

**CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA**  
**COMUNE DI SALA BOLOGNESE**

**COMPARTO D73 – VARIANTE NON SOSTANZIALE AL PUA**

IN ATTUAZIONE DELL'ACCORDO TERRITORIALE PER LO SVILUPPO DELLE AREE PRODUTTIVE SOVRACOMUNALI DELL'ASSOCIAZIONE TERRE D'ACQUA IN VARIANTE ALLA PIANIFICAZIONE URBANISTICA COMUNALE AI SENSI DELL'ART. 34 DEL DLGS 267/2000 E DEGLI ARTT. 60 e 61 DELLA L.R. 24/2017



**Progettazione e Direzione Lavori**

Via Piave 178 |10014  
Caluso TO  
info@progecasrl.it  
www.progecasrl.it



**Urbanistica e progettazione opere di urbanizzazione**

The Blossom Avenue Partners, Corso Italia, 13, 20122, Milano, tbapartners@pec.it

**Proponente**  
Kryalos SGR S.p.A., Via Cordusio n. 1, Milano

**Componente ambientale**  
TEA consulting, Via G. B. Grassi, 15 - 20157 Milano,

*Commessa*

620\_2020

*Scala*

*Data*

07/10/2020

*Tavola*

**5.3**

*Nome file*

620\_TAV5.3\_Rel.idrogeo.idraulico\_rev00

*Tipo file*

DOC

| Agg.to N. | Data       | Descrizione     | Redatto | Verif. | Approv. |
|-----------|------------|-----------------|---------|--------|---------|
| 0         | 07/10/2020 | Prima emissione | TBA     | TBA    | MC      |
|           |            |                 |         |        |         |
|           |            |                 |         |        |         |
|           |            |                 |         |        |         |
|           |            |                 |         |        |         |

**Relazione di inquadramento idrologico-idraulico**



# CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA COMUNE DI SALA BOLOGNESE (BO)

**COMPARTO D73 – VARIANTE NON SOSTANZIALE AL PUA**  
IN ATTUAZIONE DELL'ACCORDO TERRITORIALE PER LO SVILUPPO DELLE AREE PRODUTTIVE  
SOVRACOMUNALI DELL'ASSOCIAZIONE TERRE D'ACQUA IN VARIANTE ALLA  
PIANIFICAZIONE URBANISTICA COMUNALE AI SENSI DELL'ART. 34 DEL DLGS 267/2000 E  
DEGLI ARTT. 60 e 61 DELLA L.R. 24/2017

Studi specialistici  
5.3 Relazione di inquadramento idrologico-idraulico

Settembre 2020

Redatto da: Ing. Zarri Pietro

Approvato da: Ing. Massimo Moi

## Indice

|    |  |    |
|----|--|----|
| 1  | PREMESSA.....  | 3  |
| 2  | INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....   | 4  |
| 3  | INQUADRAMENTO PROGETTUALE .....  | 10 |
| 4  | ANALISI DEI DATI IDROLOGICI.....   | 12 |
| 5  | IETOGRAMMA DI PROGETTO .....   | 16 |
| 6  | DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DI MASSIMA .....                                 | 19 |
| 7  | NORMATIVA REGIONALE EMILIA ROMAGNA IN MATERIA DI INVARIANZA IDRAULICA..... | 22 |
| 8  | DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE VASCA DI LAMINAZIONE.....                      | 23 |
| 9  | POSSIBILI MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA .....                | 25 |
| 10 | CONCLUSIONI .....  | 26 |

## 1 PREMESSA

Il presente documento illustra gli esiti delle analisi di inquadramento idrologico –idraulico ‘indagine ambientale dell’area sita nel comune di Sala Bolognese (BO) in via Filippo Turati - comparto D7.3 - interessata da un futuro intervento di realizzazione di un nuovo insediamento logistico.

---

| <b>Committente</b>  | <b>Documento</b>  | <b>Data stampa</b> | <b>Pagina</b> |
|---|---|--------------------|---------------|
| The Blossom Avenue Partners<br>Corso Italia, 13<br>20122 – Milano | Comparto D7-3 V.N.S. al PUA<br>Comune di Sala Bolognese (BO)<br>Relazione di inquadramento idrologico-<br>idraulico | Settembre 2020     | 3 di 26       |

## 2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area in oggetto è ubicata nel Comune di Sala Bolognese (BO) in Via Filippo Turati. Da un punto di vista catastale l'area risulta inquadrata all'interno del Foglio 53, mappali: 63, 64, 109, 213, Foglio 55, mappali: 116 e Foglio 56, mappali: 9, 195, 205, 206, 208, 487, 488, 360, 361, 494.

L'area presenta una superficie totale pari a circa 98.000 mq ed attualmente risulta destinata ad utilizzo agricolo inserita in un contesto in parte urbanizzato a destinazione industriale-commerciale, in parte verde-agricolo. Si presenta interamente pianeggiante con una quota media di circa 24-25 m s.l.m., come desumibile dalla Cartografia Tecnica Regionale della Emilia Romagna (Elemento n. 220044).

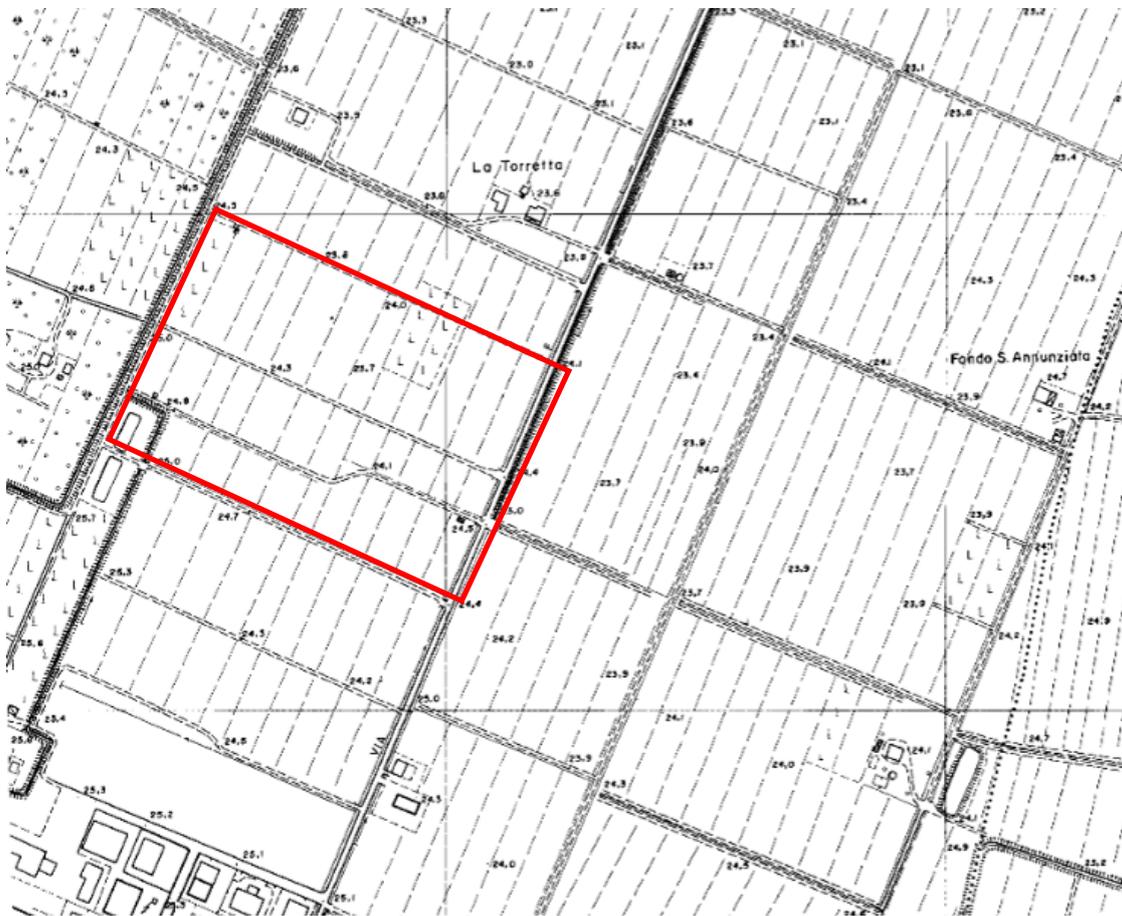
Di seguito si riporta una fotografia aerea di dettaglio dell'area (**Figura o**), estratto carta tecnica regionale (**Figura 2**) e stralcio di mappa catastale (**Figura 3**).



