

Località:

PROVINCIA DI PARMA
COMUNE COLLECCHIO

Titolo:

ACCORDO OPERATIVO
EDIFICI RESIDENZIALI / BIFAMILIARI
PROSPICIENTI PARCO PUBBLICO DI VIALE SARAGAT
CON PROLUNGAMENTO DI VIA BRUXELLES

Proprietà:

IMIT SRL - Via Don Angelo Calzolari n°61 Parma - P.Iva 02863420341

Sig. PAOLO CASOLI - Via Nazionale Est n°34 Collecchio PR – c.f. CSLPLA63R19C852V

Progettisti incaricati:

ARCH. VITTORIO GUASTI

Via Clivio 10 - 43058 - Sorbolo (PR)
telefono: 0521 493782
mail: v.guasti@vg-architettura.it

Architettonico
Direzione Lavori

Consulenti:

ING. GABRIELLA MAGRI

St. Q.S.A Via Sicuri 60/A 43124 Parma
telefono: 0521 257377 Valutazione Ambientale Strategica
mail: amministrazione@studioqsa.it Valutazione Clima-acustico

ING. GIUSEPPE TERZI

Via Matteotti 3 - 43044 - Collecchio (PR)
telefono: 0521 802661
mail: giuseppe@studioterzi.it

Strutturale - Antisismica
D.L. Strutture - Sicurezza

DOTT. GEOL. PAOLO PANICIERI

Via Matteotti 9 - 43035 - Felino (PR)
telefono: 0521 831116
mail: info@panigeo.it Relazione Geologica
Relazione Qualità del Suolo

PER. IND. GIUSEPPE BURCOTTI

Via Balbi 1 - 43125 Parma
telefono: 347 8586358
mail: burcotti.giuseppe@gmail.com

Impianti
Efficientamento Energetico

ING. STEFANO COBIANCHI

St. King Via Nuvolari 44/A 43122 Parma
telefono: 0521 466215 Progetto di Invarianza Idraulica
mail: info@studioking.it Progetto Illuminotecnico

Elaborato:

STUDIO IDRAULICO-IDROLOGICO ED IPOTESI DI LAMINAZIONE

Scala:

-

Cod.Elabor.:

DOC. N.09

Rev.:	Data:	Eseguito:	Rev.:	Data:	Eseguito:
00	Febbraio 2021	Ing. Cobianchi			

StudioKing.IngegneriAssociati

Dott. Ing. STEFANO COBIANCHI Dott. Ing. MATTEO BORRINI
43122 PARMA via Tazio Nuvolari, 44/A P.IVA 02598780340
Tel. 0521466215 0521483181 (fax entrambi) e-mail: info@studioking

RELAZIONE TECNICA PRELIMINARE **RELATIVA A STUDIO IDRAULICO-IDROLOGICO** **ED IPOTESI DI LAMINAZIONE**

Nuovo Comparto Residenziale: Edifici Bifamiliari prospicienti parco pubblico
di viale Saragat con prolungamento di via Bruxelles – COLLECCHIO (PR)

DESCRIZIONE:

DIMENSIONAMENTO DI MASSIMA BACINO DI LAMINAZIONE

UBICAZIONE:

Nuovo Comparto/Lottizzazione residenziale nelle vicinanze di via Aldo Moro
43044 COLLECCHIO (PR)

COMMITTENTE:

Dott. Arch. VITTORIO GUASTI
via Clivio, 10
43058 SORBOLO (PR)

TECNICO CONSULENTE:

Dott. Ing. STEFANO COBIANCHI
via Tazio Nuvolari, 44/A
43122 PARMA (PR)



DATA E AGGIORNAMENTI:

Parma, Dicembre 2020

Sommario

1. PREMESSA.....	3
2. NORMATIVA	3
3. INQUADRAMENTO URBANO	4
4. ANALISI IDROLOGICHE	5
4.1 Metodologia di ricostruzione della curva di possibilità pluviometrica per intensità di pioggia	5
5. DETERMINAZIONE DELLE PORTATE MASSIME	11
5.1 Aree bacino urbano	13
6. TABULATO DI CALCOLO	18
7. DIMENSIONAMENTO DEL VOLUME DI INVASO.....	19
7.2. Descrizione del fenomeno di laminazione	19
7.3 Metodo della laminazione ottimale con onda cinematica.....	21
7.4 Formula di Marone.....	23
7.5 Metodo Cinematico	25
7.6 Metodo delle Sole Piogge	28
8. CONCLUSIONI.....	30

1. PREMESSA

L'obiettivo del presente lavoro è stato quello di predisporre un modello capace di simulare il comportamento idraulico di una rete fognaria a servizio di edificio bifamiliare e di un piccolo bacino di laminazione (che è un particolare dispositivo atto a realizzare invarianza idraulica) da valutare in modo schematico al fine di una multipla attuazione a servizio di una serie di edifici bifamiliari da erigersi entro comparto residenziale di nuova realizzazione in COLLECCHIO (PR), prospiciente il parco pubblico di via Saragat con prolungamento di via Bruxelles.

Al fine di valutare le necessità attinenti all'intero comparto residenziale è previsto il calcolo preliminare riferito alla realizzazione di un unico bacino/vasca di laminazione per il mantenimento dell'invarianza idraulica di cui all'intero comparto. Una tale "cassa di espansione" permetterebbe di limitare in caso di pioggia lo scarico diretto delle acque piovane di comparto nel collettore comunale.

A margine del calcolo generale si prevede, nel caso specifico ed una volta individuato il volume necessario alla laminazione, l'ipotesi di adottare una soluzione operativa del tipo a vasche multiple di piccole dimensioni, interrate a margine dei singoli lotti, sotto strada o sotto parcheggio pubblico. Tali vasche singole saranno dimensionate in modo frazionale/puntuale rispetto al fabbisogno complessivo a servire la singola unità immobiliare, oltre alla porzione di lotto previsto ad uso pubblico.

Nel seguito della presente relazione verranno illustrate le modalità seguite per il calcolo ed il dimensionamento del modello, insieme ai risultati ai quali si è pervenuti.

2. NORMATIVA

Per la progettazione e l'esercizio delle reti di fognatura è necessario fare riferimento a quanto disposto dalla Normativa a disposizione.

Nel caso specifico i riferimenti Normativi risultano:

- La Circolare n. 11633 del Ministero dei LL.PP. (istruzioni per la progettazione delle fognature e degli impianti di trattamento delle acque di rifiuto);
- D.lgs. 152/2006;
- Norme tecniche relative alle tubazioni – D.M. 12/12/1985;

3. INQUADRAMENTO URBANO

L'urbanizzazione dell'area relativa al comparto residenziale di nuova realizzazione in oggetto risulterà situata nel Comune di Collecchio (PR) nelle vicinanze del parco pubblico di via Saragat (Figura 1-1) e prevede il convogliamento e lo scarico finale delle acque meteoriche e degli scarichi reflui urbani in condotte separate (mediante opportuni manufatti e come previsto dalle Norme Urbane/Comunali), verso predisposto collettore comunale.

