



# Autostrada Asti-Cuneo

TRONCO II A21 (ASTI EST) - A6 (MARENE)  
LOTTO 6 RODDI-DIGA ENEL

STRALCIO a  
TRA IL LOTTO II.7 E LA PK. 5+000

PROGETTO DEFINITIVO

08 - OPERE INTEGRATIVE LOTTO 7

08.06 - Opere d'arte in sede / Interventi di riqualificazione - Viadotto Tanaro 4  
Sistemazione idraulica - Relazione di calcolo

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| IMPRESA<br> | PROGETTISTA<br> | INTEGRATORE ATTIVITA' SPECIALISTICHE<br>Dott. Ing. Salvatore Sguazzo<br>Albo degli Ingegneri<br>provincia di Salerno n. 5031<br> | COMMITTENTE<br>Autostrada Asti-Cuneo S.p.A.<br>Direzione e Coordinamento: S.A.L.T. p.A. (Gruppo ASTM)<br>Via XX Settembre, 98/E<br>00187 Roma |
|--|--|--|---|

| REV. | DATA    | DESCRIZIONE | REDATTO     | CONTR.     | APPROV.      | RIESAME      | DATA<br>MAGGIO 2021 | SCALA<br>- |
|------|---------|-------------|-------------|------------|--------------|--------------|---------------------|------------|
| A    | 05-2021 | EMISSIONE   | Ing. Tresso | Ing. Dutto | Ing. Sguazzo | Ing. Sguazzo | N. Progr.           |            |
|      |         |             |             |            |              |              | 08.06.08            |            |

|          |          |     |            |     |                 |
|----------|----------|-----|------------|-----|-----------------|
| CODIFICA | PROGETTO | LIV | DOCUMENTO  | REV | WBS             |
|          | P017     | D   | IDR CA 004 | A   | A33126A000      |
|          |          |     |            |     | CUP             |
|          |          |     |            |     | G31B20001080005 |

|                               |                         |
|-------------------------------|-------------------------|
| RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO | VISTO DELLA COMMITTENTE |
|                               |                         |

---

**INDICE**

|  |          |
|--|----------|
| <b>PREMESSA</b> .....  | <b>2</b> |
| <b>1. INQUADRAMENTO GENERALE</b> .....   | <b>2</b> |
| <b>2. RIFERIMENTI NORMATIVI</b> .....  | <b>3</b> |
| <b>3. ANALISI IDROLOGICA</b> .....   | <b>4</b> |
| 3.1. PLUVIOMETRIA DELL'AREA IN STUDIO .....  | 4        |
| 3.2. CALCOLO DELLE PRECIPITAZIONI DI PROGETTO PER T < 1ORA .....                                   | 4        |
| <b>4. ANALISI IDRAULICA</b> .....  | <b>7</b> |
| 4.1. RACCOLTA E SMALTIMENTO DELLE ACQUE METEORICHE .....   | 7        |
| 4.1.1. <i>Caratteristiche geometriche del viadotto</i> .....                                       | 7        |
| 4.1.2. <i>Descrizione della rete di raccolta</i> .....   | 8        |
| 4.1.3. <i>Dimensionamento delle canalizzazioni</i> .....   | 8        |
| 4.1.4. <i>Calcolo delle portate lungo la rete di raccolta</i> .....                                | 8        |
| 4.1.5. <i>Verifica delle canalizzazioni</i> .....  | 11       |
| 4.1.6. <i>Dimensionamento delle tubazioni di raccolta al piede delle pile</i> .....                | 12       |
| 4.2. TRATTAMENTO DELLE ACQUE DI PRIMA PIOGGIA .....  | 14       |
| 4.2.1. <i>Fenomeno di dilavamento stradale – first flush</i> .....                                 | 14       |
| 4.2.2. <i>Acque di “prima pioggia”</i> .....   | 16       |
| 4.2.3. <i>Dimensionamento degli impianti per il trattamento delle acque di prima pioggia</i> ..... | 16       |

**ALLEGATO 1 – VERIFICA DELLA RETE DI RACCOLTA**

## PREMESSA

La presente relazione descrive l'analisi e la verifica degli aspetti progettuali idrologici e idraulici relativi al progetto della sistemazione idraulica del viadotto Tanaro realizzato nell'ambito del collegamento stradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 7, con riferimento alla determinazione delle portate di progetto per il dimensionamento e la verifica della rete di raccolta, trattamento e smaltimento delle acque della piattaforma autostradale.

Il presente elaborato presenta le analisi condotte sul tema dell'idrologia e dell'idraulica di piattaforma attraverso la quantificazione delle portate defluenti sulla sede stradale e, conseguentemente, lungo la rete di raccolta.

Il viadotto Tanaro è stato realizzato inserendo nella soletta dell'impalcato la predisposizione dei pluviali, non raccordati e privi di discese a terra, dunque senza prevedere un collettamento e un convogliamento ad impianto di trattamento, come mostrato nelle seguenti immagini.



Nel presente progetto viene dimensionato il sistema di raccolta e trattamento delle acque dei pluviali, costituito dalle tubazioni di convogliamento e dalla vasca di trattamento, che dovrà essere realizzato per garantire la depurazione del carico inquinante a tutela dell'ambiente.

Si precisa che la presente relazione non riguarda la verifica del dimensionamento delle caditoie/pluviali, dei relativi interassi nè del sistema di raccolta già realizzato.

## 1. INQUADRAMENTO GENERALE

Il viadotto autostradale in progetto costituisce l'attraversamento del fiume Tanaro nell'ambito del Lotto 7 del Tronco II del collegamento Asti – Cuneo.

La rete di raccolta delle acque di piattaforma è un sistema di tipo chiuso che prevede l'utilizzo di tubazioni e canalizzazioni rivestite e impermeabili, le quali consentono di convogliare le portate all'interno di opportune vasche di trattamento evitando la dispersione degli inquinanti prodotti dal dilavamento della superficie stradale. La realizzazione degli impianti di trattamento deriva dalla necessità di trattare le acque di prima pioggia prima di essere immesse nel corpo idrico recettore.

## **2. RIFERIMENTI NORMATIVI**

In questo paragrafo vengono elencati ed evidenziati i principali ambiti normativi di riferimento per la trattazione degli aspetti progettuali di competenza del presente elaborato. In relazione alla normativa di settore, è opportuno indicare i seguenti principali riferimenti normativi:

- R.D. 25 luglio 1904 n.523 "*Testo Unico delle disposizioni di legge interne alle opere idrauliche delle diverse categorie*";
- Decreto Legislativo 11 maggio 1999, n. 152: "*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*";
- *Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce "A" e "B"* approvata con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 dell'11 maggio 1999, Autorità di Bacino del fiume Po;
- Decreto Legislativo 18 agosto 2000, n. 258: "*Disposizioni correttive ed 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*";
- LR 29 dicembre 2000, n. 61; "*Disposizioni per la prima attuazione del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152 in materia di tutela delle acque*".
- Autorità di Bacino del Fiume Po "*Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico*" ai sensi dell' art.1 c.1 L.3.08.98 n.267 e s.m.i (21/4/2001);
- "*Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica*" adottata dall'Autorità di Bacino del Fiume Po con il Piano di Assetto Idrogeologico (21/4/2001).
- Decreto Ministeriale 5 novembre 2001, n. 6792 "*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade*";
- Decreto 22 Aprile 2004 Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Modifica del decreto 5 novembre 2001, n. 6792, recante "*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade*";
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i.: "*Norme in materia ambientale*";
- D.P.G.R. 1/R del 20 febbraio 2006: "*Disciplina delle acque meteoriche di dilavamento e delle acque di lavaggio di aree esterne*".
- D.P.G.R. 7/R del 2 agosto 2006:" *Modifiche al regolamento regionale 20 febbraio 2006, n. 1/R*".

### 3. ANALISI IDROLOGICA

Il presente capitolo ha lo scopo di caratterizzare i parametri pluviometrici relativi al viadotto Tanaro in esame (nel Tronco II, Lotto 7). In primo luogo, si sono individuate le stazioni di misura attraverso cui caratterizzare il regime pluviometrico dell'area in studio. Le stazioni pluviometriche sono state scelte in maniera tale da garantire una serie storica sufficientemente lunga e rappresentativa e tali da "caratterizzare" idrologicamente l'area di interesse. È stato possibile così eseguire l'analisi pluviometrica mediante l'analisi statistica delle serie storiche registrate alle stazioni di misura delle precipitazioni.

I dati utilizzati sono stati quelli relativi alle massime precipitazioni orarie desunte dagli Annali Idrologici del S.I.M.N. L'analisi è stata condotta facendo ricorso a differenti leggi statistiche e differenti metodologie di elaborazione; tramite il confronto dei risultati ottenuti è stato possibile definire i parametri pluviometrici maggiormente cautelativi da utilizzarsi nelle successive fasi di elaborazione e verifica.

#### 3.1. PLUVIOMETRIA DELL'AREA IN STUDIO

La definizione del regime pluviometrico caratteristico, in particolare in riferimento ad eventi meteorici di notevole intensità e breve durata, si è basata sull'analisi delle serie storiche al fine di ricavare le curve di massima possibilità pluviometrica per tempi di ritorno di 10, 20, 25, 50, 100, 200 e 500 anni e durata superiore all'ora; i risultati ottenuti sono stati confrontati con i dati proposti nella "*Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica*" adottata dall'Autorità di Bacino del fiume Po con il Piano di Assetto Idrogeologico (21/4/2001), in relazione sia ai dati puntuali, riferiti alle singole stazioni pluviometriche, sia ai dati distribuiti sull'intero territorio del bacino, ottenuti mediante interpolazione con le celle di Kriging (celle quadrate di lato pari a 2 km).