**Figura o** – Foto aerea con identificazione dell'area in oggetto

| Committente   | Documento   | Data stampa    | Pagina  |
|---|---|----------------|---------|
| The Blossom Avenue Partners<br>Corso Italia, 13<br>20122 – Milano | Comparto D7-3 V.N.S. al PUA<br>Comune di Sala Bolognese (BO)<br>Relazione di inquadramento idrologico-<br>idraulico | Settembre 2020 | 4 di 26 |

Di seguito si riporta una fotografia aerea di dettaglio dell'area (**Errore. L'origine riferimento on è stata trovata.**), estratto carta tecnica regionale e stralcio di mappa catastale.



**Figura 1** – Stralcio della CTR dell'Emilia Romagna - Elemento 220044

| Committente   | Documento   | Data stampa    | Pagina  |
|---|---|----------------|---------|
| The Blossom Avenue Partners<br>Corso Italia, 13<br>20122 – Milano | Comparto D7-3 V.N.S. al PUA<br>Comune di Sala Bolognese (BO)<br>Relazione di inquadramento idrologico-<br>idraulico | Settembre 2020 | 5 di 26 |

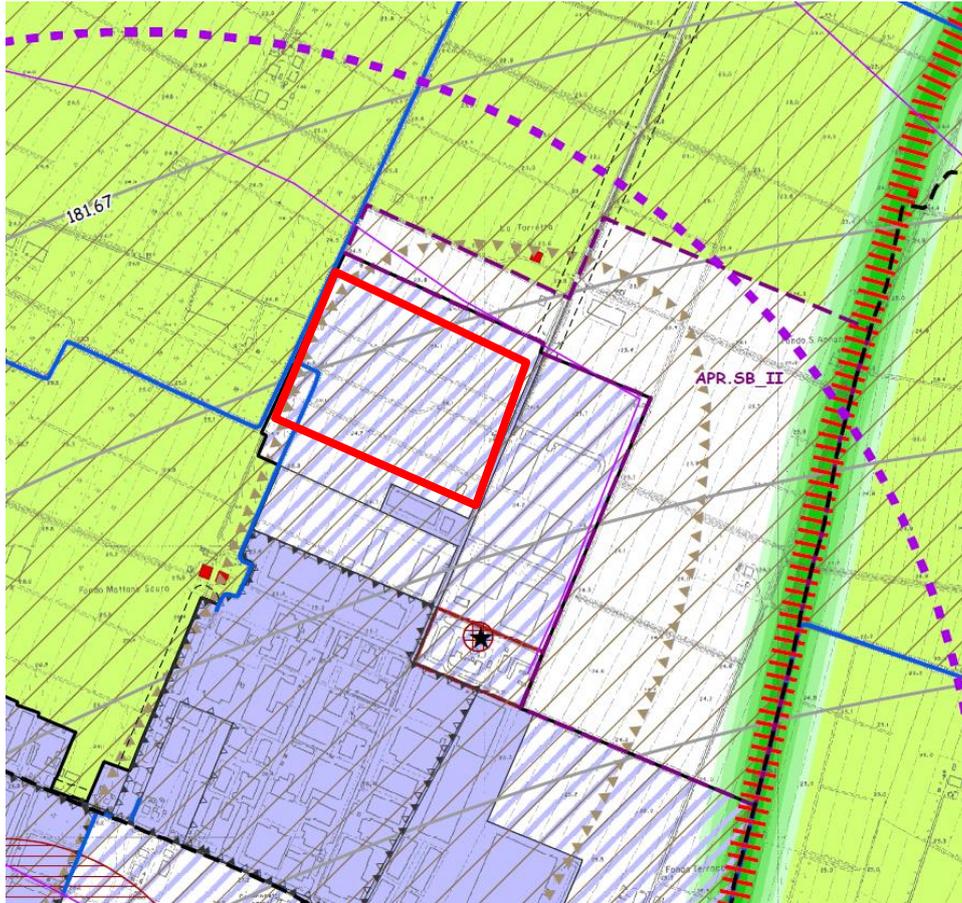


**Figura 1** – Stralcio della mappa catastale

Come indicato nel Piano strutturale Comunale (PSC) approvato con deliberazione del consiglio comunale n. 27/2011, tavola 1b, l'area in oggetto risulta inquadrata come "ambiti prevalentemente a destinazione produttiva in corso di attuazione".

Lungo i propri confini l'area è caratterizzata dalla presenza di fossi irrigui mentre lungo il confine nord ovest risulta presente il canale collettore acque basse bagnarotto appartenente al reticolo idrografico minore come visibile nelle figure 5 e 6.

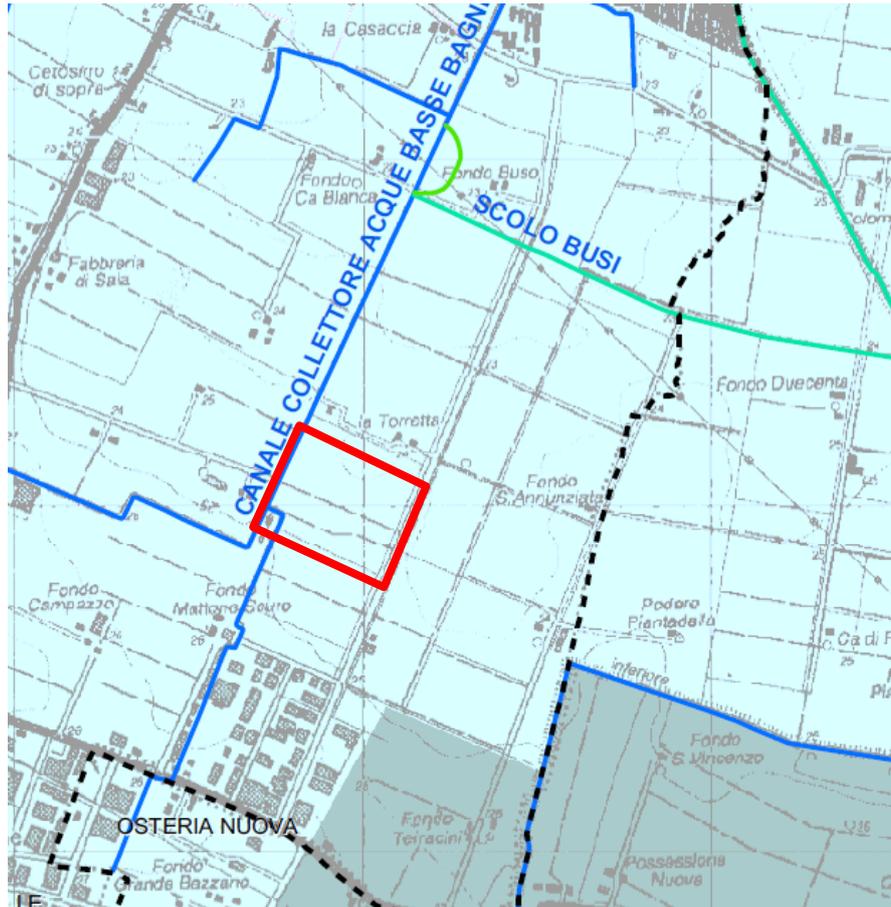
| Committente   | Documento   | Data stampa    | Pagina  |
|---|---|----------------|---------|
| The Blossom Avenue Partners<br>Corso Italia, 13<br>20122 – Milano | Comparto D7-3 V.N.S. al PUA<br>Comune di Sala Bolognese (BO)<br>Relazione di inquadramento idrologico-idraulico | Settembre 2020 | 6 di 26 |



