

COMUNE DI RAVARINO (MO)

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA – ZONA OMOGENEA C PER NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALE N.5 - PROSPICIENTE VIA MAESTRA – COMPARTO JAHVE' SRL



RELAZIONE TECNICA INVARIANZA IDRAULICA

Gennaio 2023 – rev. 2

Ing. Enrico Salvioli

Coll. Ing. Lorenzo Corti

Sommario

1	PREMESSA	4
2	CALCOLO DELL'AREA IMPERMEABILE	5
3	CALCOLO DEL VOLUME DI LAMINAZIONE.....	5
4	SCARICO DI PROGETTO – BOCCA TARATA DN 80.....	6
5	TUBAZIONE DI SCARICO	6
6	DESCRIZIONE DEL FUNZIONAMENTO A GRAVITÀ DEL SISTEMA DI LAMINAZIONE	6
7	VINCOLI ALTIMETRICI.....	7
8	RETE DI PROGETTO – INTERNA AL COMPARTO	14
8.1	ALLACCI LOTTI	14
9	STUDIO IDRAULICO DI DETTAGLIO DEL SISTEMA DI LAMINAZIONE	14
9.1	TEMPI DI RITORNO DI PROGETTO	14
9.2	ANALISI DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE	15
9.3	DURATE CRITICHE	15
9.4	IETOGRAMMI DI PROGETTO RETTANGOLARI	16
9.5	DIMENSIONAMENTO DELLA RETE METEORICA DI PROGETTO - MODELLO IDRAULICO - DESCRIZIONE DEL CODICE DI CALCOLO	16
9.5.1	<i>CALCOLO DEL DEFLUSSO SUPERFICIALE</i>	<i>18</i>
9.5.2	<i>AREE DRENANTI E COEFFICIENTI DI DEFLUSSO.....</i>	<i>20</i>
9.5.3	<i>CALCOLO DELL'INFILTRAZIONE</i>	<i>20</i>
9.5.4	<i>CALCOLO DELL'EVAPORAZIONE.....</i>	<i>22</i>
9.5.5	<i>CALCOLO DELLA PROPAGAZIONE DEI FLUSSI.....</i>	<i>22</i>
9.5.6	<i>CALCOLO DELL'ESONDAZIONE</i>	<i>23</i>
9.5.7	<i>PARAMETRI UTILIZZATI.....</i>	<i>23</i>
9.5.8	<i>Coefficienti di afflusso</i>	<i>24</i>
10	SIMULAZIONE DELLA RETE DI DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE.....	24
10.1	SCENARIO 1 – IETOGRAMMA RETTANGOLARE DURATA 20 MIN – Tr 20 ANNI.....	24
10.2	SCENARIO 2 – IETOGRAMMA RETTANGOLARE DURATA 6 ORE – Tr 50 ANNI.....	25

**PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA – ZONA OMOGENEA C PER NUOVI
INSEDIAMENTI RESIDENZIALE N.5 - PROSPICIENTE VIA MAESTRA – COMPARTO JAHVE' SRL**

11	ANALISI DEI RISULTATI DEL MODELLO	25
11.1	SCENARIO 1 – IETOGRAMMA RETTANGOLARE DURATA 20 MIN – TR 20 ANNI.....	25
11.2	SCENARIO 2 – IETOGRAMMA RETTANGOLARE DURATA 360 MIN – TR 50 ANNI.....	27
12	DATI DI PROGETTO.....	29

1 Premessa

La presente Relazione Tecnico-Illustrativa descrive il dimensionamento del sistema di laminazione relativo all' *PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA – ZONA OMOGENEA C PER NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALE N.5 - PROSPICIENTE VIA MAESTRA – COMPARTO JAHVE' SRL*.

Il progetto è sito nel comune di RAVARINO (Modena).

Le soluzioni progettuali ivi presentate recepiscono tutte le indicazioni e prescrizioni emesse dall'Ente proprietario e dal gestore delle reti fognarie in oggetto nonché degli Enti preposti alla tutela sanitaria ed ambientale del territorio.

In particolare, si fa riferimento a quanto prescritto dal Consorzio di Bonifica Burana nel parere di competenza 2021/03418 in cui si prescrive che lo scarico delle acque bianche laminate deve avvenire verso nord ed afferire a valle al Cavo Dogaro di Ravarino.

La scelta tecnica ivi presentata è stata collegialmente definita durante un sopralluogo in situ con i tecnici preposti di Sorgea e del Consorzio di Bonifica.

Si prevede la realizzazione di un sistema fognario di tipo separato, in particolare sono stati individuati i seguenti recapiti per le reti di drenaggio a servizio dell'area:

- acque nere: in fognatura pubblica gestita da SORGEA posta lungo Via Maestra;
- **acque meteoriche: fognatura pubblica di Via**

La superficie del comparto ammonta a 12511 mq.

L'area impermeabile di progetto, calcolata escludendo le sole aree verdi, è pari a 6600 mq.

Si prevede di realizzare una vasca di laminazione a cielo aperto nell'area verde pubblica opportunamente ribassata Tale area verde è posta a nord lungo Via Maestra.

Il calcolo del volume di laminazione è stato condotto tenendo conto dei dati parametri imposti dal CONSORZIO DI BONIFICA BURANA pari a **700 mc/ha_{imp}** per il volume di laminazione.

La superficie impermeabile è stata calcolata escludendo le aree verdi.

Il volume di laminazione di progetto è pari a 462 mc.

I deflussi di piena generati dalle acque meteoriche scolanti sulle nuove superfici impermeabili di progetto saranno laminati mediante sistemi di invaso in grado di garantire la restituzione al sistema di acque superficiali.

L'obiettivo prefissato è infatti quello di contenere gli apporti udometrici delle aree oggetto di intervento, nell'ottica di ottimizzare la gestione del rischio idraulico sul territorio.

Lo scarico verrà realizzato mediante la posa di una tubazione DN 80 (bocca tarata) come imposto dal Consorzio Burana. Non si prevede troppo pieno.

Il dimensionamento della rete bianca è stato condotto mediante l'adozione di uno specifico modello idrologico – idraulico. Gli idrogrammi di pioggia generati dall'intervento nelle condizioni di progetto sono stati calcolati attraverso il software di calcolo MARTE DEFLUX (DEK Srl) che adotta come modello di calcolo il modello idrologico – idraulico SWMM vers 5.0.15 (Stom Water Management Model) sviluppato da US EPA.

Il tempo di ritorno di progetto è stato assunto pari a 20 anni per la rete fognaria (tubazioni) e 50 anni per il sistema di laminazione.

2 Calcolo dell'area impermeabile

Nella successiva tabella si riassumono le estensioni delle superfici di progetto.

L'area impermeabile di progetto è pari a 6600 mq. E' assunta cautelativamente pari a 6600 mq.

VERDE	AREA MQ
VERDE PUBBLICO	2657
VERDE PRIVATO	3193
TOT PERMEABILE	5851
AREA TOT	12511
AREA IMP	6660

Tabella 1: superfici di progetto

3 Calcolo del volume di laminazione

I volumi di laminazione sono calcolati applicando il parametro imposto dal Consorzio di Bonifica Burana pari a 700 mc/ha imp.

Il volume di laminazione è pari a 462 mc.

SUPERFICIE IMP [mq]	VOLUME PARAMETRICO INVARIANZA [mc/ha _{imp}]	VOLUME DI INVARIANZA [mc]
6600	700	462

Tabella 2: volumi di laminazione

4 Scarico di progetto – bocca tarata DN 80

Lo scarico della vasca di laminazione è presidiato da un bocca tarata con tubazione di diametro DN 80 mm come imposto dal Consorzio Burana.