#### 3.2. CALCOLO DELLE PRECIPITAZIONI DI PROGETTO PER T < 1 ORA

Le elaborazioni statistiche condotte consentono di definire la relazione monomia che lega l'altezza di pioggia  $h$  con la durata dell'evento  $t$  e con il tempo di ritorno dello stesso  $TR$ . Tale relazione, però, non risulta adatta a rappresentare bacini caratterizzati da tempi di corrivazione molto brevi (inferiori all'ora); infatti, considerando una durata dell'evento breve, tendente a zero, l'intensità di pioggia  $i$ , definita come  $dh/dt$ , tende all'infinito.

Al fine delle successive elaborazioni condotte, in particolare in riferimento allo smaltimento delle acque di piattaforma, la caratterizzazione dell'intensità di pioggia deve tener conto dei ridotti tempi di corrivazione della particella fluida caduta sulla carreggiata nel giungere agli organi di scarico. Risulta pertanto necessario caratterizzare la curva di possibilità pluviometrica per tempi di pioggia inferiori all'ora, mediante un approccio che consenta di adattare i parametri di precipitazione di progetto.

In letteratura sono disponibili numerosi studi ed esperienze che mostrano come le altezze d'acqua massime associate ad eventi di breve durata siano correlate a quelle determinate per tempi di pioggia di un'ora secondo uno schema tipico.

Più in dettaglio, definendo il parametro  $\rho(t) = h(t)/h(1)$ , ovvero il rapporto tra l'altezza di pioggia per durata  $t$  e quella per durata di 1 ora, è stato notato (Bell, 1969; Goswami, 1973) come esso risulti poco dipendente dalla località considerata, fintantoché si considerino durate brevi ( $t < 2$  ore).

Ad analoghe conclusioni sono pervenuti altri Autori, analizzando serie di dati relative a diverse regioni del mondo, ad esempio Goswami<sup>1</sup> (1973) relativamente alle precipitazioni in India, o Jennings<sup>2</sup> (1950) e Hershfield ed Engman (1981), nell'ambito di uno studio per una *curva inviluppo delle massime piogge osservate nel mondo*.

<sup>1</sup> Goswami, A. C. (1973). *Short duration rainfall depth-duration-frequency map of India* – Decision with inadequate hydrologic data, Proceedings of the second Symposium on Hydrology, Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado, pp.48-56.

<sup>2</sup> Jennings, A. H. (1950). *World's greatest observed point rainfall* – Monthly Weather Rev., n.78, pp.4-5.

Per quanto riguarda il territorio italiano, il parametro  $\rho(t)$  è stato calcolato in alcuni studi disponibili in letteratura; si segnalano in particolare (per significatività dei dati) quelli relativi al pluviometro di Roma Macao, su un campione di 8 anni (Domanico<sup>1</sup>, 1986 e Calenda et al.<sup>2</sup>, 1993), e a quello di Milano Monviso, su un campione di 17 anni (Piga et al.<sup>3</sup>, 1990).

La Figura 1 mette a confronto i valori medi del parametro  $\rho(t)$  ottenuti negli studi citati. Si osserva come effettivamente le differenze riscontrate tra i vari siti appaiano modeste, e si riscontri un andamento tipico poco dipendente dalla località considerata.

In particolare, tutte le curve presentano all'incirca lo stesso valore per durate di circa 5 minuti, mentre gli scostamenti sono massimi tra i 15 e i 30 minuti. Tutte le curve assumono ovviamente valore unitario per  $t = 1$  ora.

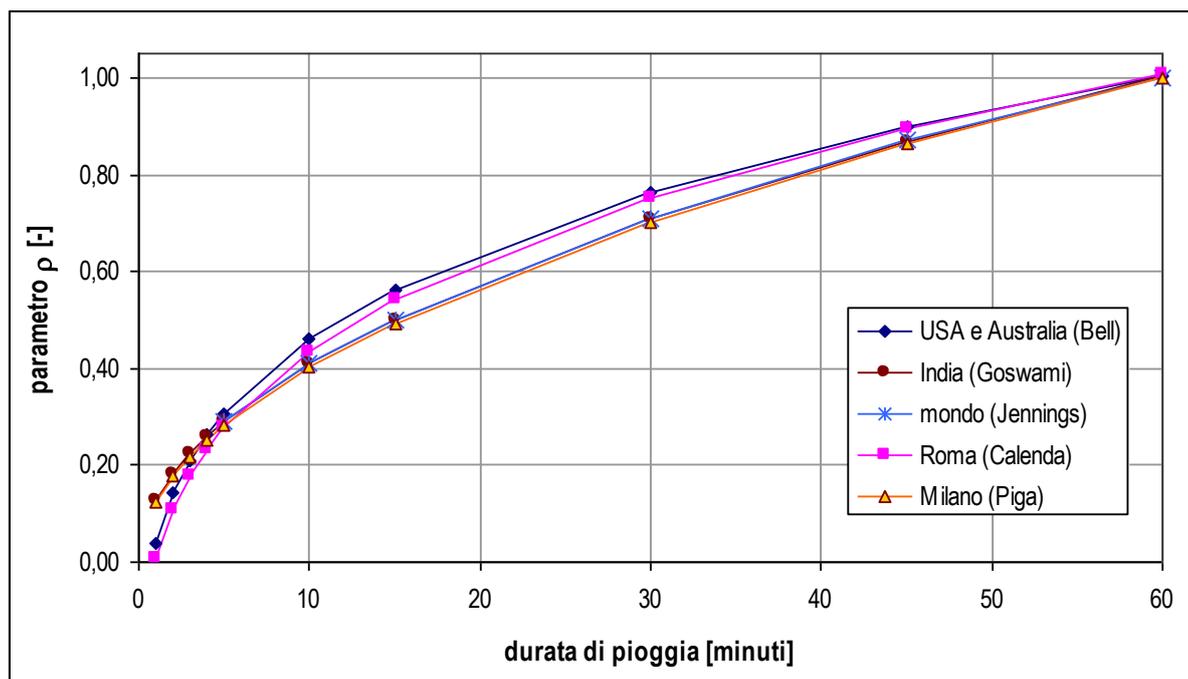


Figura 1 – Andamento del parametro  $\rho(t)$  ottenuto in diversi studi.

Sulla base di tali osservazioni sperimentali, è stata sviluppata dalla scrivente una metodologia di stima in grado di fornire i parametri di precipitazione necessari ad una valutazione più accurata delle portate di piena su piccoli bacini, per i quali il tempo di pioggia critica è inferiore all'ora.

In particolare, l'andamento di  $\rho(t)$  è stato assunto come totalmente indipendente dalla località, e cautelativamente pari all'inviluppo dei valori riportati in Figura 1, così da introdurre unicamente possibili errori di sovrastima dell'altezza di pioggia.

In funzione dei parametri ( $a$ ,  $n$ ) della curva di possibilità pluviometrica (CPP) di progetto, espressa nella forma monomia  $h=a \cdot t^n$ , si ottengono le altezze di pioggia  $h(t)$  relative a durate di 60 e 120 minuti. Applicando ad  $h(60)$  i valori assunti per il parametro  $\rho(t)$ , si ricavano quindi i valori di  $h(t)$  per durate inferiori.

<sup>1</sup> Domanico, R. (1986). *Piogge intense a Roma* – Tesi di laurea, Università "La Sapienza", Roma.

<sup>2</sup> Calenda, G. et al. (1993). *Rainfall assessment with inadequate data* – In "Urban storm drainage" (edited by Cao, C. et al.), Water Resources Publication, Hyland Ranch, USA, pp.23-44.

<sup>3</sup> Piga, E. et al. (1990). *Analisi statistica delle piogge intense di breve e brevissima durata nell'area metropolitana di Milano* – Città Studi, Milano.

Diagrammando su un piano bi-logaritmico  $[\ln(t), \ln(h)]$  i punti ottenuti, per durate comprese tra 5 e 120 minuti, la validità della forma monomia (legge di potenza) come curva di adattamento dei dati presuppone che essi giacciono approssimativamente su una retta.

Effettuando pertanto una regressione lineare (con il metodo dei minimi quadrati) nel campo bi-logaritmico è possibile determinare i parametri della retta interpolante e pertanto ricavare  $(a', n')$ , parametri della curva di possibilità pluviometrica per  $t < 60$  minuti.

I valori di  $h(t)$  stimati mediante  $\rho(t)$ , per  $t < 60$  minuti, dipendono da  $h(60)$ , ovvero unicamente da  $a$  (essendo  $t$  espresso in ore nella formula monomia, per  $t=1$  si ottiene  $h=a$ ). Estendendo la regressione all'altezza di pioggia per durate di 2 ore, anche il parametro  $n$  viene preso in conto nella regressione; questo permette di ottenere minori errori qualora la curva  $(a', n')$  sia utilizzata per la stima di portate prossime all'ora.

La pioggia di progetto utilizzata è quella a tempo di ritorno 25 anni ragguagliata alla piattaforma autostradale.