-  Ambiti a prevalente destinazione produttiva in corso di attuazione (Art. 31 NTA PSC)
-  Reticolo idrografico minore
-  Aree potenzialmente inondabili (Art. 61 NTA PSC)
-  Elettrodotti (Art. 72 NTA PSC)
-  Dossi e paleodossi (Art. 58 NTA PSC)
-  Ambiti agricoli di rilievo paesaggistico (ARP)
-  Ambiti di possibile trasformazione urbana per usi produttivi (APR) (Art. 34 NTA PSC)

Figura 2 – Stralcio Tavola 1b – PSC Sala Bolognese

| Committente   | Documento   | Data stampa    | Pagina  |
|---|---|----------------|---------|
| The Blossom Avenue Partners<br>Corso Italia, 13<br>20122 – Milano | Comparto D7-3 V.N.S. al PUA<br>Comune di Sala Bolognese (BO)<br>Relazione di inquadramento idrologico-<br>idraulico | Settembre 2020 | 7 di 26 |

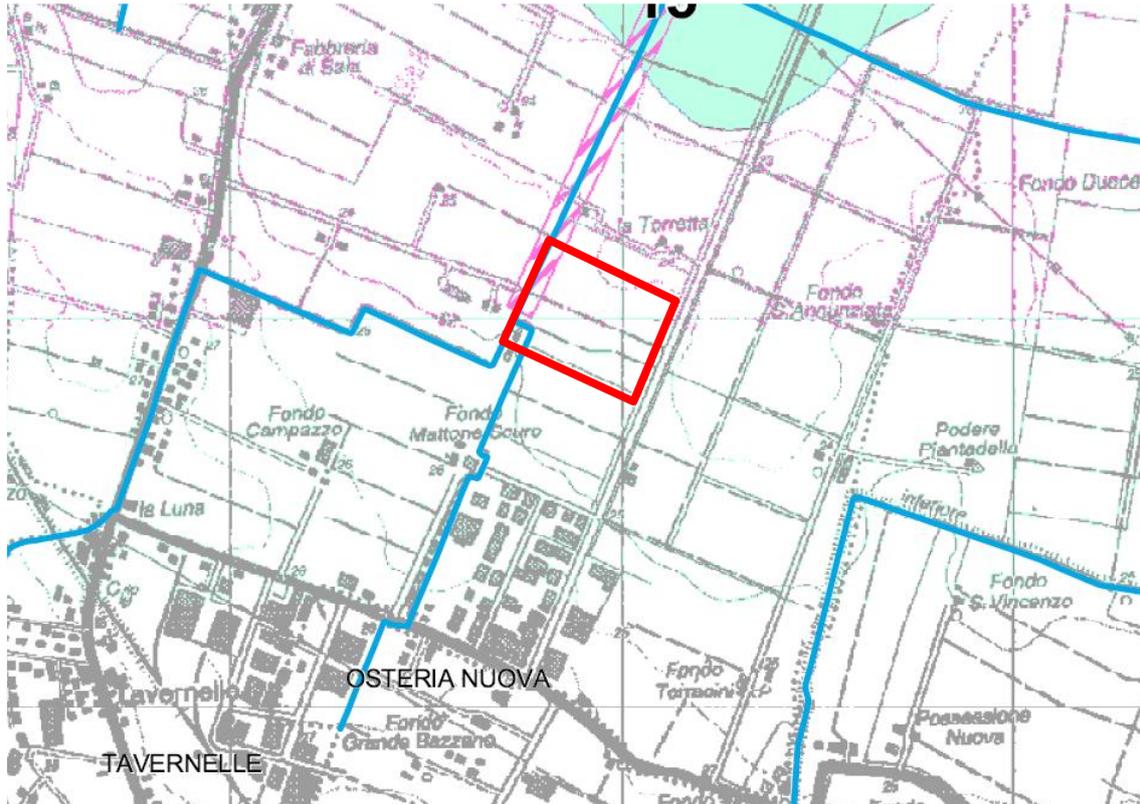


- Scolo
- Promiscuo
- Altre tipologie
- CANALE COLLETORE DELLE ACQUE ALTE
- CANOCCHIA SUPERIORE

**Figura 3** - Idrografia - Stralcio Tavola Sistema naturale ambientale PSC Sala Bolognese

Dal punto di vista dei rischi naturali l'area d'interesse e le aree circostanti risultano essere "potenzialmente inondabili" (vedi stralcio Tavola seguente).

| Committente   | Documento   | Data stampa    | Pagina  |
|---|---|----------------|---------|
| The Blossom Avenue Partners<br>Corso Italia, 13<br>20122 – Milano | Comparto D7-3 V.N.S. al PUA<br>Comune di Sala Bolognese (BO)<br>Relazione di inquadramento idrologico-<br>idraulico | Settembre 2020 | 8 di 26 |



- Aste dei corsi d'acqua principali
- Reticolo idrografico - Bonifica Reno Palata
- Depuratori
- Casse di espansione realizzate
- Casse di espansione in progetto o in corso di realizzazione
- Chiaviche principali (Consorzio di Bonifica Reno Palata)
- Impianti idrovori (Consorzio di Bonifica Reno Palata)
- Aree morfologicamente depresse a deflusso idrico difficoltoso
- Aree morfologicamente depresse e/o a debolissima pendenza
- Linea di possibile sormonto arginale per piene con tempo di ritorno di 100 anni.
- Emergenze idrauliche (Consorzio di Bonifica Reno Palata)

**Figura 4** - Criticità idrauliche - Stralcio Tavola Sistema naturale ambientale PSC Sala Bolognese

| Committente   | Documento   | Data stampa    | Pagina  |
|---|---|----------------|---------|
| The Blossom Avenue Partners<br>Corso Italia, 13<br>20122 – Milano | Comparto D7-3 V.N.S. al PUA<br>Comune di Sala Bolognese (BO)<br>Relazione di inquadramento idrologico-idraulico | Settembre 2020 | 9 di 26 |

### 3 INQUADRAMENTO PROGETTUALE

L'area in oggetto, ha una superficie territoriale pari a circa 98.000 mq. Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo insediamento logistico la cui capacità finale risulta pari a circa 21500 mq. Circa 2900 mq saranno destinati a parcheggio pubblico mentre circa 44.000 mq saranno destinati a parcheggio privato. Si prevede la realizzazione di superfici filtranti a verde per una superficie di circa 12.000 mq a servizio delle opere pubbliche e circa 11.000 mq a servizio delle opere private. Di seguito si riporta relativo masterplan di progetto.



#### COMPARTO D.7.3 - VARIANTE NON SOSTANZIALE AL PUA

##### INDICI E PARAMETRI DA DISCIPLINA DI PIANO (Art. 16 Convenzione)

Superficie territoriale (ST) = 98.300,00 mq

Indice di utilizzazione territoriale (UT) = 0,3033 mq/mq

Superficie complessiva = 29.806 mq

Standard min richiesto (15% ST) = 14.745,00 mq

Destinazione d'uso = quelle previste dalle NTA.

La destinazione d'uso logistica potrà essere prevista nella quantità del 100% della Superficie Complessiva.