5 Tubazione di scarico

A valle della bocca tarata la tubazione di scarico prosegue mediante una tubazione di progetto in PVC DE 160 che fa confluire le acque in corrispondenza di un pozzetto di rete meteorica esistente posto lungo Via Salvo d'Acquisto.

Tale tubazione di progetto verrà posata tra le recinzioni delle case e la fognatura mista esistente SORGEA. L'estensione è pari a 45 m.

La profondità del pozzetto in cui verranno recapitate le acque laminate è pari a **145 cm**.

6 Descrizione del funzionamento a gravità del sistema di laminazione

Il sistema di laminazione funziona a gravità. Le acque in arrivo al comparto confluiscono alla vasca dove sono invasate. In corrispondenza dell'uscita della vasca è posto un pozzetto contenente la bocca tarata DN 80 mm. A valle di tale bocca tarata è posta la tubazione di scarico, da posarsi lungo Via Maestra, costituita da una tubazione PVC DE 160.

La vasca deve garantire una volumetria di 462 mc. 447 mc in vasca e 15 mc in rete

La vasca verrà realizzata nell'area verde a nord del comparto.

Si prevede di realizzare un ribassamento medio di 1 m.

La pendenza delle sponde è $1v/2H$.

Il massimo livello invasato sarà pari a 88,5 cm garantendo un franco di 11,5 cm.

La superficie media di invaso è pari a 550 mq.

Il volume di scavo è pari a 600 mc.

7 Vincoli altimetrici

La profondità del pozzetto di recapito di valle in cui verranno recapitate le acque laminate è pari a 145 cm.

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA – ZONA OMOGENEA C PER NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALE N.5 -
PROSPICIENTE VIA MAESTRA – COMPARTO JAHVE' SRL



Figura 2: planimetria di inquadramento – ELEMENTI IDRAULICI PRINCIPALI

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA – ZONA OMOGENEA C PER NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALE N.5 -
PROSPICIENTE VIA MAESTRA – COMPARTO JAHVE' SRL

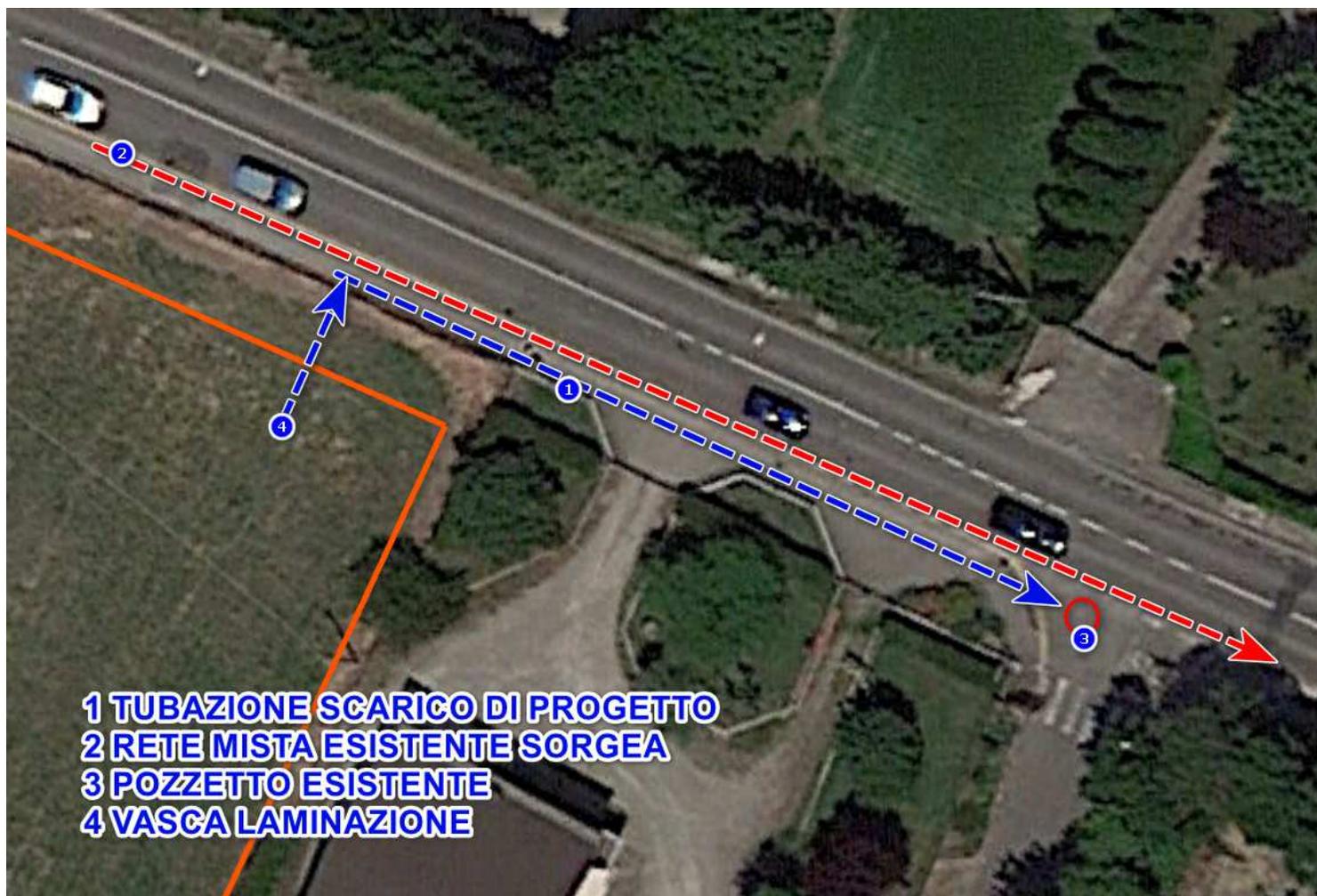


Figura 2: planimetria di inquadramento – ELEMENTI IDRAULICI PRINCIPALI – VIA MAESTRA (NORD)

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA – ZONA OMOGENEA C PER NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALE N.5 -
PROSPICIENTE VIA MAESTRA – COMPARTO JAHVE' SRL

