

Le *vasche volano* (o di laminazione), poste in serie alle *vasche di prima pioggia*, sono destinate alla protezione idraulica dei corpi idrici ricettori delle acque meteoriche defluenti dalla piattaforma autostradale, qualora circostanze particolari lo richiedano.

Il progetto idraulico delle vasche volano è essenzialmente legato alla determinazione della capacità di invaso  $W_m$ , in funzione della portata massima accettabile all'uscita  $Q_{umax}$ , atta a contenere il più critico evento meteorico di assegnato tempo di ritorno. L'equazione che permette di descrivere il fenomeno della laminazione e quindi il funzionamento idraulico della vasca volano è l'equazione differenziale di continuità della vasca:

$$Q_e(t) - Q_u(t) = \frac{dW(t)}{dt} \quad (4)$$

In cui:

- $Q_e(t)$  è la portata in ingresso alla vasca all'istante generico  $t$ ; essa dipende sia dall'evento meteorico considerato che dalle caratteristiche del bacino e della rete di drenaggio a monte della vasca stessa;
- $Q_u(t)$  è la portata in uscita dalla vasca all'istante generico  $t$ ; essa dipende dal tipo di scarico che regola l'uscita dalla vasca;
- $W(t)$  è il volume invasato nella vasca all'istante  $t$ .

Le vasche volano sono state dimensionate in modo da contenere il più critico evento meteorico di tempo di ritorno 20 anni.

La portata  $Q_e(t)$  in ingresso alla vasca è stata ottenuta utilizzando il modello dell'invaso lineare e utilizzando come ietogramma di progetto lo ietogramma Chicago di durata 4 ore centrato, desunto dalla curva di probabilità pluviometrica con tempo di ritorno 20 anni. La portata è stata assunta costante poiché lo svuotamento avviene tramite sollevamento meccanico.

Le portate di svuotamento sono state definite in modo da contenere la portata scaricata nel ricettore entro valori prossimi ai 20 l/s per ettaro impermeabile di bacino sotteso.

Ricavato l'idrogramma di piena in arrivo al sistema vasca di prima pioggia- vasca volano, si è costruita la curva integrale dei volumi in ingresso alla vasca volano in funzione del tempo. Alla curva integrale, che rappresenta l'andamento nel tempo del volume in ingresso alla vasca volano, è stata quindi sottratta la curva integrale (retta) dei volumi in uscita dalla vasca per effetto del pompaggio e si è individuato il massimo. La figura 3 illustra lo ietogramma di progetto per  $T=20$  anni. Le figure 3, 4 illustrano i risultati dei calcoli per le vasche a servizio delle diverse reti.

Un sistema di telecontrollo consente di allertare la Società che gestirà l'autostrada, allorquando il volume immagazzinato nella vasca raggiunge l'80% del volume totale utile.

In tal modo è assicurato un congruo tempo di intervento in caso di eventi meteorici eccezionali o di mal funzionamento dell'impianto di svuotamento.

Per la pulizia delle vasche volano sono state previste ribalte di pulizia ciascuna a servizio di un settore della larghezza di 4 m. Il volume di ciascuna ribalta è stato fissato pari a 700 l/m.