 Fascia di rispetto elettrodotto

 Limite di edificabilità

| Committente   | Documento   | Data stampa    | Pagina   |
|---|---|----------------|----------|
| The Blossom Avenue Partners<br>Corso Italia, 13<br>20122 – Milano | Comparto D7-3 V.N.S. al PUA<br>Comune di Sala Bolognese (BO)<br>Relazione di inquadramento idrologico-<br>idraulico | Settembre 2020 | 10 di 26 |

## DATI DI PROGETTO

 Superficie territoriale .....98.300 mq

 Superficie fondiaria.....82.542 mq

Superficie Complessiva (SC) di progetto a dest. logistica.....28.533 mq < 29.806 mq **VERIFICATO**

*di cui*

 Magazzino.....21.456 mq

 Locale ricarica batterie.....660 mq

 Uffici - spogliatoi.....1.940 mq

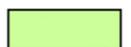
 Pensilina.....4.447 mq

 Guardania.....30 mq

Standard reperiti dal progetto.....14.762 mq > 14.745 mq **VERIFICATO**

*di cui*

 Parcheggio pubblico.....2.928 mq

 Verde pubblico.....11.834 mq  
(compresa vasca di laminazione)

 Vasca di laminazione

 Viabilità e accessi.....996 mq

 Uscita mezzi

 Ingresso mezzi

 Cabina Enel

 Area di pertinenza privata (pazzale).....44.502 mq

 Area di pertinenza privata (Verde privato).....10.874 mq

Figura 5 – Master Plan di progetto

#### 4 ANALISI DEI DATI IDROLOGICI

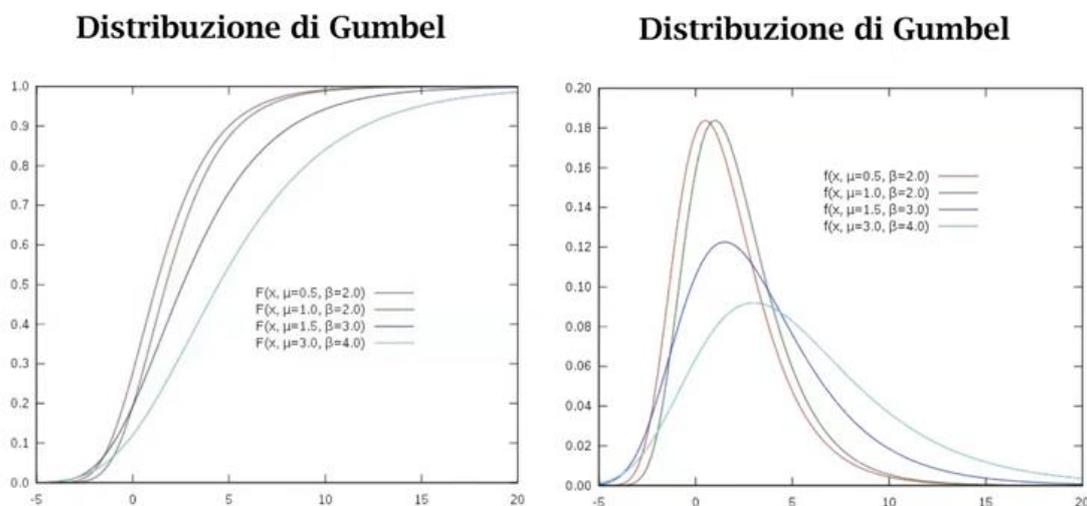
L'analisi delle precipitazioni estreme si basa sull'acquisizione delle serie temporali contenute negli annali idrologici (anno, 1 h, 3h, 6 h, 12h, 24h) e sull'analogia del concetto di tempo di ritorno  $Tr$  ( $Tr$ : intervallo di tempo medio in cui una certa intensità di precipitazione si ripete) dall'analisi empirica a quella probabilistica. La scelta di tale parametro dipende dal tipo di opera in progetto e/o verifica. Il calcolo della sollecitazione pluviometrica si basa sull'applicazione della teoria della probabilità e dell'analisi statistica. Si vuole determinare, per ogni durata, la corrispondenza tra quantili (assegnati tempi di ritorno) e altezza di precipitazione.

$$Tr = \frac{m}{1 - Fr(H < h^*)} = \frac{m}{1 - P(H < h^*)}$$

Per ogni durata si cercherà di interpolare i dati ad una distribuzione di probabilità. La famiglia di curve candidata per questo scopo è la Curva dei valori estremi di tipo 1, o curva di Gumbel:

$$P[H < h; a, b] = e^{-e^{-\frac{h-a}{b}}} \quad \text{con } -\infty < h < \infty$$

$b$  è un parametro di forma,  $a$  un parametro di posizione.



**Figura 7** – Probabilità e densità di probabilità secondo Gumbel

Per adattare la famiglia di curve di Gumbel ai dati si usano dei metodi di adattamento dei parametri. I metodi a cui si fa riferimento sono:

- *il metodo dei minimi quadrati;*
- *il metodo dei momenti;*

- il metodo della massima verosimiglianza.

Le curve di possibilità pluviometrica sono curve che, per un assegnato tempo di ritorno ( $T_r$ ), forniscono l'altezza di precipitazione per un'assegnata durata:

$$h(t_p, T_r) = a(T_r)t_p^n$$

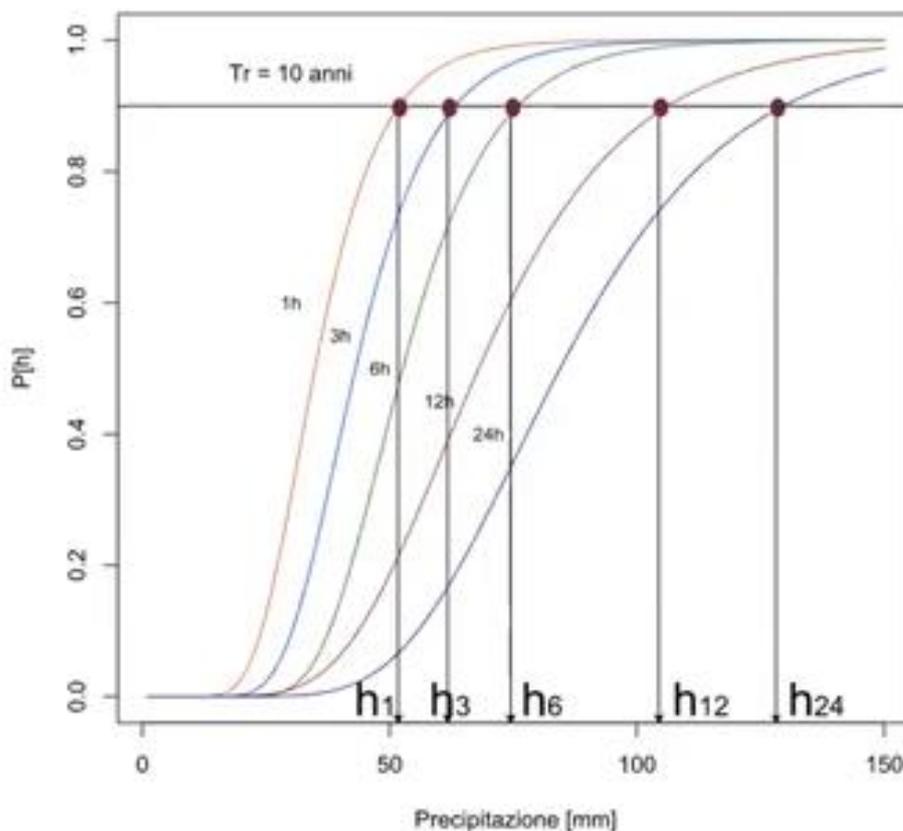
con  $n > 0$  e  $n < 1$

Per ogni durata interpolo una distribuzione di probabilità ai dati. Con la distribuzione di probabilità, assegnato il tempo di ritorno:

$$P[H < h] = 1 - \frac{m}{T_r}$$

Otengo la probabilità.