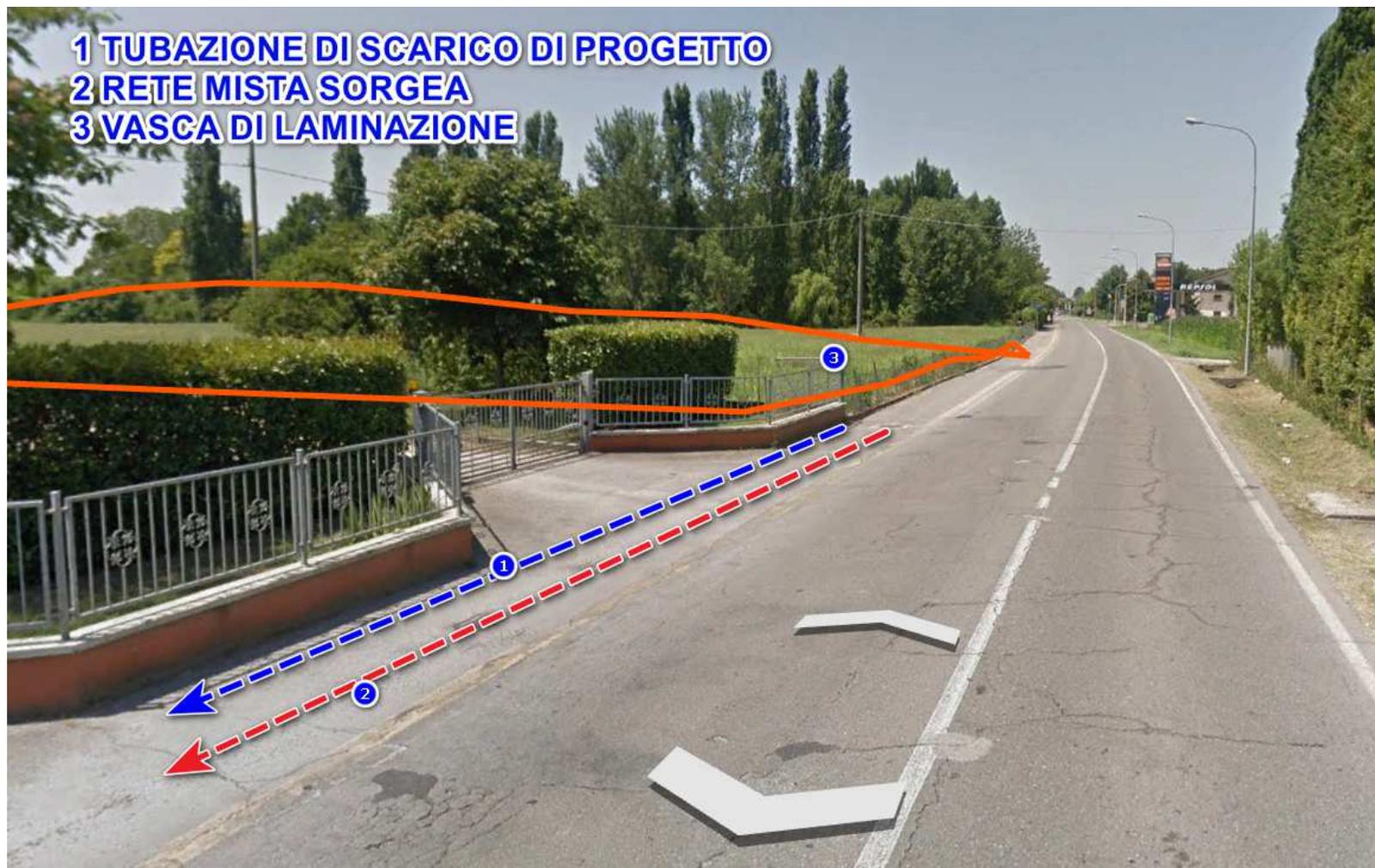


Figura 1: tracciato indicativo tubazione di scarico di progetto – PVC DE 160

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA – ZONA OMOGENEA C PER NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALE N.5 -
PROSPICIENTE VIA MAESTRA – COMPARTO JAHVE' SRL

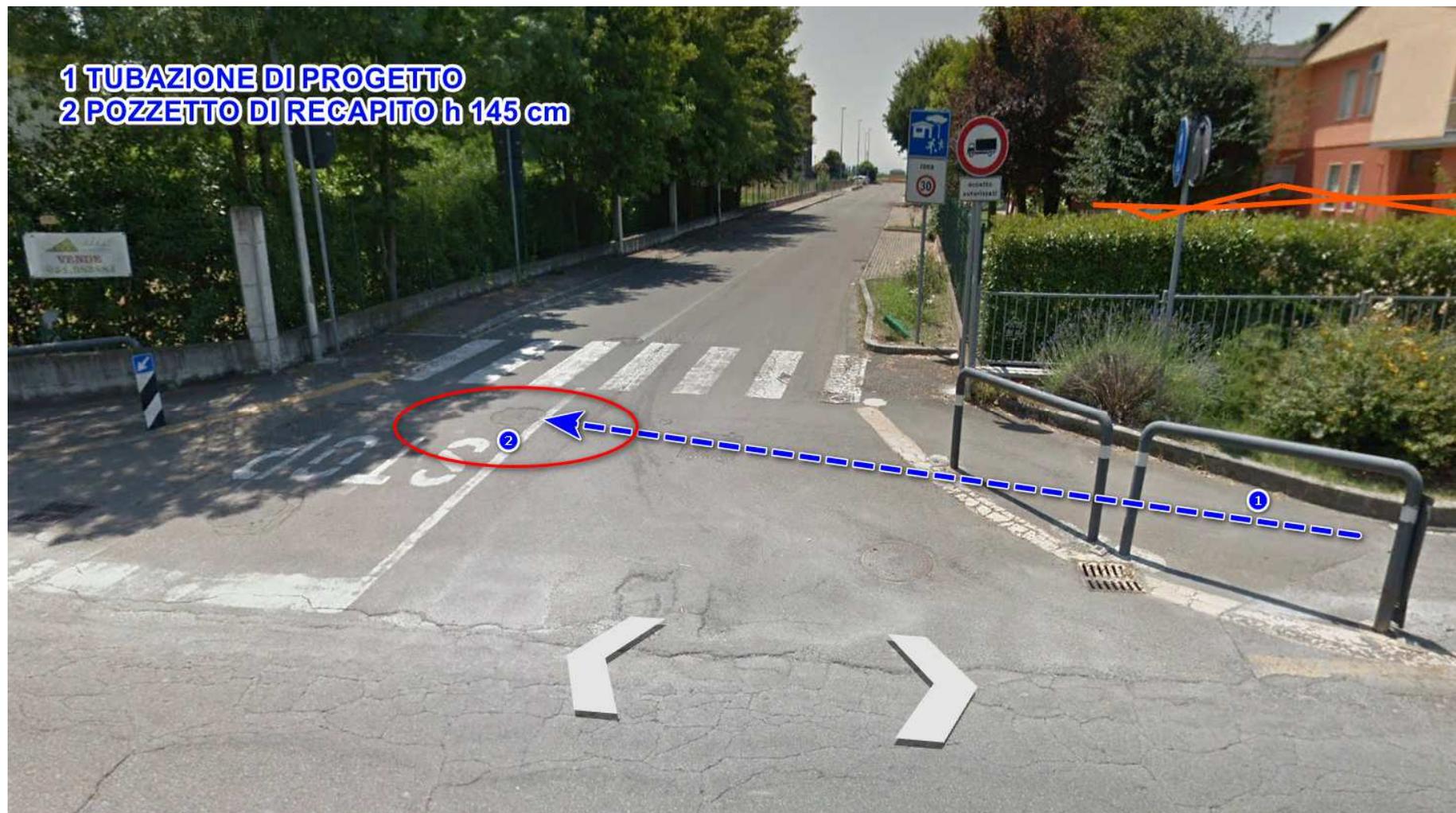


Figura 2: tracciato indicativo tubazione di scarico di progetto – PVC DE 160

**PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA – ZONA OMOGENEA C PER NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALE N.5 -
PROSPICIENTE VIA MAESTRA – COMPARTO JAHVE' SRL**