L'incremento delle portate di piena in ipotesi per il ricettore, riconducibili alla urbanizzazione in progetto, è da ritenersi compatibile con le caratteristiche idrauliche del corpo ricettore a patto di valutare una corretta ipotesi di invarianza idraulica realizzabile, in presunzione di calcolo, tramite un singolo bacino di laminazione di comparto.

Il principio della invarianza idraulica determina, nella sostanza, l'invarianza dei coefficienti udometrici di un comparto nell'ambito delle necessarie operazioni di impermeabilizzazione conseguenti alla realizzazione delle urbanizzazioni: ci si riferisce sostanzialmente alla possibilità di realizzare volumi di invaso e laminazione di capacità adeguata per ridurre il colmo di piena da immettere nel recapito finale, che nel caso specifico dovrà essere contenuto entro i 20 l/s per ha di superficie territoriale. Misurando la superficie urbanizzata del comparto in analisi, ammontante complessivamente a circa 0,5 ha (zero virgola cinque ettari), le portate al colmo in uscita dalla rete di drenaggio verranno contenute entro i 10 l/s circa con riferimento ad eventi pluviometrici previsti con frequenza venticinquennale (eventi con Tempo di Ritorno = 25 anni).



Figure 1-1. Vista satellitare del nuovo Comparto Residenziale (Fonte Google Earth)

4. ANALISI IDROLOGICHE

Lo studio idrologico ha previsto l'indagine sul regime delle piogge di breve durata e forte intensità per un tempo di ritorno $T=25$ anni, derivato dai dati registrati dal pluviometro di riferimento, finalizzata alla definizione delle curve di possibilità pluviometrica.

4.1 Metodologia di ricostruzione della curva di possibilità pluviometrica per intensità di pioggia

L'assegnazione delle dimensioni alle opere che costituiscono un sistema fognario - ovvero la rete, i manufatti da prevedersi e la vasca-bacino di laminazione - richiede la conoscenza delle portate che affluiscono alla rete stessa dalle superficie scolanti riferibili alla porzione di terreno urbanizzato.

La determinazione delle portate raccolte dal sistema avviene a partire dalla conoscenza delle precipitazioni per la parte cosiddetta bianca o pluviale. In particolare, sono state elaborate le altezze di pioggia massime annue per le diverse durate rilevate dai pluviografi posizionati nelle vicinanze del bacino urbanistico dal 1994 al 2018 (Numero di osservazioni=25), riportati nella Parte II degli Annali Idrologici.

L'elaborazione dei dati pluviometrici forniti da una stazione di misura delle piogge si svolge ricercando la relazione esistente tra l'altezza h (in mm) delle precipitazioni e le loro durate θ . Le curve che si deducono sono dette curve di possibilità pluviometrica e verranno fornite mediante la seguente espressione monomia:

$$h=a\theta^n \quad (1)$$

ove h rappresenta l'altezza di pioggia espressa in mm, θ la durata di pioggia espressa in ore, e T il tempo di ritorno ovvero il numero di anni che mediamente intercorre tra il superamento di un dato valore di precipitazione di assegnata durata.

Attraverso una opportuna indagine statistica si può individuare la distribuzione di probabilità che meglio si adatta all'interpretazione della variabile casuale "altezza di pioggia massima annuale di assegnata durata". A questo scopo è frequente l'utilizzo della distribuzione asintotica del massimo valore, meglio nota come distribuzione di Gumbel.

La legge probabilistica di Gumbel espressa nella forma:

$$P(h) = e^{-e^{-\alpha(h-u)}} \quad (2)$$

dipende dai due parametri “ α ” e “ u ” i quali possono essere stimati utilizzando il metodo dei momenti, che conduce alle seguenti relazioni:

$$\alpha = \frac{1,28}{\sigma} \text{ ed } u = \mu - 0,45 \cdot \sigma$$

dove μ e σ rappresentano gli stimatori rispettivamente della media e della deviazione standard del campione di altezze di pioggia misurate. Si ricorda inoltre che, detto N il numero di osservazioni che compongono il campione della variabile casuale altezza di pioggia h , le stime di *media*, *deviazione standard* e *coefficiente di variazione* V (più avanti utilizzato) sono date dalle espressioni seguenti:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N h_i}{N}, \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (h_i - \mu)^2}{N-1}} \quad \text{e} \quad V = \frac{\sigma}{\mu}$$

Gli stimatori μ e σ devono essere calcolati separatamente per ogni durata di pioggia considerando gli N anni di misurazione. Una volta calcolate medie e deviazioni standard si possono ricavare i parametri della distribuzione di GUMBEL α ed u per ogni durata di pioggia.

Con i dati assegnati si ottengono i risultati riportati in Tabella 2.

DURATE	Piogge massime annue (mm) per le durate di (ore)				
	1	3	6	12	24
μ	25,74	32,60	38,94	46,40	57,68
σ	9,89	9,04	8,93	10,87	13,99
v	0,38	0,28	0,23	0,23	0,24
α	0,13	0,14	0,14	0,12	0,09
u	21,29	28,53	34,92	41,51	51,38

Tabella 2

Il tempo di ritorno T di un determinato valore di altezza di pioggia (di data durata) è definito come il periodo che intercorre mediamente tra due precipitazioni con altezza di pioggia uguale o superiore. Quindi se ad un evento A è associato il tempo di ritorno $T=X$ anni significa che la precipitazione A ha una probabilità di superamento P' di $1/X$ poiché può essere mediamente superata 1 volta ogni X anni:

$$P'(h) = \frac{1}{T}$$

La corrispondente probabilità di non superamento $P(h)$ fornita dalla (2) è il complemento a 1 della probabilità di superamento e quindi:

$$P(h) = 1 - P'(h) = 1 - \frac{1}{T}$$

Ora si esplicita la variabile casuale altezza di pioggia (h) dall'espressione di Gumbel (1):

$$P(h) = e^{-e^{-\alpha(h-u)}}; \quad \ln(P(h)) = -e^{-\alpha(h-u)}; \quad \ln(-\ln(P(h))) = -\alpha(h-u)$$

$$\frac{\ln(-\ln(P(h)))}{\alpha} = -h + u; \quad h = u - \frac{\ln(-\ln(P(h)))}{\alpha}$$

Applicando le equazioni introdotte precedentemente, risulta:

$$h = \mu - 0,45 \cdot \sigma - \frac{\sigma}{1,28} \cdot \ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right) = \mu \left[1 - 0,45 \cdot \frac{\sigma}{\mu} - \frac{1}{1,28} \cdot \frac{\sigma}{\mu} \cdot \ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right) \right]$$

Definito il rapporto:

$$\frac{\sigma}{\mu} = V$$

con V chiamato Coefficiente di Variazione, si ottiene la formula finale che permette di determinare l'altezza di pioggia h, per una certa durata (a cui sono associati i valori statistici μ e σ), fissato il tempo di ritorno T:

$$h = \mu \cdot \left[1 - 0,45 \cdot V - \frac{V}{1,28} \cdot \ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right) \right];$$

Introducendo infine il fattore di frequenza K_T :

$$K_T = \left[0,45 + \frac{1}{1,28} \cdot \ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right) \right];$$

si ottiene:

$$h = \mu \cdot \{1 - V \cdot K_T\}$$

Si noti che V dipende solamente dalla durata che si considera tramite gli stimatori di media e deviazione standard μ e σ mentre K_T è funzione solamente del tempo di ritorno T (e del tipo di distribuzione probabilistica).