Con il valore della probabilità ed invertendo la curva di probabilità, ottengo il valore di altezza di precipitazione corrispondente a quella durata e a quella di probabilità.



**Figura 8** – Schema concettuale estrapolazione casi critici per Curva Possibilità Climatica

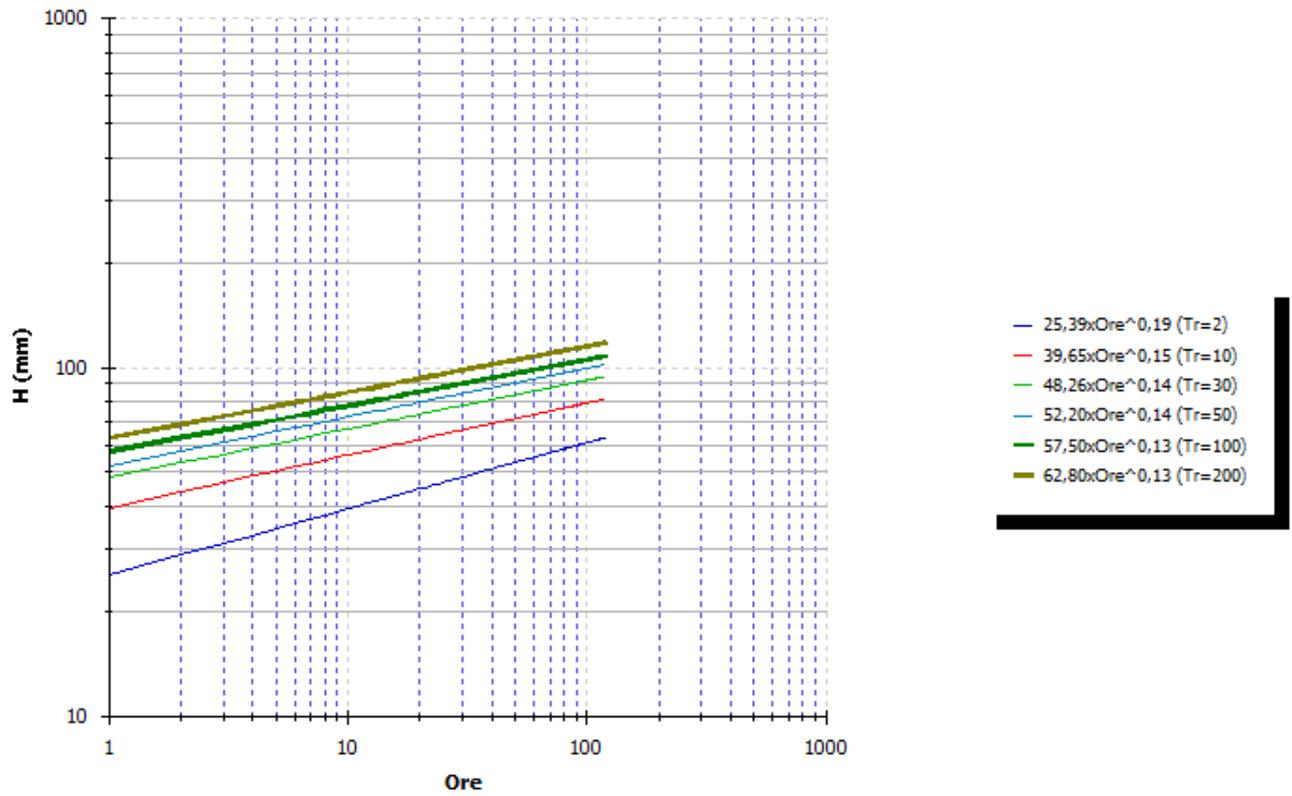
| Committente   | Documento   | Data stampa    | Pagina   |
|---|---|----------------|----------|
| The Blossom Avenue Partners<br>Corso Italia, 13<br>20122 – Milano | Comparto D7-3 V.N.S. al PUA<br>Comune di Sala Bolognese (BO)<br>Relazione di inquadramento idrologico-<br>idraulico | Settembre 2020 | 13 di 26 |

Con un metodo di regressione ottengo le curve di possibilità pluviometrica. Per l'elaborazione dei dati statistico-probabilistica, trattandosi di un livello preliminare di progettazione, vengono utilizzate, per le valutazioni successive, n. 10 serie di dati desunte dagli Annali Idrologici per la stazione pluviometrica più prossima alla zona dell'intervento (Stazione pluviometrica di riferimento: Padulle di Sala Bolognese). Per l'estrapolazione delle curve per durate di pioggia inferiori ad 1 ora, nelle zone in cui non sono fruibili osservazioni per durate inferiori a un'ora, come nel nostro caso, bisogna far riferimento a dati relativi ad altre stazioni (Stazione Pluviometrica : Bologna). Si considereranno i valori di Tr da adottare nei problemi applicativi che si dovranno affrontare in fase di progettazione definitiva.

| <b>ELABORAZIONE SERIE PLUVIOMETRICA METODO DI GUMBEL (d&gt;1h)</b> |       |       |       |        |        |       |       |
|--|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|
| <b>• Durata della pioggia critica (ore)</b>                        |       |       |       |        |        |       |       |
| -----  | ----- | ----- | ----- | -----  | -----  | ----- | ----- |
| Anno   | 1 Ora | 3 Ore | 6 Ore | 12 Ore | 24 Ore |       |       |
| -----  | ----- | ----- | ----- | -----  | -----  | ----- | ----- |
| 2009   | 22,80 | 30,00 | 33,60 | 38,60  | 54,80  |       |       |
| 2010   | 21,60 | 27,80 | 29,60 | 35,20  | 45,00  |       |       |
| 2011   | 34,20 | 34,80 | 35,00 | 39,20  | 41,60  |       |       |
| 2012   | 13,60 | 22,40 | 26,00 | 28,80  | 38,20  |       |       |
| 2013   | 23,80 | 25,00 | 28,20 | 36,20  | 37,00  |       |       |
| 2014   | 35,80 | 39,40 | 39,60 | 39,60  | 40,60  |       |       |
| 2015   | 20,40 | 22,40 | 37,20 | 52,40  | 57,20  |       |       |
| 2016   | 27,20 | 44,80 | 44,80 | 44,80  | 44,80  |       |       |
| 2017   | 27,20 | 27,20 | 27,40 | 39,60  | 61,20  |       |       |
| 2018   | 48,40 | 50,60 | 69,20 | 69,40  | 73,80  |       |       |
| -----  | ----- | ----- | ----- | -----  | -----  | ----- | ----- |
| <b>• <math>h=a*t^n</math></b>                                      |       |       |       |        |        |       |       |
| -----  | ----- | ----- | ----- | -----  | -----  | ----- | ----- |
| Tr   | 1 Ora | 3 Ore | 6 Ore | 12 Ore | 24 Ore | a     | n     |
| -----  | ----- | ----- | ----- | -----  | -----  | ----- | ----- |
| 2  | 25,39 | 31,29 | 35,70 | 40,74  | 46,48  | 25,39 | 0,19  |
| 10   | 39,65 | 46,90 | 52,14 | 57,97  | 64,45  | 39,65 | 0,15  |
| 30   | 48,26 | 56,27 | 62,00 | 68,31  | 75,26  | 48,26 | 0,14  |
| 50   | 52,20 | 60,55 | 66,50 | 73,03  | 80,20  | 52,20 | 0,14  |
| 100  | 57,50 | 66,32 | 72,56 | 79,39  | 86,86  | 57,50 | 0,13  |
| 200  | 62,80 | 72,06 | 78,60 | 85,72  | 93,50  | 62,80 | 0,13  |
| -----  | ----- | ----- | ----- | -----  | -----  | ----- | ----- |