ESTRATTO DELLA CARTA DEI BACINI

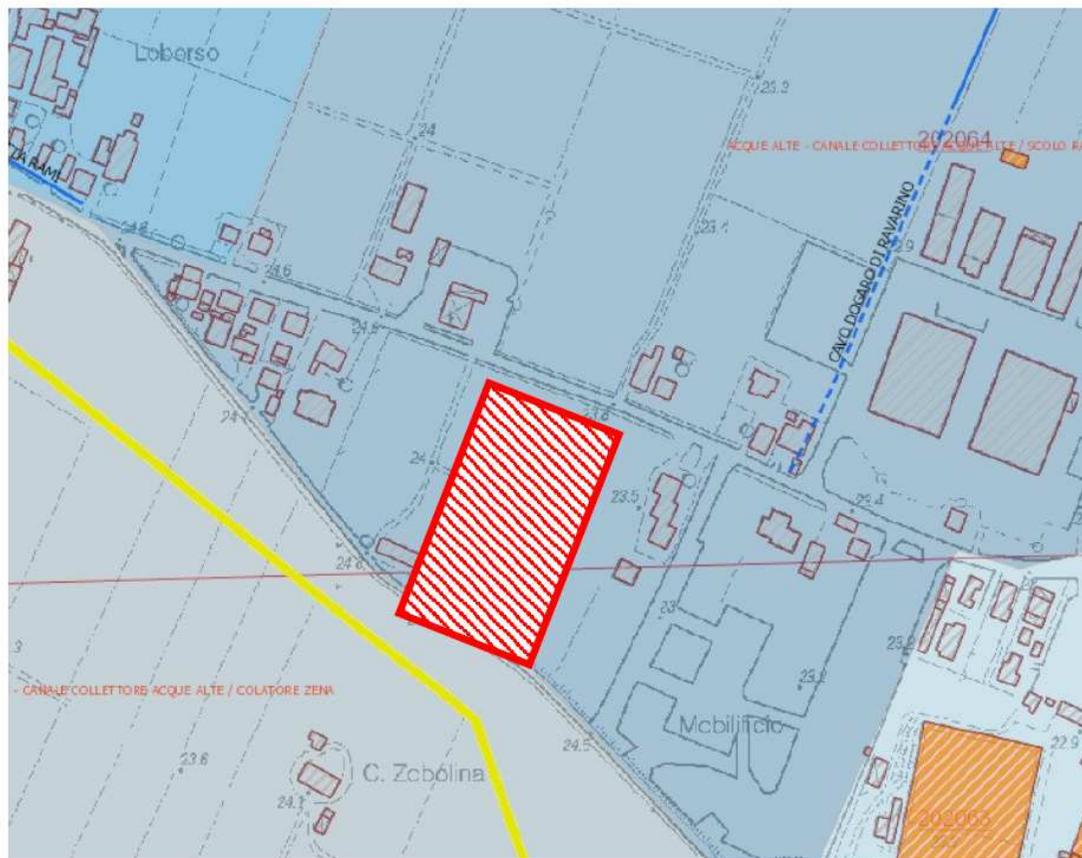


Figura 2: carta dei bacini – CONSORZIO BURANA

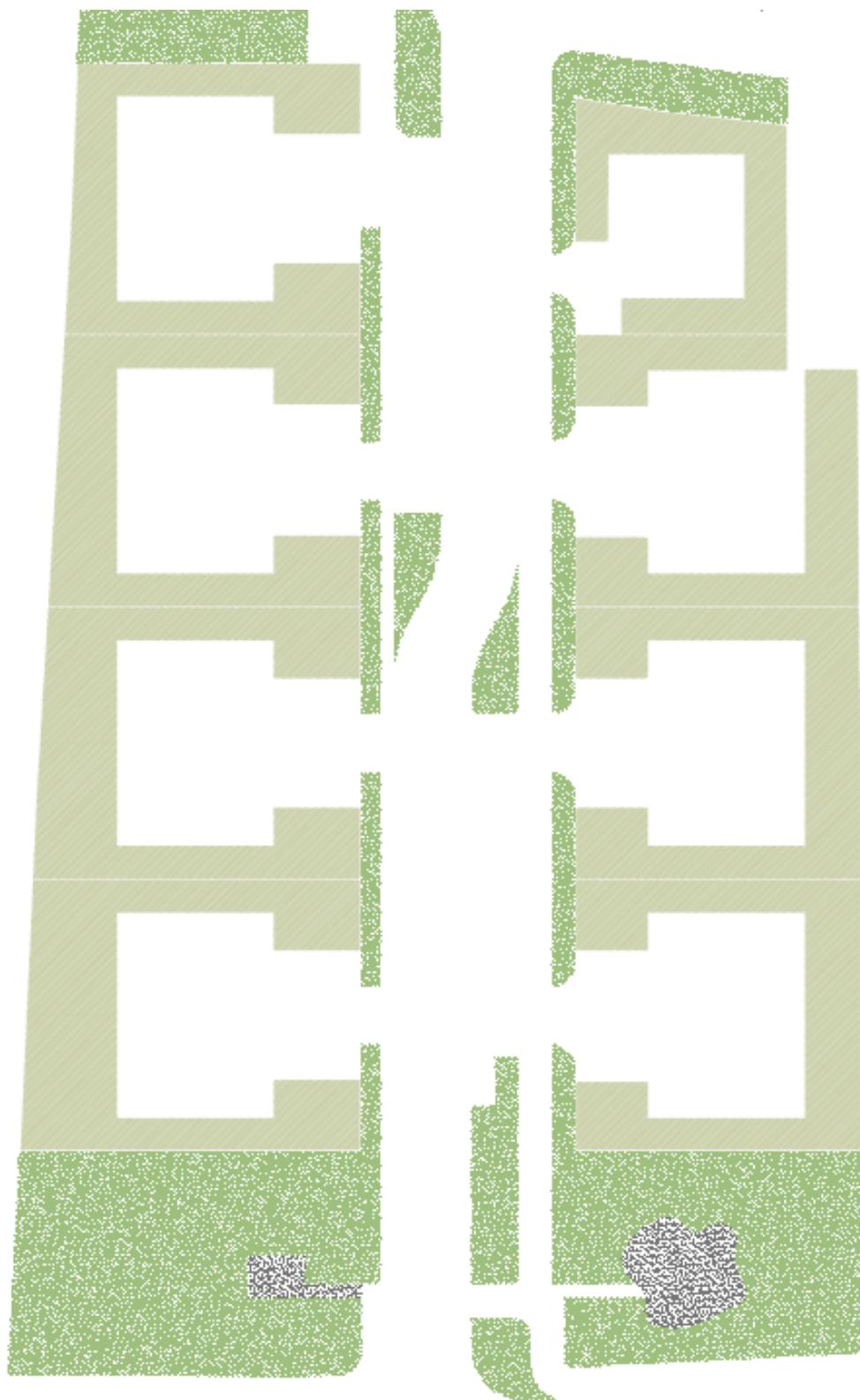


Figura 3: superfici permeabili di progetto

8 Rete di progetto – interna al comparto

La rete di progetto interna al comparto sarà realizzata mediante la posa di tubazioni PVC UNI 1401 SN8 con pendenza di posa pari allo 0.1 %.

Nella successiva tabella si riassumono le caratteristiche dei tratti di progetto.

L'estensione della dorsale di meteorica è pari a 120 m.

La tubazione di scarico dalla vasca sino al pozzetto esistente R di Via D'Acquisto è pari a 45 m.

POZZETTO DI MONTE	POZZETTO DI VALLE	TUBAZIONE	PENDENZA
P1	P2	PVC DE 400	0.1 %
P2	P3	PVC DE 500	0.1 %
P3	P4	D800	0.1 %
P4	P5	D800	0.1 %
P5	P6	D800	0.1 %
P6	P7	D800	0.1 %
P7	P8 INGRESSO IN VASCA	D630	0.1 %
P9	P10	PVC DE 160	0.5 %
P10	R – POZZETTO ESISTENTE VIA SALVO D'ACQUISTO	PVC DE 160	0.5 %

Tabella 3: rete di progetto interna al comparto

8.1 Allacci lotti

Gli allacci di rete meteorica verranno realizzati mediante la posa di tubazione di diametro minimo De 200.

9 Studio idraulico di dettaglio del sistema di laminazione

9.1 Tempi di ritorno di progetto

Nel presente progetto il calcolo delle portate idrologiche è stato effettuato considerando un tempo di ritorno T di 20 anni per il dimensionamento della rete fognaria e 50 anni per il dimensionamento del sistema di laminazione.