Con i dati a disposizione si sono ottenuti i risultati riportati nella Tabella 3.

Definizione del Tempo di ritorno e conseguente Probabilità di Non Superamento:

T	25	Anni	Tempo di Ritorno
P(h)	0,96	-	Probabilità di Non Superamento

Determinazione altezze di Pioggia di diversa durata e tempo di ritorno:

Durate	1ora	3ore	6ore	12ore	24ore
h_{T_25}	32,6	42,1	50,4	57,6	68,5

Tabella 3

La generica CPP fornisce una altezza di pioggia, per la durata θ , secondo l'espressione monomia:

$$h = a \cdot \theta^n$$

dove il coefficiente "a" dipende dalla frequenza (tempo di ritorno) dell'evento che si considera mentre l'esponente "n" (sempre <1), per l'ipotesi di invarianza di scala, non varia al variare del tempo di ritorno.

Occorre dunque determinare il coefficiente a e l'esponente n.

Per poter fare questo si passa ai logaritmi tramite la formula:

$$\text{Log}(\mu(h(\theta))) = \text{Log}(c) + n \cdot \text{Log}(\theta)$$

tale equazione rappresenta nel piano bi-logaritmico una retta. Quindi rappresentando su tale piano i punti ottenuti elaborando le osservazioni pluviometriche raccolte, è possibile, interpolando ai minimi quadrati tali punti, ottenere i parametri incogniti.

I dati rappresentati sono riassunti nella seguente tabella:

*Determinazione dei parametri **a** ed **n** con il metodo classico:*

Durate (ore)	1	3	6	12	24
Log (d)	0,00	0,48	0,78	1,08	1,38
Log (h)	1,48	1,59	1,66	1,73	1,81

Tabella 4

La retta di interpolazione viene individuata minimizzando lo scarto quadratico medio tra i punti “sperimentali” e i valori previsti dalla funzione lineare.

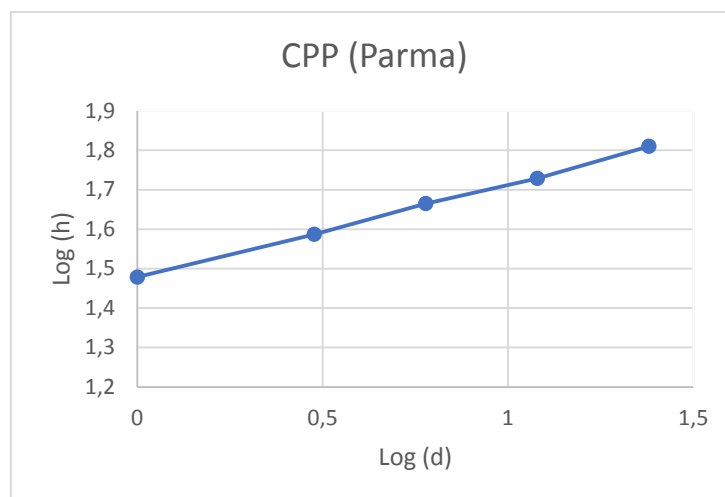


Figura 1: Piano bi-logaritmico contente le altezze di pioggia medie e le durate

Dunque, dall'interpolazione ai minimi quadrati dei dati, si ottengono i parametri:

n	0,233
Y_o	1,51
a	32,65

Il regime pluviometrico è descritto dalla curva di possibilità pluviometrica per un T=25 Anni:

EQUAZIONE CPP
$h = a\theta^n = 32,65d^{0,233}$

Pertanto risulta possibile definire l'altezza di pioggia (in mm) caduta nel bacino urbano in esame per le diverse durate:

d (ore)	1	3	6	12	24
h (mm)	29,94	38,93	45,95	54,23	64,00

5. DETERMINAZIONE DELLE PORTATE MASSIME

Avendo definito i parametri caratteristici della curva di possibilità climatica è possibile calcolare ora i valori delle portate massime DI PROGETTO, la cui determinazione è stata effettuata attraverso il “metodo di corrivazione” o “metodo razionale”.

Questo metodo si basa sulla considerazione che le gocce di pioggia cadute in punti diversi del bacino del medesimo istante, impiegano tempi differenti per arrivare alla sezione di chiusura e che ogni bacino ha un tempo massimo necessario affinché la goccia caduta nel punto idraulicamente più lontano del bacino raggiunga la sezione di chiusura dello stesso.

Per il dimensionamento di una canalizzazione fognaria per acque meteoriche occorre seguire un procedimento iterativo, poiché la portata idrica convogliabile dipende dalle caratteristiche della rete stessa a monte della sezione di interesse.

A questo proposito occorre precisare che il tronco fognario sarà dimensionato in modo da convogliare, con riempimento soddisfacente (compreso cioè tra 60% e 70%) e per tutta la sua lunghezza, la portata che si presenta nell'estremo di valle. Al fine di valutare la condizione di riempimento è stata definita la portata in condizioni di massimo riempimento e rapportata con la portata derivante dalle condizioni di monte; dal rapporto che si sussegue, utilizzando la Tabella 5 di seguito riportata, è stato possibile valutare che sia rispettata la condizione di riempimento.

h/D	P/D	A/D²	R/D	V/V_r	Q/Q_r
0,05	0,45	0,015	0,033	0,257	0,005
0,10	0,64	0,041	0,064	0,401	0,021
0,15	0,80	0,074	0,093	0,517	0,049
0,20	0,93	0,112	0,121	0,615	0,088
0,25	1,05	0,153	0,147	0,701	0,137
0,30	1,16	0,198	0,171	0,776	0,196
0,35	1,27	0,245	0,193	0,843	0,263
0,40	1,37	0,293	0,214	0,902	0,337
0,45	1,47	0,343	0,233	0,954	0,416
0,50	1,57	0,393	0,250	1,000	0,500
0,55	1,67	0,443	0,265	1,039	0,586
0,60	1,77	0,492	0,278	1,072	0,672
0,65	1,88	0,540	0,288	1,099	0,756
0,70	1,98	0,587	0,296	1,120	0,837
0,75	2,09	0,632	0,302	1,133	0,912
0,80	2,21	0,674	0,304	1,140	0,977
0,85	2,35	0,711	0,303	1,137	1,030
0,90	2,50	0,744	0,298	1,124	1,066
0,95	2,69	0,771	0,286	1,095	1,074
1,00	3,14	0,785	0,250	1,000	1,000

Tabella 5. Scale adimensionali delle principali grandezze geometriche, delle velocità e delle portate, in condizioni di moto uniforme, di un condotto circolare al variare del grado di riempimento espresso in termini di tirante idrico

Al fine di determinare la portata in condizioni di massimo riempimento Q_r è stato necessario definire la velocità nelle medesime condizioni V_r , secondo le equazioni riportate di seguito. Pertanto, la corrispondente portata è stata determinata moltiplicando V_r per la sezione trasversale A della condotta partendo da un diametro di primo tentativo.