In particolare, i parametri di possibilità climatica di durata superiore all'ora ragguagliati alla piattaforma sono i seguenti:

| <b>a [mm/h<sup>n</sup>]</b> | <b>n [-]</b> |
|-----------------------------|--------------|
| 48,19                       | 0,290        |

Tabella 1 – parametri di possibilità climatica a tempo di ritorno 25 anni per durata superiore all'ora.

Applicando la metodologia sopra esposta si ottengono parametri di possibilità climatica inferiori all'ora pari a:

| <b>a [mm/hn]</b> | <b>n [-]</b> |
|------------------|--------------|
| 47,41            | 0,435        |

Tabella 2 – parametri di possibilità climatica a tempo di ritorno 25 anni per durata inferiore all'ora.

I valori di Tabella 2 sono stati assunti come riferimento per il dimensionamento e la verifica idraulica della rete.

## 4. ANALISI IDRAULICA

### 4.1. RACCOLTA E SMALTIMENTO DELLE ACQUE METEORICHE

#### 4.1.1. Caratteristiche geometriche del viadotto

I dati geometrici della piattaforma stradale in corrispondenza del viadotto in oggetto sono stati ricavati dai disegni as-built forniti dalla Committenza, in base ai quali si possono considerare i dati riportati nella seguente tabella.

| Descrizione           | Progr.  | Distanza | Qp     | $\Delta Qp$ | Pendenza longitudinale | Pendenza trasversale | Larghezza (pavimentato+cordoli) | Superficie      |
|-----------------------|---------|----------|--------|-------------|------------------------|----------------------|---------------------------------|-----------------|
|                       | m       | m        | m      | m           | %                      | %                    | m                               | mq              |
| <b>Carreggiata sx</b> |         |          |        |             |                        |                      |                                 |                 |
| Spalla A              | 1629,43 |          | 204,54 |             |                        | 4,90%                | 12,60                           |                 |
| Pila 1                | 1658,28 | 28,85    | 204,33 | -0,21       | -0,73%                 | 4,90%                | 12,60                           | 363,51          |
| Pila 2                | 1708,58 | 50,30    | 203,94 | -0,39       | -0,78%                 | 4,90%                | 12,60                           | 633,78          |
| Pila 3                | 1758,88 | 50,30    | 203,65 | -0,29       | -0,58%                 | 4,90%                | 12,60                           | 633,78          |
| Pila 4                | 1809,19 | 50,31    | 203,46 | -0,19       | -0,38%                 | 4,90%                | 12,60                           | 633,91          |
| Pila 5                | 1859,47 | 50,28    | 203,37 | -0,09       | -0,18%                 | 4,90%                | 12,60                           | 633,53          |
| Pila 6                | 1909,73 | 50,26    | 203,38 | 0,01        | 0,02%                  | 4,90%                | 12,60                           | 633,28          |
| Pila 7                | 1959,93 | 50,20    | 203,49 | 0,11        | 0,22%                  | 4,90%                | 12,60                           | 632,52          |
| Pila 8                | 2010,08 | 50,15    | 203,75 | 0,26        | 0,52%                  | 3,77%                | 12,60                           | 631,89          |
| Pila 9                | 2060,17 | 50,09    | 204,10 | 0,35        | 0,70%                  | 2,57%                | 12,60                           | 631,13          |
| Pila 10               | 2125,29 | 65,12    | 204,43 | 0,33        | 0,51%                  | 2,50%                | 12,60                           | 820,51          |
| Pila 11               | 2225,29 | 100,00   | 204,93 | 0,50        | 0,50%                  | 2,50%                | 12,60                           | 1260,00         |
| Pila 12               | 2325,29 | 100,00   | 205,43 | 0,50        | 0,50%                  | 2,50%                | 12,60                           | 1260,00         |
| Pila 13               | 2425,29 | 100,00   | 205,93 | 0,50        | 0,50%                  | 2,50%                | 12,60                           | 1260,00         |
| Pila 14               | 2525,29 | 100,00   | 206,43 | 0,50        | 0,50%                  | 2,50%                | 12,60                           | 1260,00         |
| Spalla B              | 2579,11 | 53,82    | 206,60 | 0,17        | 0,32%                  | 2,50%                | 12,60                           | 678,13          |
| <b>Carreggiata dx</b> |         |          |        |             |                        |                      |                                 |                 |
| Spalla A              | 1629,43 |          | 205,04 |             |                        | 4,90%                | 12,60                           |                 |
| Pila 1                | 1657,97 | 28,54    | 204,88 | -0,16       | -0,56%                 | 4,90%                | 12,60                           | 359,60          |
| Pila 2                | 1707,67 | 49,70    | 204,49 | -0,39       | -0,78%                 | 4,90%                | 12,60                           | 626,22          |
| Pila 3                | 1757,37 | 49,70    | 204,20 | -0,29       | -0,58%                 | 4,90%                | 12,60                           | 626,22          |
| Pila 4                | 1807,08 | 49,71    | 204,01 | -0,19       | -0,38%                 | 4,90%                | 12,60                           | 626,35          |
| Pila 5                | 1856,77 | 49,69    | 203,92 | -0,09       | -0,18%                 | 4,90%                | 12,60                           | 626,09          |
| Pila 6                | 1906,52 | 49,75    | 203,93 | 0,01        | 0,02%                  | 4,90%                | 12,60                           | 626,85          |
| Pila 7                | 1956,32 | 49,80    | 204,04 | 0,11        | 0,22%                  | 4,90%                | 12,60                           | 627,48          |
| Pila 8                | 2006,18 | 49,86    | 204,17 | 0,13        | 0,26%                  | 3,77%                | 12,60                           | 628,24          |
| Pila 9                | 2056,10 | 49,92    | 204,36 | 0,19        | 0,38%                  | 2,57%                | 12,60                           | 628,99          |
| Pila 10               | 2121,16 | 65,06    | 204,41 | 0,05        | 0,08%                  | -2,50%               | 12,60                           | 819,76          |
| Pila 11               | 2221,16 | 100,00   | 204,91 | 0,50        | 0,50%                  | -2,50%               | 12,60                           | 1260,00         |
| Pila 12               | 2321,16 | 100,00   | 205,41 | 0,50        | 0,50%                  | -2,50%               | 12,60                           | 1260,00         |
| Pila 13               | 2421,16 | 100,00   | 205,91 | 0,50        | 0,50%                  | -2,50%               | 12,60                           | 1260,00         |
| Pila 14               | 2521,16 | 100,00   | 206,41 | 0,50        | 0,50%                  | -2,50%               | 12,60                           | 1260,00         |
| Spalla B              | 2574,98 | 53,82    | 206,58 | 0,17        | 0,32%                  | -2,50%               | 12,60                           | 678,13          |
| <b>TOTALE</b>         |         |          |        |             |                        |                      |                                 | <b>23879,90</b> |

#### 4.1.2. Descrizione della rete di raccolta

Di seguito si descrivono i criteri generali adottati nella definizione dello schema di raccolta e smaltimento delle acque di piattaforma.

L'impostazione generale prevede che le acque raccolte in piattaforma vengano convogliate in un sistema chiuso di tubazioni in acciaio staffate al viadotto o tubazioni in c.a. interrato che si sviluppano nel terreno alla base delle pile.

Le acque di piattaforma raccolte, con particolare riferimento alle acque affluenti nella fase iniziale degli eventi meteorici (*acque di prima pioggia*), non verranno direttamente intercettate dai corpi idrici recettori ma saranno adeguatamente trattate in apposito impianto evitando la dispersione di inquinanti.

#### 4.1.3. Dimensionamento delle canalizzazioni

Il dimensionamento degli organi di collettamento e trattamento è stato effettuato prendendo in considerazione un tempo di ritorno pari a 25 anni.

Gli organi di convogliamento che si prevede di inserire sono essenzialmente delle seguenti tipologie:

- **Tubazioni in cls** ubicate nel terreno al piede delle pile del viadotto. Le sezioni dei tipologici previsti hanno diametro variabile (DN800÷1000 mm) in funzione della portata convogliata e della pendenza imposta;
- **Tubazioni in acciaio** staffate al viadotto e destinate alla raccolta delle sole acque di piattaforma. Le sezioni dei tipologici previsti hanno diametro variabile (DN300÷450 mm) in funzione della portata convogliata e della pendenza imposta;

Le acque di piattaforma raccolte vengono in seguito convogliate nella vasca di trattamento delle acque di prima pioggia, costituita da un separatore di idrocarburi, monoblocco in acciaio prefabbricato, in grado di depurare una portata massima di 150 l/s, valore determinato in relazione alla superficie di piattaforma stradale afferente. La portata complessiva del tratto autostradale afferente alla vasca di raccolta viene trattata all'interno della stessa per la quota parte corrispondente alla prima pioggia - i primi 5 mm caduti in 15 minuti - mentre la restante parte, unita successivamente all'acqua trattata, viene convogliata tramite by-pass al corpo recettore (Fiume Tanaro).

La canalizzazione relativa alla rete di scarico dalla vasca di trattamento è costituita da una tubazione in cls di diametro DN1000 mm. Relativamente al sistema di trattamento, si prevede la realizzazione di 2 pozzetti di testata, il primo in ingresso ed il secondo in uscita, collegati alla vasca tramite tubazioni in acciaio DN1000 mm di lunghezza 1,80 m, misurata a partire dal manicotto di fissaggio.