**Tabella 1** – Curve di possibilità climatica in forma tabellare

**Curva possibilità pluviometrica**



**Figura 10** – Curve di possibilità climatica in forma grafica

## 5 IETOGRAMMA DI PROGETTO

Per l'applicazione dei modelli afflussi-deflussi in fase di progettazione possono utilizzarsi serie pluviometriche costituite da:

- *ietogrammi isolati;*
- *serie temporali;*
- *serie spazio-temporali continue.*

Gli ietogrammi e le serie temporali possono essere :

- *storici;*
- *sintetici.*

Gli ietogrammi storici vengono utilizzati per ricostruire gli idrogrammi di piena reali allo scopo di:

- *tarare un modello di trasformazione afflussi-deflussi;*
- *valutare la portata nella sezione di chiusura con modello tarato.*

Nei consueti problemi di dimensionamento o nella verifica in condizioni estreme del comportamento di un'opera si ricorre solitamente al tracciamento di ietogrammi sintetici. Di seguito si riportano la simulazione di alcuni ietogrammi sintetici di comune uso nella pratica progettuale con  $Tr = 10$  anni:

- *ietogramma rettangolare;*
- *ietogramma triangolare;*
- *ietogramma Chicago.*

Si sono assunti valori rappresentativi dei parametri come 20 minuti per la durata di pioggia (come suggerito alcuni Autori in letteratura: tempo di pioggia maggiore del tempo di corrivazione del bacino in esame) e 0,5 per il valore del parametro di posizione del picco ( $r$ ).

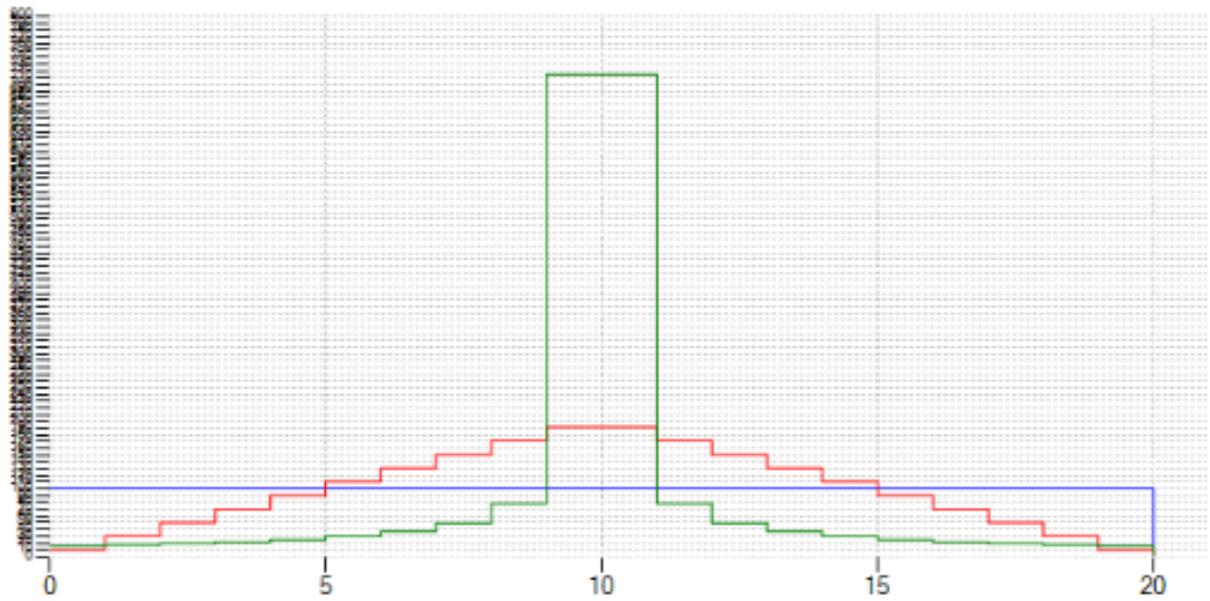
---

| Committente   | Documento   | Data stampa    | Pagina   |
|---|---|----------------|----------|
| The Blossom Avenue Partners<br>Corso Italia, 13<br>20122 – Milano | Comparto D7-3 V.N.S. al PUA<br>Comune di Sala Bolognese (BO)<br>Relazione di inquadramento idrologico-<br>idraulico | Settembre 2020 | 16 di 26 |

| SCALA DELLE PORTATE |         |  |   |   |
|---------------------|---------|--|---|---|
| t (min)             | t (ore) | ietogramma costante - intensità (mm/ora) | ietogramma triangolare - intensità (mm/ora) | ietogramma chicago - intensità (mm/ora) |
| 1                   | 0,017   | 100,878                                  | 10,088                                      | 15,818                                  |
| 2                   | 0,033   | 100,878                                  | 30,263                                      | 17,389                                  |
| 3                   | 0,05    | 100,878                                  | 50,439                                      | 19,346                                  |
| 4                   | 0,067   | 100,878                                  | 70,615                                      | 21,857                                  |
| 5                   | 0,083   | 100,878                                  | 90,79                                       | 25,207                                  |
| 6                   | 0,1     | 100,878                                  | 110,966                                     | 29,927                                  |
| 7                   | 0,117   | 100,878                                  | 131,141                                     | 37,134                                  |
| 8                   | 0,133   | 100,878                                  | 151,317                                     | 49,69                                   |
| 9                   | 0,15    | 100,878                                  | 171,493                                     | 78,25                                   |
| 10                  | 0,167   | 100,878                                  | 191,668                                     | 714,161                                 |
| 11                  | 0,183   | 100,878                                  | 191,668                                     | 714,161                                 |
| 12                  | 0,2     | 100,878                                  | 171,492                                     | 78,25                                   |
| 13                  | 0,217   | 100,878                                  | 151,317                                     | 49,69                                   |
| 14                  | 0,233   | 100,878                                  | 131,141                                     | 37,134                                  |
| 15                  | 0,25    | 100,878                                  | 110,966                                     | 29,927                                  |
| 16                  | 0,267   | 100,878                                  | 90,79                                       | 25,207                                  |
| 17                  | 0,283   | 100,878                                  | 70,615                                      | 21,857                                  |
| 18                  | 0,3     | 100,878                                  | 50,439                                      | 19,346                                  |
| 19                  | 0,317   | 100,878                                  | 30,263                                      | 17,389                                  |
| 20                  | 0,333   | 100,878                                  | 10,088                                      | 15,818                                  |

**Tabella 2 – Ietogrammi di progetto sintetici in forma tabellare**

— letogramma Costante    — letogramma Triangolare    — letogramma chicago



**Figura 11** – letogrammi di progetto sintetici in forma grafica

| Committente   | Documento   | Data stampa    | Pagina   |
|---|---|----------------|----------|
| The Blossom Avenue Partners<br>Corso Italia, 13<br>20122 – Milano | Comparto D7-3 V.N.S. al PUA<br>Comune di Sala Bolognese (BO)<br>Relazione di inquadramento idrologico-<br>idraulico | Settembre 2020 | 18 di 26 |

## 6 DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DI MASSIMA

Per la valutazione di massima della rete di drenaggio a servizio dell'intervento e dell'effetto dell'urbanizzazione in termini di portata meteorica da gestire, si procede all'applicazione di modelli afflussi-deflussi a parametri globali. Tali modelli di calcolo di prima approssimazione restituiscono le portate in sezioni specifiche utilizzando operatori idrologici che simulano il comportamento dell'intero bacino.