Dunque, i valori della velocità e della portata considerate nelle condizioni di massimo riempimento si calcolano dalla relazione di Chezy-Strickler che descrive il moto uniforme dei canali a pelo libero.

$$V_r = k_{\text{Strickler}} \cdot R^{2/3} \sqrt{i} = k_{\text{Strickler}} \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} \sqrt{i}$$

$$Q_r = A \cdot V_r = \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4}\right) \cdot k_{\text{Strickler}} \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} \sqrt{i}$$

Portata e Velocità in condizioni di massimo riempimento

Individuata l'equazione di possibilità pluviometrica resta da stimarsi quale frazione di essa viene raccolta dalla rete dai collettori: tale frazione viene individuata da un coefficiente di deflusso, inteso come rapporto tra il volume defluito attraverso un'assegnata sezione in un definito intervallo di tempo e il volume meteorico precipitato nell'intervallo stesso. Per le reti destinate alla raccolta delle acque meteoriche valgono, di massima, i coefficienti relativi a una pioggia avente durata di un'ora riportati della tabella che segue (Tabella 6):

Coef. di Deflusso		
Verde	ϕ	0,15
Parcheggi drenanti	ϕ	0,4
Ghiaia	ϕ	0,3
Copertura	ϕ	0,9
Pav. in Asfalto	ϕ	0,95

Tabella 6. Valori del coefficiente di deflusso relativi a una pioggia avente durata di un'ora

Nel caso di studio a monte della sezione in esame sono presenti delle superfici con caratteristiche permeabili differenti, situazione per la quale si considera un coefficiente di deflusso totale, ponderato sull'area, secondo l'equazione che segue:

$$\phi_{TOT} = \frac{\sum_{i=1}^N \phi_i \cdot S_i}{S_{TOT}}$$

5.1 Aree di bacino urbano

Le aree che costituiscono il bacino urbano in fase di studio presentano caratteristiche di permeabilità differenti, pertanto è necessario definire un coefficiente di deflusso ϕ_{tot} medio secondo l'equazione appena introdotta.

L'area di intervento è comunque divisibile in due aree: l'area edificabile e l'area pubblica. Il bacino urbano (di superficie totale pari a circa: 0,5 ha) convoglia le acque verso un collettore fognario consortile; le "regioni" del bacino urbano presentano diverse destinazioni d'uso. Sono riportate in tabella le superficie interessate (Tabella 6-1).

Tabella 6-1. Tabella delle superficie del bacino urbanizzato

DESTINAZIONE D'USO DELLE AREE			
SUPERFICIE TOTALE EDIFICI RESIDENZIALI/BIFAMILIARE PROSPICIENTI RCO PUBBLICO DI VIALE SARAGAT CON PROLUNGAMENTO DI VIA BRUXELLES			m ²
			4755
AREE EDIFICABILI	Superficie Totale Lotto Privato		1365
	Verde	Edificio Residenziale/Bifamiliare	665
	Superficie Impermeabile (Tetto)		200
	Superficie Impermeabile (Viabilità interna)		500
AREA PUBBLICA	Marciapiede	Viabilità	150
	Strada e sedi carrabili		750
	Parcheggi	Sup. impermeabile	115
	Area Verde	Sup. permeabile	2409

Si riportano nella tabella che segue le aree individuate a diversa capacità di deflusso per la singola unità immobiliare, al fine di valutare l'ipotesi descritta in premessa dell'adozione di singole vasche private a servizio di ogni singola unità immobiliare, oltre ad una vasca di laminazione per l'area pubblica.

AREE EDIFICABILI	Superficie Lotto Privato (Singola Unità Immobiliare)		341
	Verde	Singola Unità Immobiliare	166
	Superficie Impermeabile (Tetto)		50
	Superficie Impermeabile (Viabilità interna)		125

Tabella 7.

Una volta note le superfici a monte della vasca di laminazione (vasca volano), i valori risultano:

Tipologia		AREA	m ²	φ
AREE EDIFICABILI Edifici Residenziali/Bifamiliari	Verde	1	665	0,15
	Superficie Impermeabile (Tetto)	2	200	0,9
	Superficie Impermeabile (Viabilità interna)	3	500	0,95
AREA PUBBLICA	Marciapiede	4	150	0,95
	Strada e sedi carrabili	5	750	0,95
	Parcheggi	6	115	0,95
	Area Verde	7	2409	0,15

INTERA AREA		
	S_i * φ	-
1	99,8	m ²
2	180,0	m ²
3	475,0	m ²
4	142,5	m ²
5	712,5	m ²
6	109,3	m ²
7	361,4	m ²

$$\phi_{TOT} = \frac{\sum_{i=1}^N \phi_i \cdot S_i}{S_{TOT}}$$

Si riportano di seguito i dati geometrici che caratterizzano la rete fognaria in ipotesi.

DATI GEOMETRICI			
Superficie Totale	S _{TOT}	4789,0	m ²
Coefficiente di Afflusso Totale	φ _{TOT}	0,43	-
Lunghezza del Tronco	L	150	m
Pendenza	i	0,5	%

K_ Strickler		
Cemento	95	$m^{1/3} s^{-1}$
PVC	120	$m^{1/3} s^{-1}$

Tempo di ingresso	5	min
	300	s

Sulla base della pioggia di progetto si sono ricavate le portate di pioggia affluenti alla rete di drenaggio facendo riferimento al Metodo Cinematico lineare, comunemente anche detto Metodo della Corrivazione, il quale si basa su alcune considerazioni:

- gocce di pioggia cadute contemporaneamente in punti diversi del bacino impiegano tempi diversi per arrivare alla sezione di chiusura di quest'ultimo;
- il contributo di ogni singolo punto del bacino alla portata di piena è direttamente proporzionale alla intensità della pioggia caduta nel punto in un istante precedente quello del passaggio della piena del tempo necessario perché detto contributo raggiunga la sezione di chiusura;
- questo tempo è caratteristico di ogni singolo punto e invariante nel tempo.

Ne consegue che esiste un tempo di corrivazione t_c , caratteristico del bacino che rappresenta il tempo necessario perché la goccia caduta nel punto più "lontano" del bacino raggiunga la sezione di chiusura.