I due pozzetti hanno dimensioni in pianta pari a 1,80 m in larghezza per 1,80 m in lunghezza.

Il pozzetto in ingresso sarà dotato di griglia metallica fissata su piastre metalliche e tassellate alla parete del pozzetto stesso all'imbocco della tubazione in acciaio che immette alla vasca, al fine di trattenere eventuale materiale grossolano in sospensione o flottante prima dell'ingresso nel separatore di idrocarburi prefabbricato.

#### 4.1.4. Calcolo delle portate lungo la rete di raccolta

Di seguito si descrivono i criteri generali adottati nel calcolo delle portate totali afferenti alla rete di drenaggio e derivanti dallo smaltimento delle acque di piattaforma.

Per le superfici pavimentate si è assunto un coefficiente di deflusso pari a 0,90.

La valutazione delle massime portate di riferimento da assumere per il dimensionamento della rete di drenaggio in progetto, è stata eseguita avvalendosi di modelli concettuali di trasformazione afflussi-deflussi applicati all'evento di precipitazione associato a tempo di ritorno 25 anni.

Si è utilizzato il modello A/D della corrivazione, ritenuto come più affidabile nell'analisi dei deflussi di acque di piattaforma.

Di seguito si descrive sinteticamente il modello A/D della corrivazione.

#### 4.1.4.1. Modello A/D della corrivazione

Il modello concettuale di trasformazione afflussi-deflussi della corrivazione, o cinematico, considera come variabile fondamentale del processo di formazione della piena, la modalità di scorrimento delle acque di pioggia entro il bacino contribuente ed in particolare il "tempo di corrivazione", impiegato da una goccia caduta in un determinato punto per raggiungere la sezione di chiusura.

Esso è un modello di tipo lineare ovvero si basa sull'ipotesi che il sistema idrologico sia lineare e invariante nel tempo (l'idrogramma che si forma a causa di un dato pluviogramma è solo funzione di caratteristiche del bacino stazionarie ed indipendenti dall'evento in esame o da quelli progressi): risulta pertanto possibile applicare il principio di sovrapposizione degli effetti.

Sotto questa ipotesi, la portata defluente legata ad un afflusso  $A(t)$  sarà data dall'integrale nel tempo  $t$  di un idrogramma unitario istantaneo (o IUH)  $u(t)$ , generato da un afflusso di altezza unitaria e durata infinitesima, moltiplicato per l'entità della precipitazione, ovvero dall'integrale di convoluzione:

$$Q(t) = \int_0^{t^*} [u(t - \tau) \cdot A(\tau)] \cdot d\tau .$$

Si ipotizza inoltre che l'idrogramma di afflusso sia costante e pari a:

$$A(t) = \varphi \cdot I(t_p) \cdot S ,$$

con  $\varphi$  coefficiente di deflusso,  $I(t_p)$  intensità media della pioggia di durata  $t_p$ , ed  $S$  superficie contribuente.

Il metodo cinematico definisce un tempo di corrivazione (o di concentrazione)  $t_c$  del bacino, pari al tempo impiegato dalla goccia caduta nel punto idraulicamente "più lontano" per giungere alla sezione di chiusura. Quando il tempo di pioggia  $t_p$  uguaglia  $t_c$ , tutto il bacino contribuisce al deflusso e (nell'ipotesi di afflusso costante) si ha il massimo di portata, il cui valore non aumenta più per  $t_p > t_c$ .

La soluzione dell'integrale di convoluzione porta pertanto a valutare la portata massima defluente come:

$$Q[m^3 / s] = \frac{\varphi \cdot I(t_c) \cdot S}{360} \quad [1]$$

con:

$\varphi$  [-] coefficiente di deflusso medio del bacino;

$I(t_c)$  [mm/h] intensità media della pioggia di durata pari a  $t_c$ ;

S [ha] superficie contribuente complessiva.

Per una rete di drenaggio il tempo di corrivazione sarà dato dalla somma  $t_C = t_a + t_r$ , dove:

- $t_a$  è il *tempo di accesso* alla rete (ovvero quello massimo che la goccia d'acqua impiega a percorrere il bacino e raggiungere un punto della rete);
- $t_r$  è il *tempo di rete*, impiegato dalla goccia per percorrere la rete fino alla sezione in esame.

Il tempo di accesso è generalmente di incerta determinazione, dipendendo nella realtà dalle caratteristiche del bacino (pendenza, uso del suolo, sviluppo della rete di drenaggio minore) e dalle condizioni di saturazione del terreno.

Esistono tuttavia in letteratura numerose formule empiriche per la stima di tale parametro, tra le quali in particolare la seguente, sviluppata dal Politecnico di Milano<sup>1</sup> (Mambretti e Paoletti, 1997), utilizza il modello del condotto equivalente, partendo dall'idea che il deflusso superficiale avvenga in realtà in una rete di piccole canalizzazioni incognite (grondaie, cunette, canalette, ecc.); poiché si fa riferimento ad una rete secondaria fittizia incognita, è possibile stimare  $l$  in funzione di S, sulla base di studi statistici sulla struttura topologica delle reti, ottenendo:

$$t_{ai} = \left( \frac{3600^{\frac{n-1}{4}} \cdot 120 \cdot S_i^{0,30}}{S_i^{0,375} \cdot (a \cdot \varphi_i)^{0,25}} \right)^{\frac{4}{n+3}} \quad [2]$$

dove il pedice  $i$  indica il sottobacino  $i$ -esimo, mentre (oltre alle grandezze già citate):

$l$  [m] è la massima lunghezza di deflusso superficiale (nella rete secondaria fittizia);

$s$  [m/m] è la pendenza media del bacino;

$a$  [mm/h <sup>$n$</sup> ],  $n$  [-] sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica di progetto.

Per quanto riguarda invece il tempo di rete, nell'ipotesi di moto uniforme esso è valutabile semplicemente come rapporto tra la lunghezza del percorso e la velocità media della corrente. Alcune ricerche eseguite presso il Politecnico di Milano (Mignosa et al., 1995; Becciu et al.<sup>2</sup>, 1997) mostrano tuttavia come il criterio di moto uniforme possa in realtà portare ad apprezzabili sovrastime del tempo di rete, con conseguente sottostima della portata al colmo. Risultati più soddisfacenti si ottengono invece con la seguente relazione:

$$t_r = \sum_i \frac{L_i}{1,5 \cdot v_i}, \quad [3]$$

in cui il  $t_r$  [s] per il ramo in esame è dato dalla sommatoria (per il ramo stesso e per tutti quelli a monte lungo il percorso più lungo della rete) del rapporto lunghezza  $L$ [m] / velocità  $v$ [m/s] diviso per il fattore 1.5. Sommando la [2] e la [3] è dunque possibile ottenere il tempo di concentrazione  $t_C$  per la sezione in esame, e quindi, ponendo  $t_p = t_C$ , determinare la relativa intensità di pioggia  $I(t_p)$ ; dall'applicazione della [1] si ricava la portata massima di progetto  $Q$ , sulla base della quale può essere dimensionata la rete.

<sup>1</sup> Mambretti, S. e Paoletti, A. (1997). *Il metodo del condotto equivalente nella simulazione del deflusso superficiale in ambiente urbano* - Atti del seminario "Modelli di dimensionamento per le fognature urbane" di S.Cassiano (BZ), 28-31/03/95. Modificata considerando una formula empirica per la stima di  $l$  (Rasulo, G. e Gisonni, C., 2001).

<sup>2</sup> Becciu, G. et al. (1997). *Risk Design of Urban Drainage Networks on the basis of Experimental Data* – Excerpta, n.11.

Si nota come la velocità della corrente nel tratto in esame dipenda dalla portata defluente, per cui viene svolta un'iterazione andando a sostituire nella [3] il valore di  $v$  ottenuto dalla  $Q$  appena determinata, ricalcolando poi la nuova  $Q$  e ripetendo i medesimi passaggi fino a convergenza.

#### 4.1.5. Verifica delle canalizzazioni

Di seguito si riportano le tabelle riepilogative della rete di raccolta, specificando le caratteristiche più rilevanti dei singoli rami (geometria, materiale e coefficiente di scabrezza adottato) e delle superfici ad essi afferenti (geometria, coefficienti di deflusso, durata minima di pioggia e parametri della curva di possibilità pluviometrica).