9.2 Analisi delle precipitazioni intense

La finalità della analisi degli eventi meteorici intensi è la stima dell'altezza di pioggia che cade sul bacino di riferimento associata ad un evento di durata e tempo di ritorno prefissati. Lo scopo ultimo, come noto, è la definizione delle curve segnalatrici di pioggia in grado di stimare l'altezza di acqua precipitata sul bacino durante un evento estremo ragguagliata alla superficie del bacino. Le linee segnalatrici si esprimono attraverso la seguente relazione:

$$h = \psi \cdot a \cdot t^n$$

in cui:

- ψ rappresenta il coefficiente di ragguaglio della precipitazione alla durata e all'estensione;
- h è l'altezza totale (cumulata) precipitata sul bacino durante l'evento meteorico di riferimento;
- a ed n sono coefficienti deducibili da specifiche analisi statistiche; i presenti parametri sono funzione del tempo di ritorno
- t rappresenta la durata dell'evento meteorico.

Tempo di ritorno	a1 (mm/h)	n1	a2 (mm/h)	n2
[anni]	[t<1 h]	[t<1 h]	[t>1 h]	[t>1 h]
2	23.5	0.355	22.2	0.300
5	33.2	0.345	31.1	0.263
10	39.5	0.342	36.9	0.245
20	45.6	0.340	42.5	0.235
50	53.5	0.339	49.8	0.245
100	59.4	0.338	55.3	0.216

Tab. 2.1 - Parametri della curva di possibilità climatica adottata nel territorio gestito da HERA Modena (fonte Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale).

Tabella 4: parametri a ed n – HERA MODENA

9.3 Durate critiche

Per il dimensionamento della rete fognaria (diametro tubazioni) si è considerato una durata di 20 minuti.

La durata critica del sistema di laminazione è stata desunta conducendo diverse simulazioni considerando diverse durate dell'evento meteorico.

La durata critica ottenuta per il sistema di laminazione è pari a 6 ore.

9.4 Ietogrammi di progetto rettangolari

Note le linee segnalatrici e la durata critica è possibile definite gli ietogrammi di progetto.

Tr [anni]	d [minuti]	a [mm/h]	n	h [mm]	i [mm/h]]
20	20	45.6	0.34	31.0	95
50	360	49.8	0.245	77.2	13

Tabella 5: altezze di pioggia di progetto

9.5 Dimensionamento della rete meteorica di progetto - modello idraulico - descrizione del codice di calcolo

Come ricordato la verifica del sistema di laminazione è stata condotta mediante l'utilizzo di uno specifico modello idrologico idraulico. Nel presente capitolo viene descritto il codice di calcolo matematico utilizzato.

Il pacchetto utilizzato è lo SWMM 5.

SWMM 5 è il codice di calcolo usato per la modellazione dinamica del processo afflussi-deflussi, utilizzato per simulare quantitativamente e qualitativamente il deflusso relativo ad un evento singolo o di lunga durata (è sviluppato dal Water Supply and Water Resources Division di US EPA). SWMM simula i vari processi idrologici che producono deflusso superficiale dalle aree urbane. Questi includono:

- precipitazioni variabili nel tempo;
- evaporazione dell'acqua permanente in superficie;
- intercettazione della pioggia ad opera delle zone di accumulo superficiale;
- infiltrazione della pioggia nei terreni non saturi;
- percolazione di acqua infiltrata in falda;
- scambi idrici tra falda e fognatura;
- riproduzione della portata superficiale secondo lo schema di serbatoi non lineari.

SWMM offre poi diversi strumenti di modellazione idraulica, utilizzabili per trasformare il deflusso meteorico, e gli eventuali reflui in ingresso alla fognatura, in deflusso all'interno della rete.

Oltre alla modellazione della generazione e del trasporto dei deflussi, SWMM può anche valutare la produzione di carichi inquinanti connessi a tali deflussi.

SWMM schematizza un sistema fognario come una serie di flussi d'acqua e materiali attraverso diversi principali compartimenti ambientali. Questi compartimenti e gli oggetti che essi contengono sono i seguenti:

- il compartimento Atmosfera, dal quale le precipitazioni cadono e gli inquinanti vengono depositati sul compartimento Superficie Terrestre; SWMM utilizza Ietogrammi per rappresentare l'input di precipitazione al sistema e la definizione degli Inquinanti per rappresentare le caratteristiche delle sostanze oggetto dell'analisi qualitativa;
- il compartimento Superficie Terrestre, che viene rappresentato da uno o più oggetti Sottobacino; questo compartimento riceve la precipitazione dall'Atmosfera sotto forma di pioggia, invia flusso sotto forma di infiltrazione al compartimento Acque Sotterranee e, sotto forma di deflusso superficiale e carico inquinante, al compartimento Trasporto;
- il compartimento Acque Sotterranee, che riceve l'infiltrazione dalla Superficie Terrestre e trasferisce una parte di questo ingresso al compartimento Trasporto; tale compartimento viene modellato utilizzando l'oggetto Acquifero;
- il compartimento Trasporto, che contiene una rete di elementi trasportatori (canali, condotte, pompe e regolatori) e di unità di accumulo/trattamento che trasportano l'acqua sino al punto di sbocco o agli impianti di trattamento; l'acqua in ingresso a tale ambiente può provenire dal deflusso superficiale, dalle correnti sotterranee, dai reflui di scarico, o da Idrogrammi definiti dall'utente; i componenti di tale compartimento sono modellati tramite gli oggetti Nodo, Ramo, Pompa e Scaricatore.

SWMM è un modello di simulazione di tempo discreto che impiega i principi di conservazione di massa, energia e quantità di moto.

I processi fisici riprodotti ed analizzati da SWMM sono:

- deflusso superficiale;
- infiltrazione;
- flusso di acqua freatica;

- propagazione dei flussi;
- esondazione e raccolta superficiale;
- propagazione degli inquinanti.

Nel modello si sono inserite come nodi di accumulo caratterizzati da relativa equazione di invaso (livello + area) le vasche di laminazione.

9.5.1 CALCOLO DEL DEFLUSSO SUPERFICIALE

La variabilità spaziale del processo di deflusso superficiale è ottenuta considerando l'area in studio costituita da un unico sottobacino. Il sottobacino è l'unità idrologica che descrive le caratteristiche di un bacino imbrifero afferente ad un ramo della rete.

Ogni sottobacino viene diviso in sottoaree permeabili ed impermeabili e caratterizzato da uno specifico coefficiente di deflusso come riportato nel seguito.

Le acque di superficie possono infiltrarsi nella zona superiore del terreno delle sottoaree permeabili, ma non di quelle impermeabili.

Le sottoaree impermeabili vengono poi divise in due regioni, una contenente zone superficiali di depressione (che costituiscono accumuli superficiali) e l'altra priva di tali zone. Si può consentire il deflusso tra queste due regioni, oppure farle drenare entrambe al nodo di uscita del sottobacino.

Per ogni ramo viene identificato il nodo di uscita del deflusso di ogni sottobacino. Ogni superficie dei sottobacini è trattata come un serbatoio non-lineare. La portata in ingresso ad un sottobacino arriva dalle precipitazioni o da input di diversa natura.

Esistono diversi flussi in uscita da un sottobacino, dovuti ai processi d'infiltrazione, di evaporazione e di deflusso superficiale.

La capacità di ogni "serbatoio" è data dal massimo immagazzinamento nelle proprie depressioni, che è l'accumulo massimo fornito dagli avvallamenti superficiali, dagli specchi d'acqua e dall'intercettazione vegetale.