Il tempo di corrivazione in un bacino urbano dotato di una rete di fognatura può essere stimato secondo l'equazione di seguito riportata, cioè data dalla somma del tempo di scorrimento sul bacino prima del raggiungimento della rete di drenaggio t_e (tempo di ingresso in rete) e del tempo di propagazione all'interno di quest'ultima t_r (tempo di rete).

$$T_0 = t_e + \frac{t_r}{1.5}$$

In cui t_e è il tempo di ingresso nella fognatura, fissato in 5 minuti, e t_r è il tempo di percorrenza più lungo nella rete delle canalizzazioni esplicitamente considerate, ammettendo che il tempo di percorrenza di un singolo tratto possa essere calcolato nel rapporto tra la lunghezza del tronco e la velocità a riempimento dello stesso.

Stabilito il tracciato planimetrico della rete, fissata la pendenza pari al 0,5% (visibile all'interno dell'elaborato specifico in cui sono visibili anche i riferimenti numerici delle sezioni di verifica) e definite le aree dei singoli sottobacini, facendo riferimento alla formula fondamentale di calcolo secondo il metodo proposto, per ogni tratta si è individuata la portata critica Q_c defluente attraverso la sezione finale del tratto in esame:

$$Q_c [l/s] = 2.78 * \varphi_{tot} * A_{tot} * a * T_0^{n-1}$$

dove il fattore 2.78 permette la conversione in l/s della portata critica, A area in ha, φ_{tot} coef. di deflusso, a ed n risultano i parametri delle CPP e T_0 il tempo di corrivazione in ore.

6. TABULATO DI CALCOLO

METODO DELLA CORRIVAZIONE															
SEZIONE DI CHIUSURA	Tratto	AreaTotale	L	i	φ	D	R	Vr	A	Qr	Tri	Tc	Qcrit	Qc/Qr	V
<i>tratto più sollecitato</i>		ha	m	%	-	m	m	m/s	m²	m³/s	s	ore	l/s	-	m/s
T= 25 Anni	I - F	0,5	150	0,5	0,43	0,40	0,200	1,45	0,126	0,182	103,6	0,103	108	0,60	2,2

h/D	P/D	A/D ²	R/D	V/V _r	Q/Q _r
0,05	0,45	0,015	0,033	0,257	0,005
0,10	0,64	0,041	0,064	0,401	0,021
0,15	0,80	0,074	0,093	0,517	0,049
0,20	0,93	0,112	0,121	0,615	0,088
0,25	1,05	0,153	0,147	0,701	0,137
0,30	1,16	0,198	0,171	0,776	0,196
0,35	1,27	0,245	0,193	0,843	0,263
0,40	1,37	0,293	0,214	0,902	0,337
0,45	1,47	0,343	0,233	0,954	0,416
0,50	1,57	0,393	0,250	1,000	0,500
0,55	1,67	0,443	0,265	1,039	0,586
0,60	1,77	0,492	0,278	1,072	0,672
0,65	1,88	0,540	0,288	1,099	0,756
0,70	1,98	0,587	0,296	1,120	0,837
0,75	2,09	0,632	0,302	1,133	0,912
0,80	2,21	0,674	0,304	1,140	0,977
0,85	2,35	0,711	0,303	1,137	1,030
0,90	2,50	0,744	0,298	1,124	1,066
0,95	2,69	0,771	0,286	1,095	1,074
1,00	3,14	0,785	0,250	1,000	1,000

Risulta:

VERIFICA PORTATA CRITICA TRANSITI NEL COLLETTORE CON UN GRADO DI RIEMPIMENTO:

- **POSITIVA:** condizione di riempimento paria a circa il 55%.

VERIFICA PORTATA CRITICA SCORRA CON VELOCITA' COMPRESA ENTRO I LIMITI 0,5 m/s e 5 m/s:

- **POSITIVA:** velocità di percorrenza $V = 2,2$ m/s.

7. DIMENSIONAMENTO DEL VOLUME DI INVASO

Al fine di pervenire ad un risultato in ipotesi maggiormente attendibile si è deciso di applicare più modelli e confrontare tra loro i risultati ottenuti. In particolare sono stati confrontati i risultati ottenuti applicando:

- Metodo della laminazione ottimale con onda cinematica;
- Formula di Marone;
- Metodo cinematico;
- Modello delle sole piogge.

7.2. Descrizione del fenomeno di laminazione

Il progetto di una vasca volano è in generale legato alla determinazione della capacità di invaso W^* in funzione della portata massima accettabile all'uscita $Q_{lim}(t)$ atta a contenere l'evento meteorico critico di assegnato tempo di ritorno.

Le equazioni che permettono di descrivere il fenomeno della laminazione e quindi il funzionamento idraulico di una vasca volano sono tre:

1. l'equazione differenziale di continuità della vasca:

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

in cui:

$Q_e(t)$ è la portata in ingresso alla vasca al generico istante t ; essa dipende sia dall'evento meteorico considerato che dalle caratteristiche del bacino e della rete di drenaggio a monte della vasca stessa;

$Q_u(t)$ è la portata in uscita dalla vasca; essa dipende dal tipo di scarico che regola l'uscita dalla vasca;

$W(t)$ è il volume invasato nella vasca all'istante t .

2. La relazione funzionale tra il volume invasato e il livello idrico h nell'invaso:

$$W(t) = W(h(t))$$

che dipende esclusivamente dalla geometria della vasca.

3. La legge d'efflusso che governa l'uscita dalla vasca:

$$Q(t) = Q_u(t, h(t))$$

che dipende dal dispositivo idraulico che si utilizza per regolare la portata in uscita.

Nell'integrazione dell'equazione differenziale di continuità della vasca sono incognite le funzioni $Q_u(t)$, $W(t)$ o $h(t)$, mentre risulta nota, per precedenti calcoli, l'onda di piena in ingresso alla vasca $Q_e(t)$.

La progettazione delle vasche di laminazione si fonda sulla determinazione del volume di invasore W^* che consente di ridurre, con la minima capacità di invasore, la portata al colmo dell'evento critico di progetto di assegnato tempo di ritorno T_R .

Una volta note la portata entrante $Q_e(t)$ e la portata massima in uscita $Q_{lim}(t)$ che la rete di fognatura a valle della vasca è in grado di convogliare, definite la geometria della vasca e le caratteristiche dei dispositivi di scarico, ipotizzando che nell'intervallo di tempo (t_1, t_2) , durante il quale la portata in ingresso $Q_e(t)$ eccede la capacità della rete, la portata uscente $Q_u(t)$ sia costante e uguale alla massima $Q_{lim}(t)$, si determina il minimo volume di invasore W^* (in azzurro nell'immagine riportata di seguito) che consente di ottenere la laminazione dell'onda di piena.