| Rete di raccolta dei pluviali |             |                  |                        |                         |                       |           |                         |
|-------------------------------|-------------|------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------|-------------------------|
| Rami della rete di drenaggio  |             | Lunghezza tratto | Pendenza longitudinale | Geometria della sezione | Dimensione principale | Materiale | Coeff. di scabrezza     |
| ID                            | Descrizione | L [m]            | i [‰]                  |                         | D [mm]                |           | c [m <sup>1/3</sup> /s] |
| 1                             | P1 SX       | 28,85            | 7,30                   | circolare               | 300                   | acciaio   | 100                     |
| 2                             | P2 SX       | 50,30            | 7,80                   | circolare               | 300                   | acciaio   | 100                     |
| 3                             | P3 SX       | 50,30            | 5,80                   | circolare               | 300                   | acciaio   | 100                     |
| 4                             | P4 SX       | 50,31            | 3,80                   | circolare               | 450                   | ACCIAIO   | 100                     |
| 5                             | P5 SX       | 50,28            | 1,80                   | circolare               | 450                   | ACCIAIO   | 100                     |
| 6                             | P6 SX       | 50,26            | 0,20                   | circolare               | 450                   | ACCIAIO   | 100                     |
| 7                             | P7 SX       | 50,20            | 2,20                   | circolare               | 300                   | acciaio   | 100                     |
| 8                             | P8 SX       | 50,15            | 5,20                   | circolare               | 300                   | acciaio   | 100                     |
| 9                             | P9 SX       | 50,09            | 7,00                   | circolare               | 450                   | ACCIAIO   | 100                     |
| 10                            | P10 SX      | 65,12            | 5,10                   | circolare               | 450                   | ACCIAIO   | 100                     |
| 11                            | P11 SX      | 100,00           | 5,00                   | circolare               | 450                   | ACCIAIO   | 100                     |
| 12                            | P12 SX      | 100,00           | 5,00                   | circolare               | 450                   | ACCIAIO   | 100                     |
| 13                            | P13 SX      | 100,00           | 5,00                   | circolare               | 450                   | ACCIAIO   | 100                     |
| 14                            | P14 SX      | 100,00           | 5,00                   | circolare               | 300                   | acciaio   | 100                     |
| 15                            | SPB SX      | 53,82            | 3,20                   | circolare               | 300                   | acciaio   | 100                     |
| 16                            | P1 DX       | 28,54            | 5,60                   | circolare               | 300                   | acciaio   | 100                     |
| 17                            | P2 DX       | 49,70            | 7,80                   | circolare               | 300                   | acciaio   | 100                     |
| 18                            | P3 DX       | 49,70            | 5,80                   | circolare               | 300                   | acciaio   | 100                     |
| 19                            | P4 DX       | 49,71            | 3,80                   | circolare               | 450                   | ACCIAIO   | 100                     |
| 20                            | P5 DX       | 49,69            | 1,80                   | circolare               | 450                   | ACCIAIO   | 100                     |
| 21                            | P6 DX       | 49,75            | 0,20                   | circolare               | 450                   | ACCIAIO   | 100                     |
| 22                            | P7 DX       | 49,80            | 2,20                   | circolare               | 450                   | ACCIAIO   | 100                     |
| 23                            | P8 DX       | 49,86            | 2,60                   | circolare               | 450                   | ACCIAIO   | 100                     |
| 24                            | P9 DX       | 49,92            | 3,80                   | circolare               | 300                   | acciaio   | 100                     |
| 25                            | P10 DX      | 65,06            | 0,80                   | circolare               | 300                   | acciaio   | 100                     |
| 26                            | P11 DX      | 100,00           | 5,00                   | circolare               | 450                   | ACCIAIO   | 100                     |
| 27                            | P12 DX      | 100,00           | 5,00                   | circolare               | 450                   | ACCIAIO   | 100                     |

| Rete di raccolta dei pluviali |             |                  |                        |                         |                       |           |                         |
|-------------------------------|-------------|------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------|-------------------------|
| Rami della rete di drenaggio  |             | Lunghezza tratto | Pendenza longitudinale | Geometria della sezione | Dimensione principale | Materiale | Coeff. di scabrezza     |
| ID                            | Descrizione | L [m]            | i [‰]                  |                         | D [mm]                |           | c [m <sup>1/3</sup> /s] |
| 28                            | P13 DX      | 100,00           | 5,00                   | circolare               | 450                   | ACCIAIO   | 100                     |
| 29                            | P14 DX      | 100,00           | 5,00                   | circolare               | 300                   | acciaio   | 100                     |
| 30                            | SPB DX      | 53,82            | 3,20                   | circolare               | 300                   | acciaio   | 100                     |

Tabella 3 - Riepilogo caratteristiche della rete di raccolta.

Le opere di canalizzazione della rete di drenaggio sono state considerate idraulicamente adeguate quando il riempimento, secondo le portate definite come al paragrafo 4.1.4, si mantiene inferiore o uguale al 70% dell'altezza utile. Tale condizione è risultata sempre verificata su ogni ramo della rete.

I risultati ottenuti dalla verifica sono riportati nell'ALLEGATO 1.

#### 4.1.6. Dimensionamento delle tubazioni di raccolta al piede delle pile

Al piede delle pile del viadotto, in sponda sinistra del Tanaro, si prevede di allocare delle tubazioni circolari in c.a. turbocentrifugato, al fine di consentire alla portata di giungere alla vasca di trattamento. Risulta opportuno verificare che il riempimento delle tubazioni sia inferiore al 70% della sezione utile; in base al rilievo disponibile si individua una pendenza media del terreno, e dunque della tubazione, pari allo 0.2%.

Le portate scaricate dalle discenderie previste per il viadotto sono le seguenti:

| <b>Tratto di competenza<br/>(vedere Allegato 1)</b> | <b>Portata di progetto<br/>Q [m<sup>3</sup>/s]</b> |
|---|--|
| P5 SX   | 0,09455  |
| P6 SX   | 0,02066  |
| P7 SX   | 0,04124  |
| P9 SX   | 0,23387  |
|   |  |
| P5 DX   | 0,09344  |
| P6 DX   | 0,02045  |
| P11 DX  | 0,18652  |

Si prevedono due tratti di tubazione:

- D 800 mm – che raccoglie i tratti P5 SX, P6 SX, P7 SX, P5 DX, P6 DX, per una portata complessiva di 0.27 m<sup>3</sup>/s
- D 1000 mm – che, oltre ai precedenti, raccoglie anche il tratto P9 SX, per una portata complessiva di 0.50 m<sup>3</sup>/s

Il tratto P11 DX viene convogliato direttamente nel pozzetto di imbocco dell'impianto di trattamento.

In Figura 2 è riportata la scala di deflusso calcolata per la sezione circolare D 800 mm, sulla quale viene riportato il punto di funzionamento, corrispondente al riempimento del 70% della sezione; si osserva che la portata afferente alla tubazione è inferiore al punto di funzionamento ( $Q=0.451 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

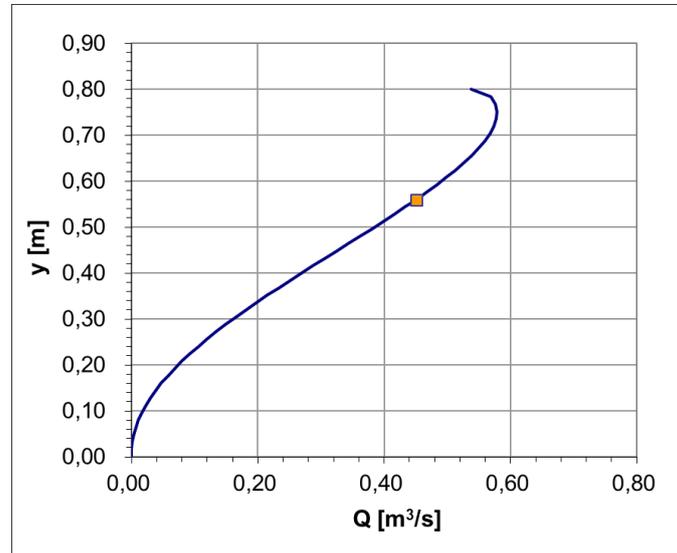


Figura 2 - Scala di deflusso della tubazione D800 mm con punto di funzionamento.

In Figura 3 è riportata la scala di deflusso calcolata per la sezione circolare D 1000 mm, sulla quale viene riportato il punto di funzionamento, corrispondente al riempimento del 70% della sezione; si osserva che la portata afferente alla tubazione è inferiore al punto di funzionamento ( $Q=0.817 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

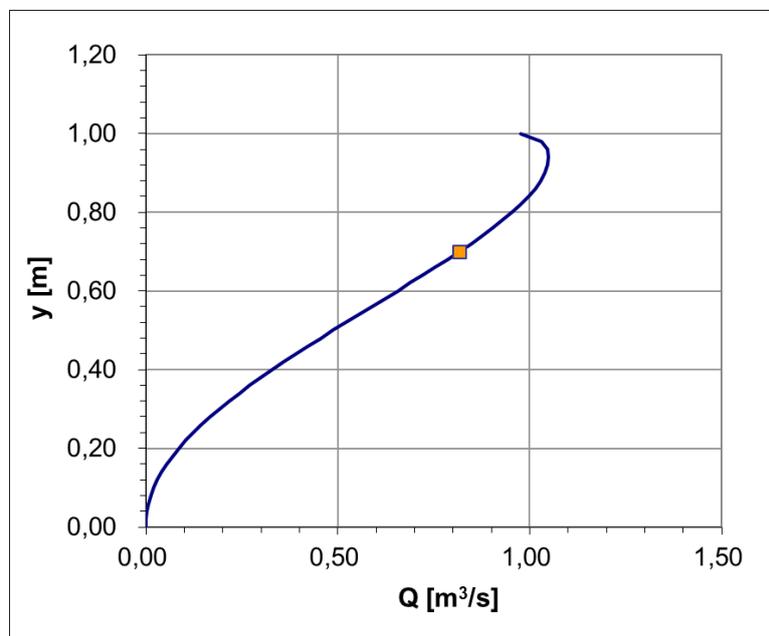


Figura 3 - Scala di deflusso della tubazione D1000 mm con punto di funzionamento.