Il deflusso superficiale per unità di area (Q) avviene solo quando il livello nel "serbatoio" (d) supera il volume specifico d'invaso (dp), nel qual caso la portata viene stimata sulla base dell'equazione di Manning:

$$Q = W \cdot (1/n) \cdot (d - dp)^{5/3} \cdot S^{1/2} \quad (1)$$

dove:

- W, larghezza del sottobacino;
- n, coefficiente di scabrezza di Manning;
- dp, profondità delle zone di depressione che costituiscono accumuli superficiali;
- S, pendenza del sottobacino.

Per ogni sottobacino si può inoltre scrivere l'equazione di continuità:

$$dV / dt = A \cdot (dd / dt) = A \cdot i^* - Q \quad (2)$$

dove:

- V = A · d, volume d'acqua sul sottobacino;
- d, profondità;
- t, tempo;
- A, superficie del sottobacino;
- i* = (intensità di precipitazione - tasso di evaporazione - tasso di infiltrazione), eccesso di precipitazione;
- Q, deflusso superficiale.

Combinando la (1) e la (2) si ottiene un'equazione differenziale non lineare che può essere risolta nella variabile profondità. Tale equazione è l'equazione del serbatoio non lineare:

$$dd / dt = i^* - [W/A \cdot (1/n) \cdot (d-dp)^{5/3} \cdot S^{1/2}] = i^* - f(W, A, n, S) \cdot (d-dp)^{5/3} \quad (3)$$

L'equazione (3) viene risolta ad ogni passo temporale per mezzo di uno schema alle differenze finite (utilizzando il metodo iterativo di Newton-Raphson).

9.5.2 AREE DRENANTI E COEFFICIENTI DI DEFLUSSO

La determinazione della curva di possibilità pluviometrica non esaurisce le analisi idrologiche necessarie per l'impostazione del progetto. Da tali curve, infatti si deduce, che l'altezza di precipitazione che si verifica sul bacino per una certa durata di pioggia e con un certo livello di probabilità, cioè la quantità di pioggia in ingresso al bacino. Una parte di questa pioggia, però si perde, per effetto di una serie di fenomeni idrologici, prima di arrivare alla rete di drenaggio. Per il dimensionamento di quest'ultima sarà quindi rilevante calcolare la quantità restante di pioggia cioè la pioggia netta od efficace.

Nel presente progetto la pioggia netta è stata stimata attraverso il calcolo del coefficiente di deflusso ϕ che rappresenta il rapporto tra il volume di pioggia netta e volume di pioggia totale. Esso è funzione della tipologia di superficie (tetto, marciapiede, area verde, prato armato, ecc ...).

Il parametro percentuale è un dato di input del modello idrologico – idraulico adottato per il dimensionamento e compiutamente descritto nel seguito (DCIA – *Directly Connected Impervious Area*) pari alla percentuale di superficie impermeabile del bacino. Si è assunto che il valore del parametro DCIA per i diversi bacini drenanti presenti nel modello fosse in prima battuta pari al valore medio ponderale del coefficiente di deflusso calcolato.

9.5.3 CALCOLO DELL'INFILTRAZIONE

Il processo che maggiormente influisce sul deflusso superficiale è il processo di infiltrazione: la pioggia penetra, attraverso i terreni permeabili di un bacino, nella zona insatura del terreno.

Si definisce capacità d'infiltrazione la velocità con cui l'acqua viene sottratta dalla superficie del suolo; se l'intensità di pioggia è inferiore alla capacità d'infiltrazione, l'infiltrazione coinciderà con contrario l'infiltrazione coinciderà con la capacità di infiltrazione e l'eccesso di pioggia rispetto a questa darà luogo al deflusso superficiale.

La capacità di infiltrazione dipende: dalla tipologia del terreno, dallo stato dello strato superficiale del terreno e dallo spessore del suolo saturo.

L'equazione adottata per il calcolo della capacità d'infiltrazione è quella di Horton.

Horton ha sviluppato uno dei primi modelli per l'infiltrazione (1933), partendo dall'osservazione che la capacità di infiltrazione del terreno si riduce in modo esponenziale da un valore iniziale e massimo (f_0) ad un valore finale costante (f_∞).

L'equazione di Horton definisce quindi la capacità di infiltrazione f_p :

$$f_p = f_\infty + (f_0 - f_\infty) \cdot e^{-\alpha t}$$

dove:

- f_p , capacità di infiltrazione nel suolo (m/s);
- f_∞ , minima capacità di infiltrazione (per $t=\infty$) (m/s);
- f_0 , massima capacità di infiltrazione (per $t=0$) (m/s);
- t , tempo trascorso dall'inizio della precipitazione (h);
- α , coefficiente di decadimento (h^{-1}).

L'infiltrazione è in definitiva pari a:

$$f(t) = \min [f_p(t), i(t)]$$

essendo:

- $f(t)$, infiltrazione nel suolo (m/s);
- $f_p(t)$, capacità di infiltrazione nel suolo (m/s);
- $i(t)$, intensità di precipitazione (m/s).

Nel caso di simulazione sul lungo periodo, la capacità d'infiltrazione si rigenera durante il tempo secco, secondo la seguente relazione:

$$f_p = f_0 - (f_0 - f_\infty) \cdot e^{-\alpha d \cdot (t-t_w)}$$

dove:

- αd , coefficiente di decadimento della curva di rigenerazione (h^{-1});
- t_w , tempo di progetto ipotetico in corrispondenza del quale $f_p = f_\infty$ sulla curva di rigenerazione (h).

Quello di Horton è il metodo tipicamente utilizzato per gli eventi in cui l'intensità di precipitazione supera la capacità d'infiltrazione. Per l'area in studio non sono state considerate, a favore di sicurezza, perdite per infiltrazione.

9.5.4 CALCOLO DELL'EVAPORAZIONE

Nel codice di calcolo SWMM l'evaporazione può avvenire dalla superficie dei sottobacini afferenti ai rami della rete in esame, dagli acquiferi eventualmente considerati nell'analisi del processo afflussi-deflussi e dalle unità di accumulo eventualmente presenti lungo la rete.

Per l'area in studio non sono state considerate, a favore di sicurezza, perdite per evaporazione.

9.5.5 CALCOLO DELLA PROPAGAZIONE DEI FLUSSI

La propagazione dei flussi attraverso i condotti è governata dalle equazioni di conservazione della massa e di quantità di moto per i moti gradualmente variati non-stazionari, ovvero dalle equazioni di De Saint Venant:

$$\partial A / \partial t + \partial Q / \partial x = 0 \quad (4)$$

$$\partial Q / \partial t + \partial(Q^2/A) / \partial x + g A S \partial H / \partial x + g A Sf = 0 \quad (5)$$

dove:

- A, sezione trasversale bagnata;
- Q, portata;
- g, accelerazione di gravità;
- $H = z + h$, carico idraulico;
- z, quota dello scorrimento;
- h, tirante idrico;
- Sf, cadente piezometrica;
- t, tempo;
- x, distanza lungo l'asse del canale/condotto.

Nell'analisi del modello in studio, la propagazione del flusso nella rete fognaria è stata calcolata secondo lo schema della Onda dinamica.

Il metodo dinamico consiste nella risoluzione completa del problema di De Saint Venant (equazione del momento della quantità di moto per i condotti ed equazione di continuità del volume ai nodi) e quindi fornisce i risultati teoricamente più accurati.

Con questo metodo di calcolo è possibile rappresentare il funzionamento in pressione dei condotti, per cui la portata può superare il valore calcolato a bocca piena con l'equazione di Manning.

L'esondazione avviene quando il livello di acqua in un nodo eccede la profondità disponibile massima, per cui il flusso eccedente può essere perso dal sistema o venire accumulato per poi essere immesso nel sistema.