Il modello matematico è la formula "razionale" che correla la portata al colmo critica nella sezione con l'intensità di pioggia.

$$Q_c = C i(T_r, \theta_c) S$$

Con  $C$  coefficiente "runoff" e  $i(T_r, \theta_c)$  l'intensità di pioggia correlata al tempo di ritorno e alla durata critica.

Nel caso di bacini urbanizzati la quota di infiltrazione può essere desunta attraverso l'applicazione di regole pratiche che calcolano costate il coefficiente di deflusso  $\phi$ , inteso come:

$$\phi = \frac{\text{Volume deflusso}}{\text{Volume afflusso totale}}$$

Nel nostro caso, trattandosi di un bacino "urbano" le cui le superfici impermeabili e permeabili sono chiaramente individuabili, si può procedere al calcolo del coefficiente di deflusso attraverso una media ponderale.

$$\phi = \phi_{imp} \frac{S_{imp}}{S} + \phi_{perm} \left(1 - \frac{S_{imp}}{S}\right)$$

| Tempo di ritorno (anni) | $\phi_{imp}$ | $\phi_{perm}$ |
|-------------------------|--------------|---------------|
| < 2                     | 0,60 ÷ 0,75  | 0,00 ÷ 0,15   |
| 2 ÷ 10                  | 0,65 ÷ 0,80  | 0,10 ÷ 0,25   |
| >10                     | 0,70 ÷ 0,90  | 0,15 ÷ 0,30   |

**Tabella 3** – Coefficienti di deflusso in relazione al tempo di ritorno di progetto

| Committente   | Documento   | Data stampa    | Pagina   |
|---|---|----------------|----------|
| The Blossom Avenue Partners<br>Corso Italia, 13<br>20122 – Milano | Comparto D7-3 V.N.S. al PUA<br>Comune di Sala Bolognese (BO)<br>Relazione di inquadramento idrologico-<br>idraulico | Settembre 2020 | 19 di 26 |

Elaborando i dati di progetto di seguito riportati e utilizzando un tempo di ritorno ( $T_r$ ) opportuno per il dimensionamento della rete di drenaggio ( $T_r = 10$  anni) si ottiene la portata massima al colmo in uscita dal bacino "urbano". Per il calcolo della sollecitazione pluviometrica sono stati utilizzati i dati pluviometrici relativi alla Stazione di Bologna in quanto non reperibili dati di durata inferiore ad un'ora per la stazione di Sala Bolognese (dati relativi agli scrosci meno sensibili a variazioni di spazialità).

Per la valutazione del tempo di corrivazione del bacino si è assunto un tempo pari a 15 minuti comprensivo sia del tempo di traslazione del percorso più lungo che del tempo di entrata.

- Superfici filtranti opere private :11.026 mq
- Superfici impermeabilizzate opere private= 71.516 mq
- Superfici filtranti opere pubbliche = 11.834 mq
- Superfici impermeabilizzate opere pubbliche = 3.924 mq

|                                 | Sup. private [mq] | Sup. pubbliche [mq] | $\phi$      |
|---------------------------------|-------------------|---------------------|-------------|
| Sup. filtranti                  | 10874             | 11834               | 0,2         |
| Sup. impermeabilizzanti         | 71668             | 3924                | 0,8         |
| <b><math>\phi</math> totale</b> |                   |                     | <b>0,66</b> |

**Tabella 4** – Coefficienti di deflusso per l'intervento in progetto

| ELABORAZIONE SERIE PLUVIOMETRICA METODO DI GUMBEL (d<1h) |        |        |        |        |        |      |      |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|------|------|
| • Durata della pioggia critica (ore)                     |        |        |        |        |        |      |      |
| Anno   | 10 min | 15 min | 20 min | 30 min | 45 min |      |      |
| 1971   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |      |      |
| 1972   | 10,20  | 13,40  | 15,40  | 0,00   | 0,00   |      |      |
| 1973   | 0,00   | 11,00  | 15,00  | 17,20  | 0,00   |      |      |
| 1974   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 32,00  | 0,00   |      |      |
| 1975   | 0,00   | 0,00   | 12,00  | 0,00   | 0,00   |      |      |
| 1976   | 10,60  | 12,20  | 0,00   | 13,60  | 0,00   |      |      |
| 1977   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 19,80  | 0,00   |      |      |
| 1978   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 18,20  |      |      |
| 1979   | 0,00   | 0,00   | 16,40  | 0,00   | 0,00   |      |      |
| 1980   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |      |      |
| 1981   | 11,40  | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |      |      |
| 1982   | 0,00   | 0,00   | 28,00  | 32,00  | 0,00   |      |      |
| 1983   | 0,00   | 0,00   | 21,00  | 0,00   | 0,00   |      |      |
| 1984   | 0,00   | 19,00  | 0,00   | 24,20  | 0,00   |      |      |
| 1985   | 0,00   | 0,00   | 14,00  | 0,00   | 20,60  |      |      |
| 1986   | 0,00   | 0,00   | 14,00  | 17,40  | 0,00   |      |      |
| 1987   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 12,60  | 0,00   |      |      |
| 1988   | 0,00   | 13,80  | 17,00  | 20,60  | 0,00   |      |      |
| • $h=a*t^n$  |        |        |        |        |        |      |      |
| Tr   | 10 min | 15 min | 20 min | 30 min | 45 min | a    | n    |
| 10   | 9,57   | 12,09  | 14,01  | 16,23  | 18,81  | 9,57 | 0,21 |

**Tabella 5** – Curve di possibilità climatica in forma tabellare (d<1h)

La portata meteorica massima da gestire all'uscita dalla rete di drenaggio risulta essere:

$$Qc = 0,51 \left[ \frac{mc}{s} \right]$$

## 7 NORMATIVA REGIONALE EMILIA ROMAGNA IN MATERIA DI INVARIANZA IDRAULICA

In riferimento alla DIRETTIVA PER LA SICUREZZA IDRAULICA NEI SISTEMI IDROGRAFICI DI PIANURA NEL BACINO DEL RENO redatto dall' Autorità di Bacino del Reno (Allegato A) alla delibera 1/2 del 25-02-09, la maggior parte delle aree costituenti i bacini idrografici sono soggette a norme finalizzate ad impedire ogni incremento degli apporti d'acqua alla rete idrografica consortile indotto da modifiche dell'uso del suolo.

A tal fine la modifica dell'uso del suolo in progetto sarà subordinata alla realizzazione di interventi compensativi che garantiscano la cosiddetta "invarianza idraulica".

I contenuti della direttiva prevedono che per aree soggette a trasformazioni edilizie, siano realizzati sistemi di raccolta delle acque piovane per un volume complessivo di almeno 500 mc per ettaro di superficie territoriale, ad esclusione delle superfici permeabili destinate a parco o a verde compatto.

---

| Committente   | Documento   | Data stampa    | Pagina   |
|---|---|----------------|----------|
| The Blossom Avenue Partners<br>Corso Italia, 13<br>20122 – Milano | Comparto D7-3 V.N.S. al PUA<br>Comune di Sala Bolognese (BO)<br>Relazione di inquadramento idrologico-<br>idraulico | Settembre 2020 | 22 di 26 |

## 8 DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE VASCA DI LAMINAZIONE

Per la zona in esame (Comune di Sala Bolognese), in quanto ricadente all'interno del "territorio di pianura, ... indicate nelle tavole 1.1 e 1.2 "Classificazione del reticolo idrografico e ambiti territoriali", devono essere applicate le disposizioni di cui all'art. 20 delle NTA del PAI "Controllo degli apporti d'acqua in pianura e nel territorio collinare", secondo quanto disposto dalla "Modifica all'art. 20 relativo al controllo degli apporti d'acqua delle Norme del Piano Stralcio Assetto Idrogeologico del bacino del Fiume Reno", approvata con deliberazione della Giunta della Regione Emilia Romagna n. 857 del 17/06/2014 ed entrata in vigore con la pubblicazione nel BUR del 2 luglio 2014.