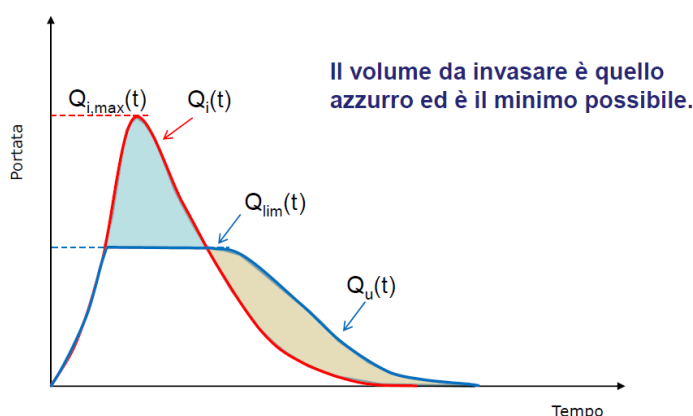
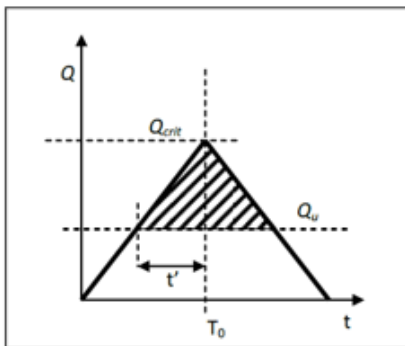


Figura 7-1. Processo di laminazione dell'onda di piena utilizzando dispositivi di scarico a portata costante.

7.3 Metodo della laminazione ottimale con onda cinematica

Per la determinazione del volume da invasare si è altresì applicato il metodo della laminazione ottimale con onda cinematica. Essendo un metodo di primissima approssimazione, si considera come onda di piena quella critica in uscita dal bacino calcolata secondo il modello cinematico. Esso ha forma triangolare con tempo di picco in corrispondenza del tempo di corrivazione e valore pari alla portata critica, calcolata precedentemente.



Questo metodo prevede un taglio orizzontale dell'onda (laminazione ottimale); il volume al di sopra della portata di soglia Q_u (linea tratteggiata nella figura di seguito) è quello da laminare che, prudenzialmente incrementato del 20-50%, sarà attribuito alla vasca. Il suo valore si ottiene da semplici considerazioni geometriche:

$$W'_0[m^3] = 2 \cdot \left[\frac{t' \cdot (Q_{crit} - Q_u)}{2} \right] = \overbrace{T_0 \cdot \frac{(Q_{crit} - Q_u)}{Q_{crit}}}^{t'} \cdot (Q_{crit} - Q_u) = T_0 \cdot \frac{(Q_{crit} - Q_u)^2}{Q_{crit}}$$

Il volume da assegnare alla vasca risulta compreso tra i seguenti valori:

$$W_{01}[m^3] = W'_0[m^3] \cdot 1,20$$

$$W_{02}[m^3] = W'_0[m^3] \cdot 1,50$$

Per il caso in studio i dati idrologici risultano:

Q_{USCITA}	9,58	l/s
Q_{USCITA}	0,010	m ³ /s
$Q_{CRITICA}$	108,4	l/s
$Q_{CRITICA}$	0,108	m ³ /s
T_c	0,10	ore
$2 \cdot T_c$	0,21	min



Pertanto, applicando il metodo il volume da assegnare alla vasca, risulta:

W_0	9,23	m ³
W_{02}	13,9	m ³

7.4 Formula di Marone

La Formula di Marone è uno dei metodi approssimati più semplici e noti in Italia; si basa sulla seguente posizione:

$$\eta = 1 - \frac{W_0}{W_p}$$

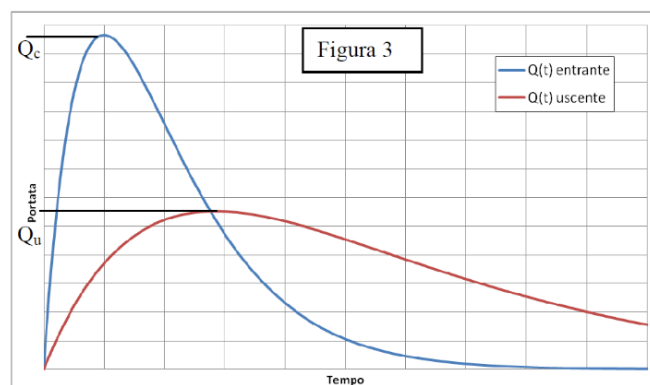
dove $\eta = \frac{Q_U}{Q_C} = \frac{\text{portata massima uscente dalla vasca}}{\text{portata massima in ingresso alla vasca}} = \text{rapporto di laminazione};$

W_p : volume della piena che si genera nel bacino con una precipitazione di progetto;

W_0 : volume incognito da assegnare alla vasca.

Questa formula è stata ricavata ipotizzando che la portata uscente vari in funzione del livello idrico nella vasca con la legge delle luci a stramazzo e che l'idrogramma entrante segua un'equazione del tipo (Figura 3 sottostante):

$$Q_e(t) = Q_c \frac{t}{T_0} e^{1-t/T_0} \quad \text{con } T_0 \text{ tempo di corrivazione del bacino a monte}$$



Sebbene le ipotesi alla base della Formula di Marone, soprattutto l'andamento della portata uscente, la rendano adatta a valutare la laminazione soprattutto delle dighe, essa può essere utilizzata, per la sua semplicità, per valutazioni di massima sugli ordini di grandezza dei volumi degli invasi di laminazione necessari per le fognature.

In prima approssimazione possiamo considerare come volume di piena quello generato dalla pioggia costante di durata pari alla durata critica del bacino e cioè pari al tempo di corrivazione T_0 che può essere calcolato a partire dalla curva di possibilità pluviometrica prendendo in considerazione le piogge al netto delle perdite per infiltrazione:

$$W_p [m^3] = 10 * S_{tot} * \phi_{tot} * a * T_0^n$$

Il fattore 10 ha lo scopo di convertire le unità di misura al fine di ottenere il volume in metri cubi.

Pertanto, considerato la portata massima in entrata alla vasca (coincidente con la portata critica del bacino determinata nei capitoli precedentemente) e le equazioni che caratterizzano tale metodo è possibile determinare il volume di laminazione.