Con lo schema di onda dinamica è possibile rappresentare la capacità di invaso, i fenomeni di rigurgito, le perdite di carico all'ingresso ed all'uscita dei condotti, l'inversione di flusso ed il funzionamento in pressione. Poiché accoppia la soluzione dei livelli d'acqua ai nodi e delle portate nei condotti, tale metodo può essere applicato a qualsiasi rete, anche a quelle che contengono nodi con molteplici deviazioni a valle o anelli. È indicato per studiare sistemi in cui siano significativi gli effetti di rigurgito dovuti a restringimenti o in presenza di regolazioni di portata mediante scaricatori o soglie.

La potenza di questa soluzione è controbilanciata dalla necessità di utilizzare time step particolarmente ridotti, dell'ordine del minuto o anche meno (SWMM ridurrà automaticamente il time step prestabilito dall'utente, se necessario, per ottenere la stabilità numerica).

9.5.6 CALCOLO DELL'ESONDAZIONE

Come principio generale, nell'analisi eseguita dal codice SWMM, quando si eccede la capacità di trasporto del sistema a valle del nodo, l'eccesso di portata esce dal sistema e viene perso.

SWMM offre però anche un'altra possibilità: accumulare la portata al di sopra del nodo, e reintrodurla nel sistema quando la sua capacità lo permette.

9.5.7 PARAMETRI UTILIZZATI

Nel seguito si riassumono i principali parametri idrologici adottati nel presente modello:

- modello di infiltrazione: HORTON;
- coefficiente di scabrezza di Manning su suolo permeabile $0.1 \text{ m}^{-0.33} \text{ s}$;

- coefficiente di scabrezza di Manning su suolo impermeabile: $0.011 \text{ m}^{-0.33} \text{ s}$.
- coefficiente di scabrezza di Manning tubazioni plastiche PVC, PEAD: $0.011 \text{ m}^{-0.33} \text{ s}$;

9.5.8 Coefficienti di afflusso

Nella successiva tabella si riassumono le estensioni dei bacini afferenti la rete di progetto ed i relativi coefficienti di deflusso medio.

TIPOLOGIA COPERTURA	ϕ
LOTTI (AREA IMP)	0.9
AREE CORTILIVE	0.9
STRADE ASFALTATE + PISTA CICLABILE	0.9

Tabella 6: coefficienti di deflusso - modello

10 Simulazione della rete di drenaggio delle acque meteoriche

Le simulazioni idrauliche hanno sostanzialmente le seguenti finalità:

- determinare la massima portata in uscita dal comparto in progetto;
- verificare il funzionamento dei sistemi di laminazione.

10.1 Scenario 1 – ietogramma rettangolare durata 20 min – Tr 20 anni

Si è scelto di simulare la rete sollecitata da uno ietogramma rettangolare con TR=20 anni di durata 20 min.

L'altezza di precipitazione totale è pari a 30 mm, l'intensità media dello ietogramma sintetico è assunta pari a 95 mm/h.

Mediante l'utilizzo del modello di simulazione, sono stati sottoposti a verifica idraulica il manufatto di laminazione e la tubazione di scarico.

La bocca tarata è stata modellata mediante una tubazione di diametro DN 80 mm.

La condizione di valle nel punto di uscita dal sistema è di scarico libero.

10.2 Scenario 2 – ietogramma rettangolare durata 6 ore – Tr 50 anni

Si è scelto di simulare la rete sollecitata da uno ietogramma rettangolare con TR=50 anni di durata 360 min,

L'altezza di precipitazione totale è pari a 77 mm.

Mediante l'utilizzo del modello di simulazione, sono stati sottoposti a verifica idraulica il manufatto di laminazione e la tubazione di scarico.

La bocca tarata è stata modellata mediante una tubazione di diametro DN 80 mm.

La condizione di valle nel punto di uscita dal sistema è di scarico libero.

11 Analisi dei risultati del modello

11.1 Scenario 1 – ietogramma rettangolare durata 20 min – Tr 20 anni

I risultati numerici della simulazione sono riassunti nel seguito.

- la massima portata in ingresso alla vasca di laminazione è pari a 180 l/s;
- il coefficiente udometrico massimo è pari a 270 l/s ha imp;
- **la massima portata uscente dalla vasca attraverso la bocca tarata è pari a 6 l/s;**
- il massimo volume invasato nella vasca è pari a 160 mc;

Nella tabella successiva si riassumono i principali risultati del calcolo riferiti alle tubazioni di progetto. Nella tabella per i diversi tratti si mostra:

- la portata massima idrologica transitante;
- la velocità massima calcolata;
- il massimo grado di riempimento della tubazione.

**PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA – ZONA OMOGENEA C PER NUOVI
INSEDIAMENTI RESIDENZIALE N.5 - PROSPICIENTE VIA MAESTRA – COMPARTO JAHVE' SRL**

Elemento	POZ DI MONTE	POZ DI VALLE	TUBAZIONE	Pendenza ramo (m/m)	Portata di moto uniforme (m3/s)	Portata max di	Velocità max di	Livello (m)	GRADO DI RIEMPIMENTO
						(m3/s)	(m/s)		
1	P1	P2	PVC DE 500	0.00100	0.1202	0.035	0.30	0.321	68%
10	P10	R	PVC DE 160	0.00500	0.0127	0.006	0.72	0.073	49%
2	P2	P3	PVC DE 500	0.00100	0.1202	0.070	0.53	0.336	71%
29	P12	P1	PVC DE 250	0.02527	0.0942	0.014	0.60	0.148	63%
3	P3	P4	PVC DE 500	0.00100	0.1202	0.092	0.67	0.345	73%
4	P4	P5	PVC DE 500	0.00100	0.1202	0.113	0.83	0.346	74%
5	P5	P6	PVC DE 500	0.00100	0.1202	0.148	1.14	0.328	70%
6	P6	P7	PVC DE 630	0.00100	0.2204	0.166	1.19	0.299	50%
7	P11	P7	PVC DE 250	0.00200	0.0265	0.013	0.58	0.235	100%
8	P7	P8	PVC DE 630	0.00200	0.3117	0.179	1.39	0.280	47%
9	P9	P10	PVC DE 160	0.00500	0.0127	0.006	0.73	0.073	48%

Tabella 7: risultati del calcolo – tubazioni – scenario 1

Da quanto mostrato in tabella si deduce che le tubazioni sono correttamente dimensionate dato che il grado di riempimento non è mai superiore all' 80 %.

La tubazione P11 e P7 è rigurgitata dalla vasca.