## 4.2. TRATTAMENTO DELLE ACQUE DI PRIMA PIOGGIA

### 4.2.1. Fenomeno di dilavamento stradale – *first flush*

Numerosi studi condotti in diversi paesi hanno evidenziato che le acque meteoriche di dilavamento provenienti dalle pavimentazioni delle strade urbane ed extraurbane, nonché delle loro aree di pertinenza (aree a parcheggio, aree di servizio, aree di caselli a pedaggio ecc.), risultano contaminate e possono determinare un rilevante impatto negativo sulla qualità del corpo idrico recettore. In molti stati la riduzione di questo impatto costituisce pertanto uno dei principali obiettivi dei piani di tutela ambientale. L'obiettivo può essere perseguito con molteplici metodologie indicate come "*Storm Water Best Management Practices*".

La mancata filtrazione delle acque fa perdere al suolo una delle sue funzioni principali, cioè quella di scambio tra lo strato più basso dell'atmosfera ed il sottosuolo. Ciò in parte protegge le falde, ma favorisce il dilavamento delle superfici e il trascinarsi (a volte anche la concentrazione) di inquinanti che confluiscono e impattano soprattutto sulle acque superficiali.

È quindi intuibile che nel corso di un evento piovoso molto prolungato, specialmente dopo un periodo di assenza di precipitazioni, i primi apporti che dilavano le superfici più o meno impermeabili generano acque reflue più concentrate di inquinanti rispetto a quelle degli apporti successivi, per cui è diventato usuale distinguere varie tipologie di piogge e concentrare l'attenzione sulle cosiddette "*acque di prima pioggia*", che hanno così assunto il carattere di un fenomeno tipico delle aree fortemente antropizzate, urbanizzate o comunque impermeabilizzate.

Il fenomeno delle "acque di prima pioggia" si caratterizza principalmente per il meccanismo che lo genera (le piogge), il loro bersaglio (il suolo più o meno urbanizzato) e i corpi idrici recettori. Le acque di prima pioggia sono costituite dalle acque di scorrimento superficiale defluite nei primi minuti di un evento di precipitazione e caratterizzate da elevate concentrazioni di sostanze inquinanti. A seguito degli eventi di precipitazione, infatti, le acque meteoriche provocano il dilavamento delle superfici urbane e stradali (fenomeno noto con il termine di *first flush*), causando il trasporto di sostanze inquinanti tra le quali, principalmente, solidi sedimentabili (organici e/o inorganici), elementi nutritivi, batteri, oli, grassi e metalli pesanti.

Le sedi stradali e le loro aree di pertinenza contribuiscono all'inquinamento dei deflussi meteorici attraverso due fenomeni successivi:

- l'accumulo durante il tempo asciutto;
- il dilavamento operato dalla pioggia.

Il primo è di entità minore e si manifesta per particelle molto piccole (dimensioni inferiori a 60  $\mu\text{m}$ ); il secondo avviene attraverso due fasi successive: l'incorporazione di sostanze nelle goccioline d'acqua entro la nube e il dilavamento atmosferico.

Gli inquinamenti sulle superfici provengono dalla deposizione atmosferica di tempo asciutto, dal traffico veicolare (derivati di combustione dei carburanti, usura dei pneumatici, parti meccaniche, e impianto frenante dei veicoli, corrosione della carrozzeria dei veicoli, etc.), da rifiuti in prevalenza organici, dalla vegetazione, dall'erosione del manto stradale provocato dal traffico veicolare e dalla corrosione delle barriere.

L'acqua di pioggia subisce una contaminazione dilavando l'atmosfera, le strade e le pertinenze stradali. La prima interazione tra l'acqua e gli inquinanti avviene in atmosfera, in cui sono presenti inquinanti di origine naturale e antropica. Successivamente, l'acqua di pioggia dilava le superfici stradali trascinando una parte del materiale che si è accumulato durante il tempo asciutto.

I dati di letteratura mostrano un ampio ventaglio di concentrazioni di inquinanti nelle acque di pioggia quando giungono al suolo. In effetti, tali concentrazioni dipendono da fonti locali di inquinamento

atmosferico, sia da fonti esterne e, quindi, dalle condizioni meteorologiche. In prevalenza il carico inquinante di origine atmosferica riguarda i composti disciolti (metalli, cloruri, sodio).

Le caratteristiche delle acque di prima pioggia, per la natura stessa dei processi idrologici che originano il dilavamento delle sostanze inquinanti dalle superfici urbane e stradali, risultano estremamente variabili e dipendenti dalla specificità del sito in esame ed in particolare dal regime pluviometrico, oltre che dalle caratteristiche climatiche e morfologiche dell'area drenata. I valori del carico inquinante veicolato variano in funzione, oltre che della natura dell'area esaminata (aree urbane, superfici stradali con intensità di traffico variabile ecc.), anche dell'intervallo di tempo intercorso dall'ultimo evento piovoso significativo e possono essere compresi tra 5 e 15 kg/ha/giorno di solidi sedimentabili.

In linea generale si può affermare che il fenomeno del first flush si manifesta principalmente con i parametri SS, COD, Azoto e metalli pesanti (in particolare Cu, Zn e Pb), con un'entità tanto più pronunciata quanto maggiore è il periodo di tempo secco antecedente e quanto maggiore è l'intensità di precipitazione negli istanti iniziali dell'evento.

Inquadramento normativo

La Direttiva CEE 91/271 *“Concernente il trattamento delle acque reflue urbane”* prevede che entro il 31 dicembre 2005 tutte le acque reflue domestiche o il miscuglio di queste con le acque meteoriche di dilavamento siano sottoposte, prima dello scarico, a un trattamento di depurazione, per il raggiungimento di obiettivi di qualità nei corpi idrici recettori, identificati da valori limite di concentrazione di inquinanti in seno ai recettori stessi. Nel recepire a livello nazionale tale direttiva, il D.Lgs.152/99, successivamente integrato dal D.Lgs. 258/00, affronta nello specifico il problema delle acque meteoriche di dilavamento e del trattamento delle acque di prima pioggia all'Art. 39. Ai fini della prevenzione di rischi idraulici e ambientali, si prevede che le Regioni disciplinino le forme di controllo degli scarichi di acque meteoriche di dilavamento provenienti da reti fognarie separate e i casi in cui “può essere richiesto che le acque di prima pioggia siano convogliate e opportunamente trattate in impianti di depurazione”.

Il regolamento della Regione Piemonte 1/R del 20 febbraio 2006, entrato in vigore il 24 febbraio 2006 e successivamente modificato con il regolamento regionale 2 agosto 2006, n. 7/R, disciplina le acque meteoriche di dilavamento e le acque di lavaggio di aree esterne, in attuazione della legge regionale 29 dicembre 2000, n. 61. Con tale atto l'Amministrazione regionale ha disciplinato una problematica particolarmente diffusa sul territorio e al tempo stesso estremamente complessa, in quanto caratterizzata da una spiccata variabilità locale. La parte più rilevante e di immediata applicazione del regolamento (il Capo II) si occupa in particolare delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, identificando in primo luogo le fattispecie che, per la loro potenzialità inquinante, meritano apposita disciplina.

Secondo il Regolamento della Regione Piemonte, si definiscono *“acque di prima pioggia: quelle corrispondenti, nella prima parte di ogni evento meteorico, ad una precipitazione di 5 millimetri uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di raccolta delle acque meteoriche”*.

Definiti i possibili recapiti delle predette acque, la relativa disciplina Piemontese si basa sull'adozione ed il mantenimento in buono stato di manutenzione dei sistemi di gestione, raccolta e trattamento, direttamente proposti dal titolare dell'insediamento in un apposito Piano di prevenzione e di gestione; tale piano viene redatto sulla base delle peculiarità locali e delle caratteristiche delle superfici interessate dal dilavamento meteorico o dalle operazioni di lavaggio ed approvato, con le prescrizioni del caso, dalla competente autorità di controllo.

Il trattamento delle acque di prima pioggia deve essere effettuato per gli eventi meteorici che si distanzino di almeno 48 ore l'uno dall'altro. La normativa richiede quindi la separazione dei primi 5 mm di pioggia, per ogni evento meteorico con periodicità superiore alle 48 ore.

La legge della Regione Lombardia del 24 marzo 2006 n° 4, inoltre, all'articolo 5, dispone che la rete deve essere dimensionata sulla base degli eventi meteorici di breve durata e di elevata intensità caratteristici di ogni zona, e comunque quanto meno assumendo che l'evento si verifichi in quindici minuti e che il coefficiente di afflusso alla rete sia pari a 1 per la superficie scolante e a 0,3 per quelle permeabili di qualsiasi tipo ad esse contigue, escludendo dal computo le superfici incolte e quelle di uso agricolo.

#### **4.2.2. Acque di “prima pioggia”**

Secondo la normativa italiana, le “*acque di prima pioggia*” rappresentano, per ogni evento meteorico, i primi 5 mm (o la quantità caduta nei primi 15 minuti dell’evento), uniformemente distribuiti sull’intera superficie scolante del bacino in esame. In alcuni casi, tali acque devono essere sottoposte ad adeguati sistemi di depurazione, come ad esempio per attività produttive particolari, le autofficine, i distributori di carburante, ecc. Esiste inoltre differenza tra le acque di lavaggio delle superfici urbane e le acque di dilavamento di superfici adiacenti ad autofficine, distributori di carburante, autolavaggi, ecc., considerate più inquinate e che quindi necessitano di trattamenti particolari.