Equazione formula di Marone:

$$W_0 [m^3] = W_p \cdot (1 - \eta) \quad \eta = \frac{Q_u}{Q_{crit}}$$

Per il caso in studio i dati idrologici risultano:

Q_{critic}	108,4	l/s
Q_u	9,58	l/s
η	0,088	-
ϕ_{tot}	0,43	-

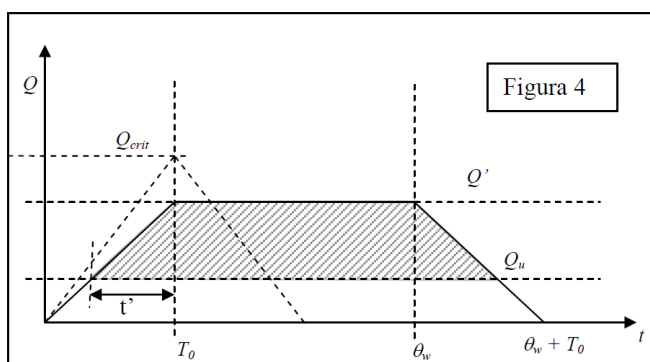
S_{tot}	0,48	ha
a	32,65	mm/ora ⁿ
n	0,233	-
T_c	0,10	ore
W_p	39,97	m ³

Pertanto, applicando il metodo risulta un volume da assegnare alla vasca pari a:

W_0	36,4	m^3
-------	------	-------

7.5 Metodo Cinematico

L'onda di piena in uscita dal bacino determinata dal modello di corrivazione ha forma trapezoidale o triangolare. Si può facilmente verificare che le piogge che sollecitano maggiormente il bacino di laminazione sono, usualmente, di durata superiore alla durata critica del bacino stesso (T_0); si ha quindi in uscita un'onda trapezoidale con valore massimo pari a Q' (Figura 4, a fianco).



La funzione del bacino di laminazione è quella di limitare la portata in uscita al valore limite Q_u ; ipotizzando una operatività di laminazione ottimale, la vasca deve quindi immagazzinare il volume al di sopra del valore di Q_u . Tale volume (tratteggiato in figura 4), in funzione della generica durata θ , ha l'espressione:

$$\begin{aligned}
 W(\theta) &= (Q' - Q_u) \cdot (\theta - T_0) + 2 \frac{(Q' - Q_u) \cdot t'}{2} = (Q' - Q_u) \cdot (\theta - T_0 + t') = \\
 &= (Q' - Q_u) \cdot \left(\theta - T_0 + T_0 \frac{(Q' - Q_u)}{Q'} \right) = (Q' - Q_u) \cdot \left(\theta - T_0 + T_0 \frac{Q_u}{Q'} \right) = \\
 &= (Q' - Q_u) \cdot \left(\theta - T_0 \frac{Q_u}{Q'} \right)
 \end{aligned}$$

La funzione appena introdotta dipende dalla durata θ anche attraverso Q' , dato che si ha:

$$Q' = S_{TOT} \cdot \varphi_{TOT} \cdot a \cdot \theta^{n-1}$$

Al variare di θ si hanno quindi diversi valori di volume W ; la durata che rende massimo il volume da invasare viene chiamata durata critica della vasca (θ_w).

Per individuare θ_w occorre derivare l'equazione di $W(\theta)$ e uguagliare a zero la derivata.

La forma piuttosto complessa dell'equazione e la sua derivata non permette una soluzione in forma chiusa rispetto a θ_w per cui si ricorre alla soluzione numerica dell'equazione espressa nella forma adimensionale:

$$q^2 \cdot (1-n) \cdot t^{-n} - q + nt^{n-1} = 0$$

dove:

$$q = \frac{Q_u}{Q_{rif}} \quad \text{- portata relativa}$$

$$t = \frac{\theta_w}{T_0} \quad \text{- tempo relativo}$$

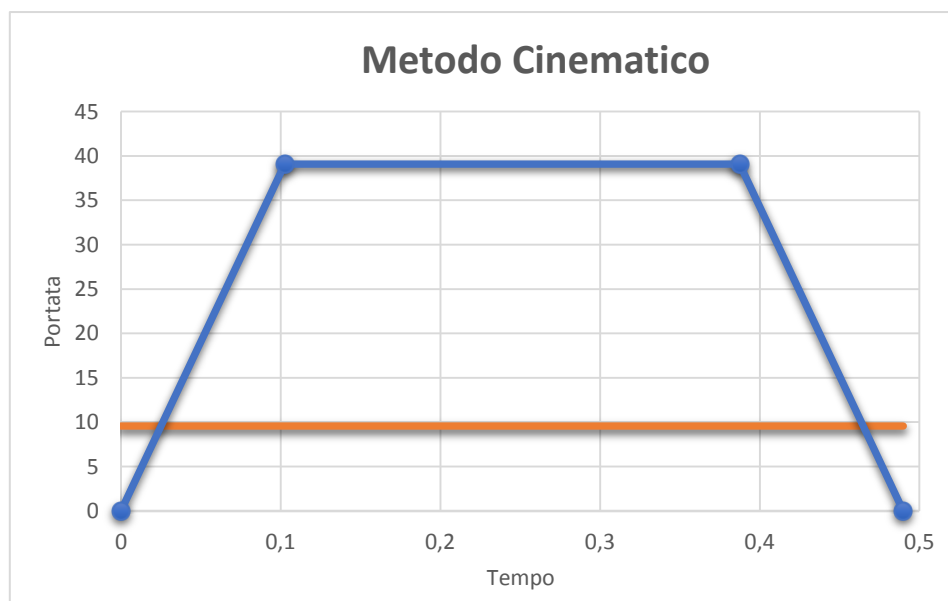
$$Q_{rif} = \varphi_{TOT} \cdot S_{TOT} \cdot a \cdot T_0^{n-1} \quad \text{- portata di riferimento}$$

Risolvendo per tentativi l'equazione espressa nella forma adimensionale si perviene alla soluzione del tempo relativo "t". Definito il parametro "t" è possibile definire la durata critica della vasca tramite le equazioni appena introdotte.

Per il caso di studio i dati idrologici risultano:

t	3,78	-	Tempo Relativo
T_c	0,10	ore	Tempo di Corrivazione
θ_w	0,39	ore	Durata critica della vasca
φ_{tot}	0,43	-	Coefficiente di Afflusso
S_{tot}	0,48	ha	Superficie totale

a	32,65	-	Parametri della CPP
n	0,233	-	
Q_{rif}	108,37	l/s	Portata di Riferimento
Q_u	9,58	l/s	Portata in uscita
q	0,088	-	Portata relativa
Q'	39,08	l/s	Portata massima alla durata Critica
Q_u	0,01	m ³ /s	Portata in uscita
Q'	0,04	m ³ /s	Portata massima alla durata Critica



Pertanto, applicando il metodo indicato risulta un volume da assegnare al bacino pari a:

W₀	10,7	m³
----------------------	-------------	----------------------

7.6 Metodo delle Sole Piogge

Tale metodo è indubbiamente il più semplice e meno accurato e si basa sull'ipotesi molto semplificativa di trascurare il ritardo e l'effetto di laminazione dato dal bacino e ragionare quindi come se la pioggia raggiungesse istantaneamente la sezione di chiusura (il metodo è quindi estremamente cautelativo).