FIGURA 3, IETOGRAMMA DI PROGETTO T=20 ANNI  
DISCRETIZZAZIONE 5 MINUTI

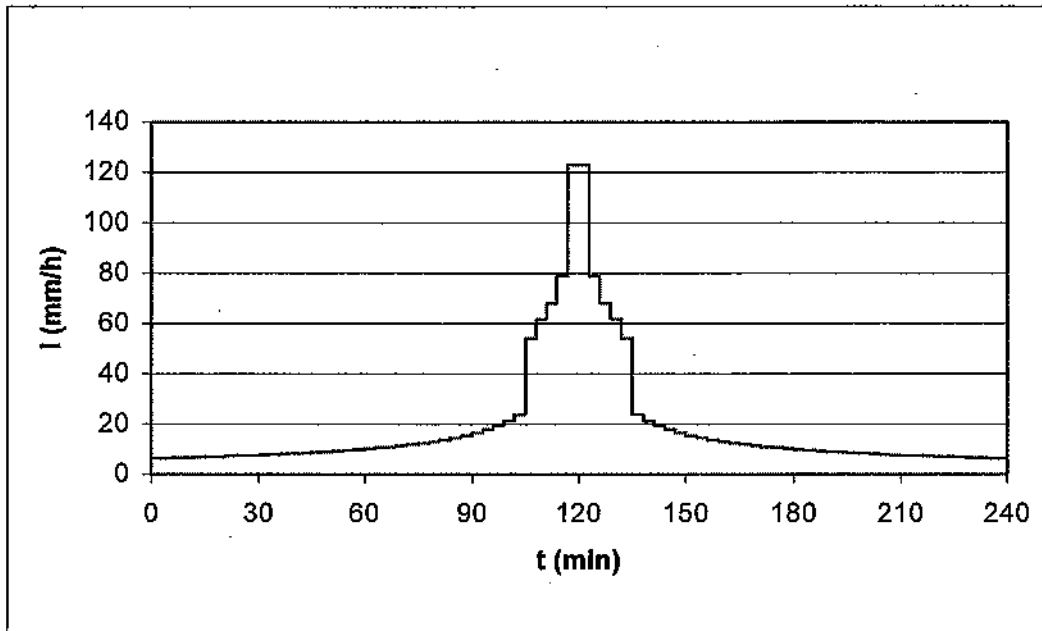
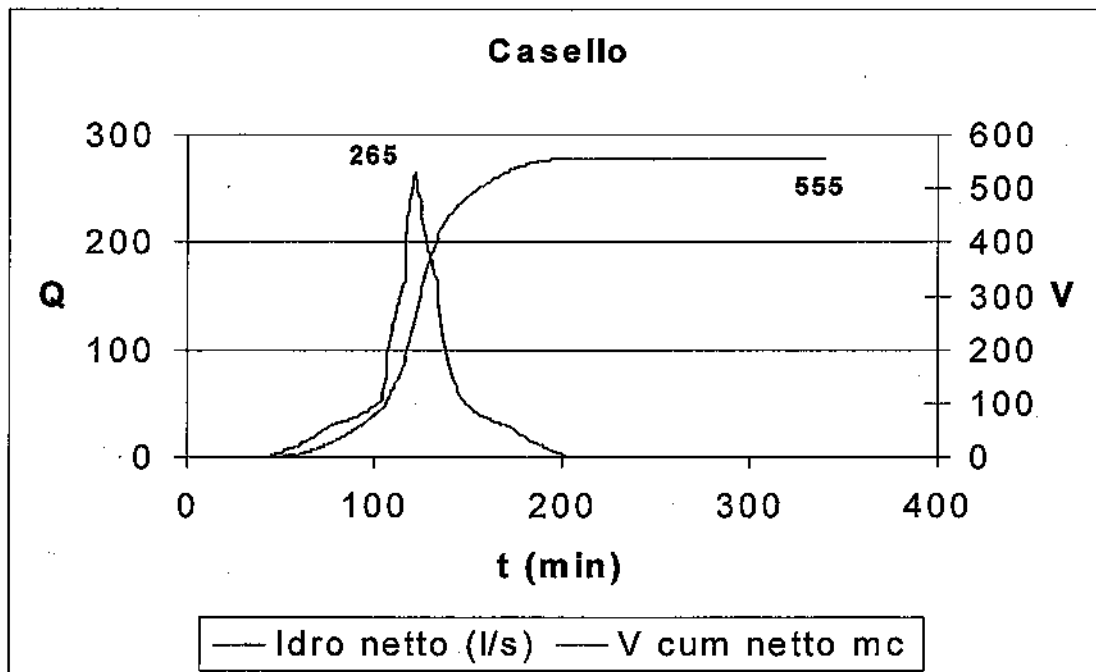


FIGURA 4, IDROGRAMMA E CUMULATA DEI VOLUMI PER LA RETE DEL  
CASELLO DI CASTELVETRO





## 5.4 SISTEMI DI TRATTAMENTO

Il trattamento qui illustrato è posto a valle della vasca di prima pioggia, per abbattere le sostanze derivanti dal dilavamento delle superfici, da parte delle acque meteoriche. Nel caso specifico di cui si tratta, le superfici dilavate sono le piattaforme stradali, quindi le sostanze da abbattere sono essenzialmente rappresentate da solidi sedimentabili e oli.

Gli impianti adottati per il trattamento delle acque di prima pioggia sono separatori conformi al progetto di norma europea prEN 858/98, che fornisce precise disposizioni in materia di progettazione, realizzazione, controllo di qualità e manutenzione di sistemi separatori. Questo progetto di legge prevede l'impiego dei separatori, in modo specifico, per il trattamento dell'acqua di dilavamento di superfici impermeabili, quali parcheggi e piattaforme stradali.

I separatori di fanghi e oli previsti consistono essenzialmente di un comparto destinato alla rimozione e all'accumulo dei solidi sedimentabili, e di un separatore di liquidi leggeri di classe I (a coalescenza) in grado di contenere il tenore massimo di olio residuo entro il valore di 5 mg/l, e di trattare una portata di acque di dilavamento della superficie stradale pari a 10 l/s. Queste caratteristiche prestazionali consentono lo scarico delle acque trattate in qualunque corpo idrico superficiale, rispettando i vincoli di legge imposti dalla 152/99.

Di seguito viene brevemente illustrato il funzionamento di questi impianti.

Il trattamento delle acque meteoriche avverrà tramite appositi filtri a sacco, aventi elevata capacità di ritenzione dei solidi sospesi (efficienza di filtrazione > 90% per solidi di dimensioni > 5 $\mu$ m), seguiti da apposito filtro a coalescenza in grado di separare la fase liquida da quella caratterizzata da peso specifico inferiore. Gli olii verranno accumulati in apposito contenitore che andrà svuotato con periodicità. Il filtro a coalescenza ed il prefiltro sono alloggiati in un vano tecnico contiguo alla vasca principale.

L'alimentazione del prefiltro e del filtro a coalescenza avverrà mediante stazione di pompaggio posta all'interno della vasca. La portata di funzionamento sarà per tutte le vasche di 10 l/s.