La pericolosità ambientale di queste acque dipende dalla natura del suolo (struttura, pendenze, permeabilità, tipo di superficie, ecc.), dal tipo di usi del suolo stesso (agricolo, civile, produttivo, dei servizi, ecc.) e quindi dalle sostanze che su di esso vengono disperse o ricadono dall’atmosfera a causa delle attività antropiche.

L’analisi del regime pluviometrico consente di identificare gli eventi con carattere di prima pioggia. A titolo di esempio si riportano tre differenti definizioni utilizzate in diverse regioni italiane:

- pioggia: 50 mm/h, cui corrisponde una portata  $Q = 50 \text{ l/m}^2/\text{h}$ ;
- pioggia intensa: 120 mm/h (30 mm in 15 minuti), cui corrisponde una portata  $Q = 120 \text{ l/m}^2/\text{h}$ ;
- prima pioggia: 5 mm in 15 minuti, cui corrisponde una portata  $Q = 20 \text{ l/m}^2/\text{h}$ .

Come indicano in modo esplicito le normative regionali in materia di trattamento di acque di prima pioggia o, più in generale, di reflui urbani, possono essere considerate acque di prima pioggia quelle dei primi 2,5÷5 mm di acqua meteorica di dilavamento uniformemente distribuita su tutta la superficie scolante servita dal sistema di drenaggio; ai fini dei calcoli delle portate transitanti nel sistema di drenaggio stesso, si considera che tale quantità di pioggia sia caduta in un intervallo di tempo di 15 minuti. Il corrispondente volume d’acqua sarà di 25-50 m<sup>3</sup> per ettaro di superficie considerata.

Infine, perché possano essere considerate di prima pioggia, le acque meteoriche devono essere associate ad un evento di pioggia preceduto da almeno 48 ore di tempo asciutto.

Da tali indicazioni emerge come, ai fini dello studio degli impatti provocati dalle acque di prima pioggia debbano essere presi in considerazione eventi piovosi con caratteristiche ben precise:

- intensità relativamente elevata (comunque superiore ai 10 mm/h);
- durata breve (inferiore ai 60 minuti).

Durata e intensità di un evento piovoso sono caratteristiche legate da una legge di proporzionalità inversa: tanto più un evento sarà intenso, tanto più sarà breve. L’assenza di precipitazione nel periodo antecedente all’evento è un’altra caratteristica che spesso contraddistingue le piogge brevi e intense.

#### **4.2.3. Dimensionamento degli impianti per il trattamento delle acque di prima pioggia**

Prima di essere immesse nel corpo recettore, le acque di origine meteorica (estremamente cariche di sostanze inquinanti) devono subire i seguenti trattamenti:

- separazione dei solidi grossolani;
- separazione dei solidi sedimentabili mediante apposito comparto opportunamente dimensionato;
- separazione degli idrocarburi prima dell’immissione nel corpo recettore.

Nell’ottica di un inserimento ambientale dell’infrastruttura volto al rispetto della tutela ambientale del territorio e dei corpi idrici, nel lotto in progetto si prevede di utilizzare un sistema di trattamento in continuo, poiché si prevede il trattamento di tutte le acque di prima pioggia sottese dalla piattaforma stradale. Tale sistema garantisce una buona efficienza depurativa delle acque anche per portate di seconda pioggia e, soprattutto, è caratterizzato da un funzionamento a gravità, ossia senza l’impiego di organi

elettromeccanici automatizzati (sistemi di pompaggio) che richiederebbero un elevato onere in termini di esecuzione impiantistica, gestione e manutenzione.

Le vasche di trattamento delle acque di prima pioggia sono costituite da impianti separatori di idrocarburi prefabbricati in acciaio dotati di:

- scolmatore di piena e by-pass integrati per la deviazione delle portate in ingresso eccedenti quelle trattabili;
- comparto di decantazione per la rimozione dei solidi sedimentabili;
- filtro coalescente lamellare in polipropilene a nido d'ape per l'aggregazione dei liquidi leggeri per facilitarne la flottazione;
- otturatore automatico galleggiante a protezione dell'uscita.

L'impianto prevede uno scomparto scolmatore di piena, uno scomparto di decantazione e uno scomparto di separazione oli con filtro a coalescenza munito di dispositivo di scarico con otturatore a galleggiante mobile opportunamente tarato; tale da impedire la fuoriuscita di oli quando la camera di raccolta è completamente riempita.

Il decantatore è configurato in modo da ottenere un carico idraulico superficiale inferiore a 50 m/h. Il volume utile del decantatore è di 150 litri per l/s trattato ed è tale da condurre ad un tempo di transito superiore ai 190 secondi, tempo sufficiente a consentire la separazione dalle sostanze sedimentabili. Le acque così pretrattate vengono avviate attraverso la sezione di separazione oli, dove subiscono una flottazione delle sostanze leggere. Il sistema è dimensionato per garantire allo scarico un tenore di idrocarburi liberi inferiori a 5 mg/l nelle condizioni di prova previsti dalla norma EN858.

Per consentire di abbattere il carico inquinante, garantendo così il rispetto dei limiti agli scarichi imposti dal Decreto Legislativo n. 152 del 2006, viene impiegato il filtro a coalescenza. Con questo sistema le microparticelle di oli aderiscono ad un particolare materiale coalescente (effetto di assorbimento), che ne determina un incremento delle dimensioni (effetto di coalescenza), risultando così favorita la flottazione in superficie.

In relazione alla manutenzione ordinaria del sistema di depurazione, occorre prevedere almeno un'estrazione semestrale dei liquidi leggeri e uno svuotamento annuale dei fanghi. Tuttavia, è necessario evidenziare che la frequenza delle operazioni di manutenzione è funzione del carico inquinante a cui il separatore è sottoposto. Le operazioni di manutenzione consistono nella rimozione del solido sedimentato e asportazione degli idrocarburi flottanti, nonché nella pulitura dei filtri a coalescenza con idropulitrice.

Il criterio di dimensionamento delle vasche è basato sul calcolo della portata scolante. Il volume di prima pioggia viene individuato dal prodotto dall'altezza d'acqua di prima pioggia  $h$  per l'estensione della superficie scolante ragguagliata come definito di seguito,

$$V = \phi \cdot S \cdot h \text{ [m}^3\text{]}$$

dove  $S$  è l'area [m<sup>2</sup>] e  $h$  l'altezza di pioggia [m] e  $\phi$  indica il coefficiente di deflusso per la superficie considerata.

Nel caso in cui la vasca ricevesse in ingresso le portate di prima pioggia provenienti da una superficie promiscua asfaltata e rinverdata, la portata di dimensionamento deve essere effettuata attraverso il calcolo pesato dei contributi delle due tipologie di superfici interessate.

Per quanto riguarda i coefficienti di deflusso delle superfici impermeabili si è assunto un valore pari a 0,90, in pieno accordo con la capacità drenante e di immagazzinamento della pavimentazione bituminosa.

Le normative vigenti identificano le acque di prima pioggia quelle corrispondenti ad una precipitazione meteorica di 5 mm da cui si ottiene un volume specifico di 50 m<sup>3</sup>/ha. Considerando che questo volume

cada in un tempo di pioggia di 15 min si ottiene la portata da trattare all'interno delle vasche con principio di funzionamento in continuo. Le dimensioni del separatore di idrocarburi prescelto è tale da essere in grado di smaltire e trattare una portata in ingresso massima pari a 150 l/s.

Le caratteristiche dimensionali della vasca prevista per il tratto autostradale in esame sono riportate nella seguente tabella.

| <b>Vasca</b>                        | <b>VASCA DI TRATTAMENTO</b> |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| Portata (l/s)                       | 690                         |
| Superficie asfaltata (ha)           | 2,39                        |
| Volume di pioggia (m <sup>3</sup> ) | 107,46                      |
| Portata di pioggia (l/s)            | 119,40                      |

Tabella 4 – Caratteristiche della vasca di trattamento.

I dati caratteristici del separatore di idrocarburi sono riassunti nella seguente tabella.

| <b>Descrizione</b>        | <b>VASCA DI TRATTAMENTO</b> |
|---------------------------|-----------------------------|
| Portata trattata (l/s)    | 150                         |
| Portata di punta (l/s)    | 800                         |
| Lunghezza (cm)            | 1020                        |
| Diametro (cm)             | 250                         |
| Tubazione di scarico (DN) | 1000                        |

Tabella 5 – Specifiche prestazionali idrauliche e tecniche della vasca di trattamento.