Nella ulteriore ipotesi di pioggia costante e di coefficiente di afflusso costante (ϕ_{TOT}) è possibile ricavare il volume entrante nella vasca W_p in funzione della durata dell'evento meteorico θ :

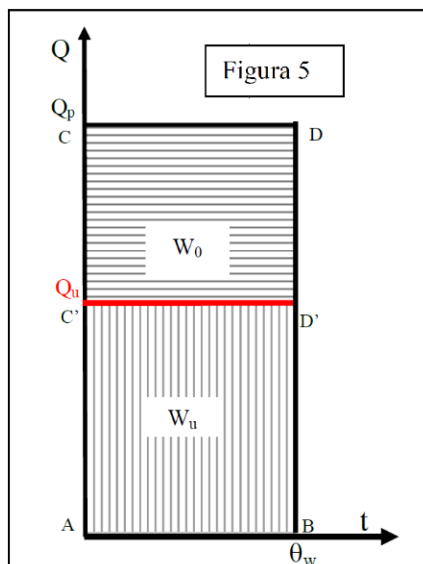
$$W_p = S_{TOT} \cdot \phi_{TOT} \cdot a \cdot \theta^n$$

(area del rettangolo A - B - C - D in Figura 5)

Il volume uscente dalla vasca W_u sarà pari a:

$$W_u = Q_u \cdot \theta$$

(area del rettangolo A - C' - D' - B in Figura 5)



dove Q_u rappresenta la portata limite uscente imposta. La differenza tra il volume entrante W_p (Volume di piena, generato dalla pioggia costante di durata pari alla durata critica del bacino e cioè pari al tempo di corrivazione T_c) e quello uscente W_u dovrà essere trattenuta dalla vasca.

Detta quindi ΔW la differenza tra i due volumi si ha:

$$\Delta W(\theta) = W_p - W_u = S_{TOT} \cdot \varphi_{TOT} \cdot a \cdot \theta^n - Q_u \cdot \theta$$

Per ottenere la condizione di estremo superiore si deriva tale funzione nella variabile θ e si eguaglia a zero ottenendo la durata critica θ_w dell'evento di pioggia che massimizza il volume della vasca.

Definito il valore della durata critica della vasca θ_w è possibile determinare il volume da assegnare alla vasca secondo la formula appena introdotta.

Per il caso in studio i dati idrologici risultano:

ϕ_{tot}	0,43	-
S_{tot}	0,48	ha
a	32,65	mm/ora ⁿ

n	0,23	-
T_c	0,10	ore
W_p	39,3	m ³

Q_u	9,58	l/s
W_u	3,3	m ³
θ_w	0,096	ore

Pertanto, applicando il metodo risulta un volume da assegnare alla vasca:

W_0	36,0	m ³
-------	------	----------------

8. CONCLUSIONI

Analizzando i risultati derivanti dalle differenti ipotesi effettuate riguardo la rete fognaria delle portate bianche di pioggia, discende, in sede di dimensionamento preliminare di progetto della rete fognaria da realizzarsi nell'insediamento, che il collettore finale, secondo un dimensionamento canonico presenta le seguenti caratteristiche:

- Portata massima al recettore, per un tempo di ritorno $T=25$ anni, pari a circa 109 l/s;
- Diametro collettore a monte della possibile unica vasca di laminazione in calcestruzzo DN 40 (cm).

Al fine di ottenere un risultato attendibile sono stati quindi analizzati i risultati pervenuti dai calcoli analitici dei diversi metodi adottati per descrivere il fenomeno idraulico.

Si riportano, a confronto, i risultati ottenuti dalle applicazioni dei diversi modelli idraulici presi in considerazione:

METODO DELLA LAMINAZIONE OTTIMALE CON ONDA CINEMATICA	W_0 [m³]	13,9
METODO DI MARONE	W_0 [m³]	36,4
METODO CINEMATICO	W_0 [m³]	10,7
MODELLO DELLE SOLE PIOGGE	W_0 [m³]	36,0

La formula di Marone così come utilizzata nel modello (volume di piena pari a quello generato dalla pioggia costante di durata pari alla durata critica del bacino - e cioè pari al tempo di corrivazione T_0 - e portata massima in entrata alla vasca coincidente con la portata critica del bacino calcolata sempre considerando pioggia costante di durata pari al tempo di corrivazione T_0) rappresenta un caso particolare del metodo delle sole piogge,

infatti per $\theta_w = T_0$, ovvero per una durata di pioggia coincidente con il tempo di corrivazione, i due metodi coincidono.

Applicando il Modello delle sole piogge risulta $\theta_w > T_0$, e di conseguenza si è pervenuti ad un volume della vasca di laminazione, seppur avente lo stesso ordine di grandezza, leggermente maggiore rispetto al volume ottenuto applicando la formula di Marone.

Entrambi i metodi tendono comunque a sovrastimare il volume da assegnare alla vasca pertanto risultano di fatto “metodi cautelativi”.

Alla luce dei risultati pervenuti si è ipotizzato che, nel caso fosse necessario interporre al ricettore comunale (considerato come non dotato/dotabile di un bacino specifico di zona) un volume di laminazione, esso avrà un dimensionamento minimo pari a circa $V = 20/22 \text{ m}^3$ (valore intermedio – non già media aritmetica – dei risultati ottenuti dalle diverse modellazioni, ipotizzato considerando da un lato la giusta prudenza del buon padre di famiglia e la aleatorietà dei fenomeni atmosferici e dall’altro la estrema cautelatività dei metodi semplificati) proponendo quindi un volume di accumulo il più possibile corretto per il comparto e rispettando nelle intenzioni il principio della invarianza idraulica.

Riepilogando:

- Portata massima dell’onda di piena calcolata: $Q = 108 \text{ l/s}$;
- Diametro collettore in calcestruzzo, ultimo tratto a monte della vasca: DN 40;
- Volume ipotizzato della vasca/bacino di laminazione: **$W = 20 \text{ m}^3$** ;
- Diametro collettore in calcestruzzo a valle della vasca verso il canale ricettore: DN 30;

È stata come accennato condotta una ulteriore valutazione-analisi preliminare per un dimensionamento di massima (applicando gli stessi principi) nel caso si volesse adottare la soluzione di più vasche singole esclusive ed indipendenti per le singole unità immobiliari in prevista costruzione e per l’area pubblica.

Alla luce dei risultati generali a cui si è pervenuti e considerando quest'ultima ipotesi, si è ipotizzato di interporre al ricettore comunale, per le singole aree interessate dalle costruzioni e per l'area ad uso pubblico, i seguenti volumi di laminazione:

- Per la singola unità immobiliare-lotto sarà da prevedersi una vasca dedicata con un dimensionamento minimo pari a circa **$V = 5 \text{ m}^3$** .
- Per l'area pubblica sarà da prevedersi una vasca dedicata avente un dimensionamento minimo pari a circa **$V = 15 \text{ m}^3$**

A disposizione per ogni chiarimento od approfondimento necessario

Parma, Dicembre 2020

il tecnico consulente

Dott. Ing. STEFANO COBIANCHI
Albo Ingg. Prov. PR N.1345/A

A circular blue ink stamp is positioned over a handwritten signature in blue ink. The stamp contains the text "Dott. Ing. STEFANO COBIANCHI" around the perimeter and "Albo Ingg. Prov. PR N.1345/A" in the center. The signature is a stylized, cursive script that overlaps the stamp.