Secondo le disposizioni del comma 1 dell'art. 20 delle NTA modificate, al fine di non incrementare gli apporti d'acqua piovana al sistema di smaltimento e di favorire il riuso di tale acqua, i Comuni, all'interno di tali aree, prevedono "... nelle zone di espansione, per le aree non già interessate da trasformazioni edilizie, la realizzazione di sistemi di raccolta delle acque piovane almeno 500 metri cubi per ettaro di superficie territoriale per le aree ricadenti nel territorio di pianura".

Di seguito si procede all'applicazione delle "Linee guida per la progettazione dei sistemi di raccolta delle acque piovane nelle reti idrografiche di pianura" (Allegato A alla deliberazione n. 1/3 del 5 marzo 2014) dell'Autorità di Bacino del Reno che contengono i metodi e i dati necessari per calcolare, in riferimento a specificate esigenze di sicurezza e di utilizzo dell'acqua piovana, In fase di progettazione definitiva, le condizioni di scarico saranno definite dall'Autorità Idraulica competente:

- Portata massima scaricabile, espressa in metri cubi all'ora ( $Q_{Umin}$ ): identificata in 10 l/(sec ha) su indicazione dell'Autorità Idraulica competente (Consorzio di Bonifica);
- Superficie netta scolante espressa in metri quadri (SN): è la superficie territoriale (ST) meno le superfici permeabili destinate a parco o a verde compatto;
- Tempo di ritorno critico espresso in anni ( $TR_c$ ): 50 anni;
- Tempo di pioggia critico ( $t_{pc}$ ).

Il volume di laminazione da realizzare è:

$$V_L = V_E - V_U = \varphi S_N a t_{pc}^n - Q_{Umin} t_{pc}$$

| Committente   | Documento   | Data stampa    | Pagina   |
|---|---|----------------|----------|
| The Blossom Avenue Partners<br>Corso Italia, 13<br>20122 – Milano | Comparto D7-3 V.N.S. al PUA<br>Comune di Sala Bolognese (BO)<br>Relazione di inquadramento idrologico-<br>idraulico | Settembre 2020 | 23 di 26 |

da cui per la condizione  $\frac{dV_L}{dt_{pc}} = 0$  risulta dall'applicazione del *metodo basato sulle sole piogge*:

$$t_{pc} = \left( \frac{Q_{Umin}}{\varphi S_N a n} \right)^{\frac{1}{n-1}} = 2,62 \text{ [ore]}$$

Utilizzando i parametri messi a disposizione:  $a = 0,0431$  e  $n = 0,2201$  risulta un volume di laminazione di **VL = 2610 mc** valore inferiore al volume minimo richiesto da Commi 1 e 2 dell'art. 20 (Controllo degli apporti d'acqua) del PSAI pari a 500 mc / ha.

Se VL, come prima calcolato, è minore di VN inteso come minimo volume richiesto (**VN = 500 mc/ha x 7,5 ha = 3750 mc**), allora può essere realizzato un volume di riuso almeno pari a VN - VL.

Si riporta di seguito la ripartizione fra volume di laminazione dovuto ad apporti afferenti su superficie impermeabile pubblica e privata:

$$V_{L \text{ pubblica}} = V_L \frac{S_{imp \text{ pubblica}}}{S_{imp}} = 194 \text{ mc}$$

$$V_{L \text{ privata}} = V_L \frac{S_{imp \text{ privata}}}{S_{imp}} = 3556 \text{ mc}$$

| Committente   | Documento   | Data stampa    | Pagina   |
|---|---|----------------|----------|
| The Blossom Avenue Partners<br>Corso Italia, 13<br>20122 – Milano | Comparto D7-3 V.N.S. al PUA<br>Comune di Sala Bolognese (BO)<br>Relazione di inquadramento idrologico-<br>idraulico | Settembre 2020 | 24 di 26 |

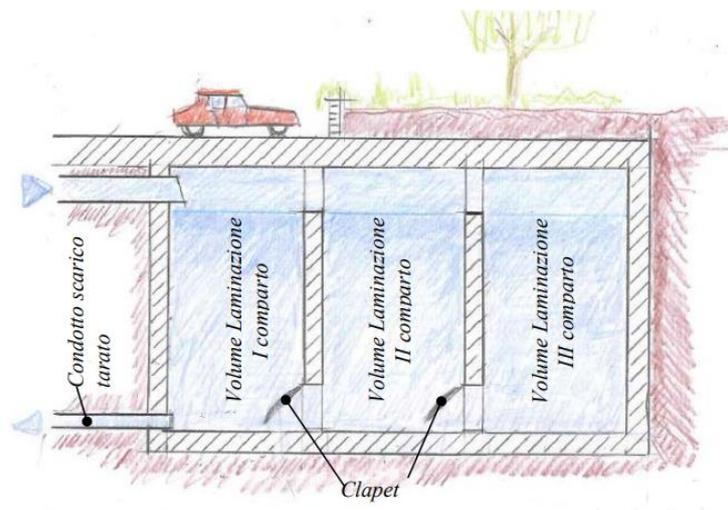
## 9 POSSIBILI MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

Le già citate Linee guida di riferimento riportano alcune soluzioni progettuali utili ad identificare quelle percorribili. Le proposte per la realizzazione dei volumi di laminazione e di riuso possono essere invasi a cielo aperto o chiusi. Fra le soluzioni “a cielo aperto” si possono identificare:

- *sistemi integrati nella copertura degli edifici;*
- *sistemi a invasi secchi, dove l'acqua è presente solo a seguito di eventi di pioggia;*
- *sistemi ad invasi umidi, con permanenza di acqua.*

Le soluzioni che prevedono “invasi chiusi”, generalmente interrati, hanno il vantaggio, rispetto agli invasi a cielo aperto, di poter essere utilizzati nella parte superiore (parcheggi, aree di sosta e d'incontro, aree verdi, ecc.). Gli invasi chiusi possono essere classificati in tre categorie principali:

- *integrati nella struttura degli edifici; in particolare nelle strutture di fondazione;*
- *vasche in calcestruzzo interrate;*
- *invasi realizzati con tubi di grandi dimensioni.*



**Figura 12** – Esempio di invaso chiuso: invaso multicamera a 3 compartimenti

| Committente   | Documento   | Data stampa    | Pagina   |
|---|---|----------------|----------|
| The Blossom Avenue Partners<br>Corso Italia, 13<br>20122 – Milano | Comparto D7-3 V.N.S. al PUA<br>Comune di Sala Bolognese (BO)<br>Relazione di inquadramento idrologico-<br>idraulico | Settembre 2020 | 25 di 26 |

## 10 CONCLUSIONI

A conclusione della presente trattazione a carattere preliminare, si riporta che preso atto dei parametri derivanti l'analisi, ogni soluzione progettuale dovrà essere preceduta dalla richiesta all' Autorità idraulica competente dei dati necessari per procedere nella progettazione definitiva e dalla definizione del gestore dei sistemi di raccolta delle acque piovane.

Sarà infine necessario definire, in accordo con l'Autorità idraulica competente, i criteri di gestione dei sistemi di raccolta e delle attività di manutenzione da svolgere nel tempo per garantire il mantenimento della funzionalità dei sistemi di raccolta.

---

| <b>Committente</b>  | <b>Documento</b>  | <b>Data stampa</b> | <b>Pagina</b> |
|---|---|--------------------|---------------|
| The Blossom Avenue Partners<br>Corso Italia, 13<br>20122 – Milano | Comparto D7-3 V.N.S. al PUA<br>Comune di Sala Bolognese (BO)<br>Relazione di inquadramento idrologico-<br>idraulico | Settembre 2020     | 26 di 26      |