**ALLEGATI**

## **ALLEGATO 1 – VERIFICA DELLA RETE DI RACCOLTA**

| Rete di drenaggio afferente alla Vasca – Caratteristiche schematiche del bacino |             |                                   |                    |                 |                       |                             |                        |       |                            |
|---|-------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------|-------|----------------------------|
| Rami della rete di drenaggio  |             | Superficie direttamente afferente | Coeff. di deflusso | Pendenza bacino | Volume piccoli invasi | Superficie afferente totale | Parametri CPP          |       | Durata pioggia di progetto |
| ID  | Descrizione | S [ha]                            | $\Phi$ [-]         | s [%]           | W0 [mm]               | $S_T$ [ha]                  | a [mm/h <sup>n</sup> ] | n [-] | tp [min]                   |
| 1   | P1 SX       | 0,0364                            | 0,90               | 49              | 6,0                   | 0,0364                      | 47,41                  | 0,435 | 10,0                       |
| 2   | P2 SX       | 0,0634                            | 0,90               | 49              | 6,0                   | 0,0997                      | 47,41                  | 0,435 | 10,0                       |
| 3   | P3 SX       | 0,0634                            | 0,90               | 49              | 6,0                   | 0,1631                      | 47,41                  | 0,435 | 10,0                       |
| 4   | P4 SX       | 0,0634                            | 0,90               | 49              | 6,0                   | 0,2265                      | 47,41                  | 0,435 | 10,0                       |
| 5   | P5 SX       | 0,0634                            | 0,90               | 49              | 6,0                   | 0,2899                      | 47,41                  | 0,435 | 10,0                       |
| 6   | P6 SX       | 0,0633                            | 0,90               | 49              | 6,0                   | 0,0633                      | 47,41                  | 0,435 | 10,0                       |
| 7   | P7 SX       | 0,0633                            | 0,90               | 49              | 6,0                   | 0,1264                      | 47,41                  | 0,435 | 10,0                       |
| 8   | P8 SX       | 0,0632                            | 0,90               | 38              | 6,0                   | 0,0632                      | 47,41                  | 0,435 | 10,0                       |
| 9   | P9 SX       | 0,0631                            | 0,90               | 26              | 6,0                   | 0,7170                      | 47,41                  | 0,435 | 10,0                       |
| 10  | P10 SX      | 0,0821                            | 0,90               | 25              | 6,0                   | 0,6539                      | 47,41                  | 0,435 | 10,0                       |
| 11  | P11 SX      | 0,1260                            | 0,90               | 25              | 6,0                   | 0,5718                      | 47,41                  | 0,435 | 10,0                       |
| 12  | P12 SX      | 0,1260                            | 0,90               | 25              | 6,0                   | 0,4458                      | 47,41                  | 0,435 | 10,0                       |
| 13  | P13 SX      | 0,1260                            | 0,90               | 25              | 6,0                   | 0,3198                      | 47,41                  | 0,435 | 10,0                       |
| 14  | P14 SX      | 0,1260                            | 0,90               | 25              | 6,0                   | 0,1938                      | 47,41                  | 0,435 | 10,0                       |
| 15  | SPB SX      | 0,0678                            | 0,90               | 25              | 6,0                   | 0,0678                      | 47,41                  | 0,435 | 10,0                       |
| 16  | P1 DX       | 0,0360                            | 0,90               | 49              | 6,0                   | 0,0360                      | 47,41                  | 0,435 | 10,0                       |
| 17  | P2 DX       | 0,0626                            | 0,90               | 49              | 6,0                   | 0,0986                      | 47,41                  | 0,435 | 10,0                       |
| 18  | P3 DX       | 0,0626                            | 0,90               | 49              | 6,0                   | 0,1612                      | 47,41                  | 0,435 | 10,0                       |
| 19  | P4 DX       | 0,0626                            | 0,90               | 49              | 6,0                   | 0,2238                      | 47,41                  | 0,435 | 10,0                       |
| 20  | P5 DX       | 0,0626                            | 0,90               | 49              | 6,0                   | 0,2864                      | 47,41                  | 0,435 | 10,0                       |
| 21  | P6 DX       | 0,0627                            | 0,90               | 49              | 6,0                   | 0,0627                      | 47,41                  | 0,435 | 10,0                       |
| 22  | P7 DX       | 0,0627                            | 0,90               | 49              | 6,0                   | 0,2704                      | 47,41                  | 0,435 | 10,0                       |
| 23  | P8 DX       | 0,0628                            | 0,90               | 38              | 6,0                   | 0,2077                      | 47,41                  | 0,435 | 10,0                       |
| 24  | P9 DX       | 0,0629                            | 0,90               | 26              | 6,0                   | 0,1449                      | 47,41                  | 0,435 | 10,0                       |
| 25  | P10 DX      | 0,0820                            | 0,90               | 25              | 6,0                   | 0,0820                      | 47,41                  | 0,435 | 10,0                       |
| 26  | P11 DX      | 0,1260                            | 0,90               | 25              | 6,0                   | 0,5718                      | 47,41                  | 0,435 | 10,0                       |
| 27  | P12 DX      | 0,1260                            | 0,90               | 25              | 6,0                   | 0,4458                      | 47,41                  | 0,435 | 10,0                       |
| 28  | P13 DX      | 0,1260                            | 0,90               | 25              | 6,0                   | 0,3198                      | 47,41                  | 0,435 | 10,0                       |
| 29  | P14 DX      | 0,1260                            | 0,90               | 25              | 6,0                   | 0,1938                      | 47,41                  | 0,435 | 10,0                       |
| 30  | SPB DX      | 0,0678                            | 0,90               | 25              | 6,0                   | 0,0678                      | 47,41                  | 0,435 | 10,0                       |

| Rete di drenaggio afferente alla Vasca – Portate massime di progetto e verifica idraulica della rete |             |                               |                       |                       |                |                      |                |                  |
|--|-------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|----------------------|----------------|------------------|
| Rami della rete di drenaggio   |             | Sezione canaletta o tubazione | Dimensione principale | Portata di progetto   | Tirante idrico | Grado di riempimento | Velocità media | Numero di Froude |
| ID   | Descrizione |                               | D [mm]                | Q [m <sup>3</sup> /s] | y [mm]         | R [%]                | V [m/s]        | Fr [-]           |
| 1  | P1 SX       | circolare                     | 300                   | 0,0119                | 66             | 22,0%                | 1,03           | 1,47             |
| 2  | P2 SX       | circolare                     | 300                   | 0,03253               | 111            | 37,0%                | 1,37           | 1,52             |
| 3  | P3 SX       | circolare                     | 300                   | 0,05320               | 159            | 53,0%                | 1,40           | 1,24             |
| 4  | P4 SX       | circolare                     | 450                   | 0,07388               | 176            | 39,0%                | 1,29           | 1,13             |
| 5  | P5 SX       | circolare                     | 450                   | 0,09455               | 248            | 55,0%                | 1,05           | 0,73             |
| 6  | P6 SX       | circolare                     | 450                   | 0,02066               | 194            | 43,0%                | 0,32           | 0,26             |
| 7  | P7 SX       | circolare                     | 300                   | 0,04124               | 183            | 61,0%                | 0,91           | 0,73             |
| 8  | P8 SX       | circolare                     | 300                   | 0,02061               | 96             | 32,0%                | 1,06           | 1,25             |
| 9  | P9 SX       | circolare                     | 450                   | 0,23387               | 288            | 64,0%                | 2,18           | 1,37             |
| 10   | P10 SX      | circolare                     | 450                   | 0,21328               | 306            | 68,0%                | 1,85           | 1,13             |
| 11   | P11 SX      | circolare                     | 450                   | 0,18652               | 279            | 62,0%                | 1,80           | 1,17             |
| 12   | P12 SX      | circolare                     | 450                   | 0,14542               | 239            | 53,0%                | 1,70           | 1,23             |
| 13   | P13 SX      | circolare                     | 450                   | 0,10432               | 194            | 43,0%                | 1,60           | 1,28             |
| 14   | P14 SX      | circolare                     | 300                   | 0,06322               | 186            | 62,0%                | 1,37           | 1,09             |
| 15   | SPB SX      | circolare                     | 300                   | 0,02212               | 114            | 38,0%                | 0,90           | 0,97             |
| 16   | P1 DX       | circolare                     | 300                   | 0,01173               | 69             | 23,0%                | 0,96           | 1,29             |
| 17   | P2 DX       | circolare                     | 300                   | 0,03216               | 108            | 36,0%                | 1,40           | 1,52             |
| 18   | P3 DX       | circolare                     | 300                   | 0,05258               | 156            | 52,0%                | 1,42           | 1,25             |
| 19   | P4 DX       | circolare                     | 450                   | 0,07301               | 171            | 38,0%                | 1,32           | 1,13             |
| 20   | P5 DX       | circolare                     | 450                   | 0,09344               | 248            | 55,0%                | 1,04           | 0,73             |
| 21   | P6 DX       | circolare                     | 450                   | 0,02045               | 194            | 43,0%                | 0,31           | 0,26             |
| 22   | P7 DX       | circolare                     | 450                   | 0,08822               | 225            | 50,0%                | 1,11           | 0,83             |
| 23   | P8 DX       | circolare                     | 450                   | 0,06775               | 185            | 41,0%                | 1,10           | 0,93             |
| 24   | P9 DX       | circolare                     | 300                   | 0,04726               | 168            | 56,0%                | 1,16           | 0,99             |
| 25   | P10 DX      | circolare                     | 300                   | 0,02674               | 192            | 64,0%                | 0,56           | 0,43             |
| 26   | P11 DX      | circolare                     | 450                   | 0,18652               | 279            | 62,0%                | 1,80           | 1,17             |
| 27   | P12 DX      | circolare                     | 450                   | 0,14542               | 239            | 53,0%                | 1,70           | 1,23             |
| 28   | P13 DX      | circolare                     | 450                   | 0,10432               | 194            | 43,0%                | 1,60           | 1,28             |
| 29   | P14 DX      | circolare                     | 300                   | 0,06322               | 186            | 62,0%                | 1,37           | 1,09             |
| 30   | SPB DX      | circolare                     | 300                   | 0,02212               | 114            | 38,0%                | 0,90           | 0,97             |