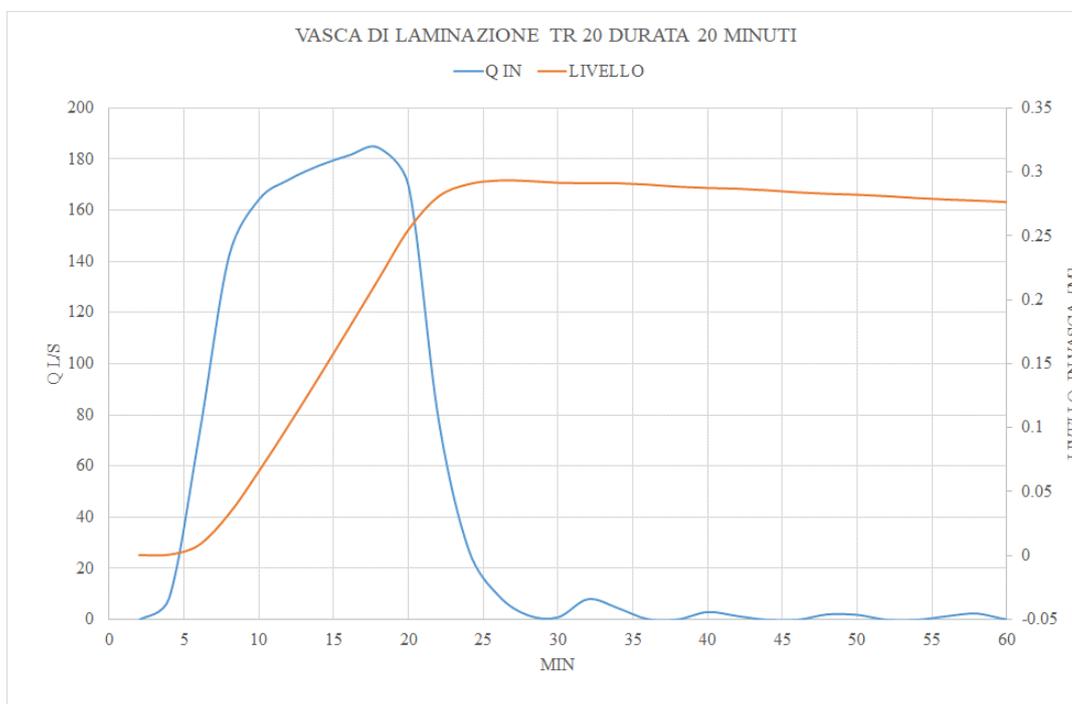


Figura 4: funzionamento idraulico vasca di laminazione– scenario n.1 Tr 20 d 20 minuti

**PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA – ZONA OMOGENEA C PER NUOVI
INSEDIAMENTI RESIDENZIALE N.5 - PROSPICIENTE VIA MAESTRA – COMPARTO JAHVE' SRL**

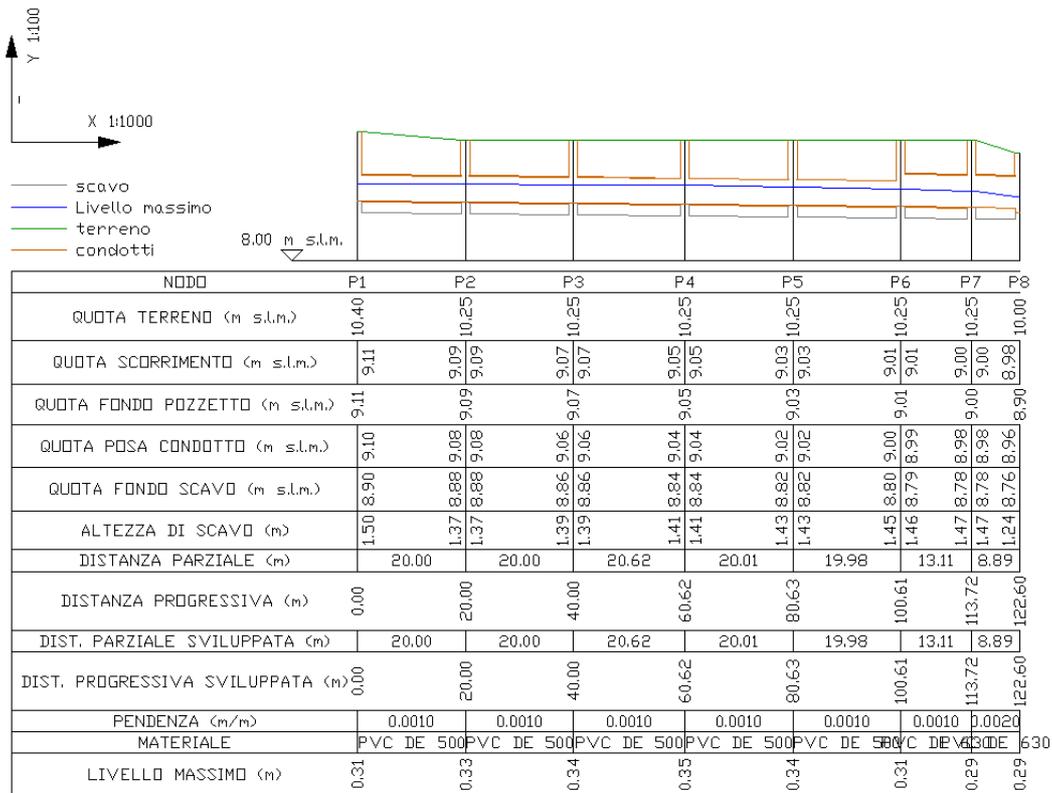


Figura 5: profilo longitudinale con indicazione massimi livelli calcolati TR 20 D 20 MIN

11.2 Scenario 2 – ietogramma rettangolare durata 360 min – Tr 50 anni

I risultati numerici della simulazione sono riassunti nel seguito.

- la massima portata in ingresso alla vasca laminazione è pari a 24 l/s;
- la massima portata uscente dalla vasca attraverso la bocca tarata è pari a 9 l/s;
- **il massimo volume invasato nella vasca di laminazione è pari a 350 mc;**
- **il livello massimo in vasca è pari a 60 cm.**

**SI RICORDA CHE IL VOLUME DI PROGETTO DELLA VASCA E' PARI A 462 MC
COME CALCOLATO DAI PARAMETRI PROPOSTI DAL CONSORZIO.**

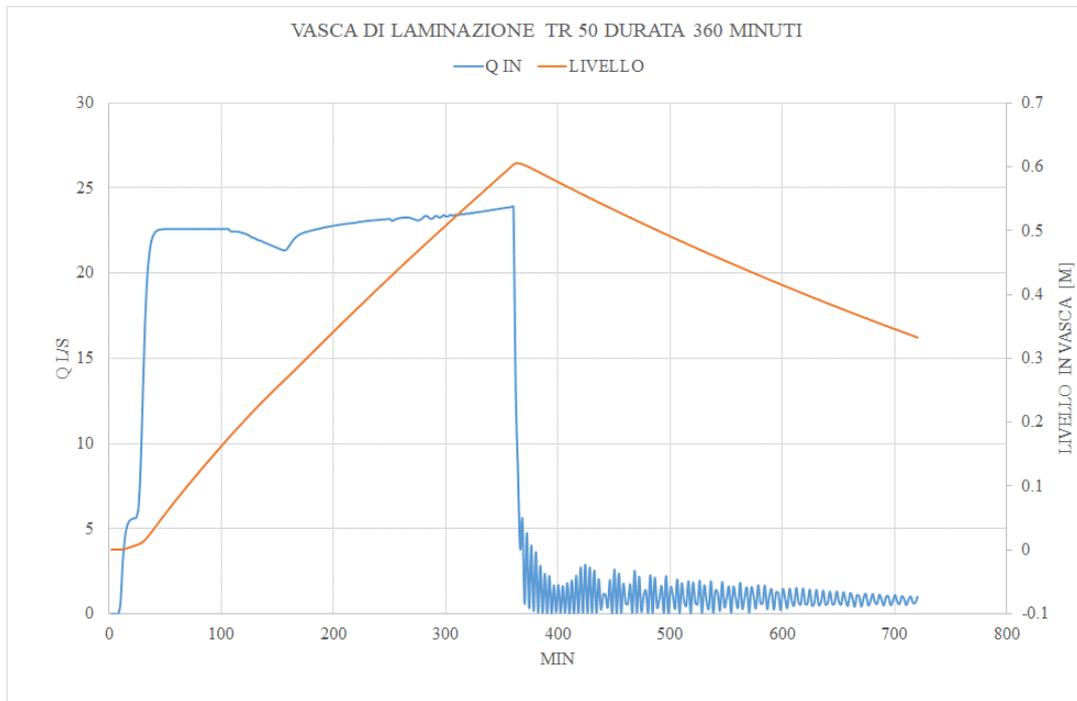


Figura 6: funzionamento idraulico vasca di laminazione– scenario n.2 Tr 50 d 360 minuti

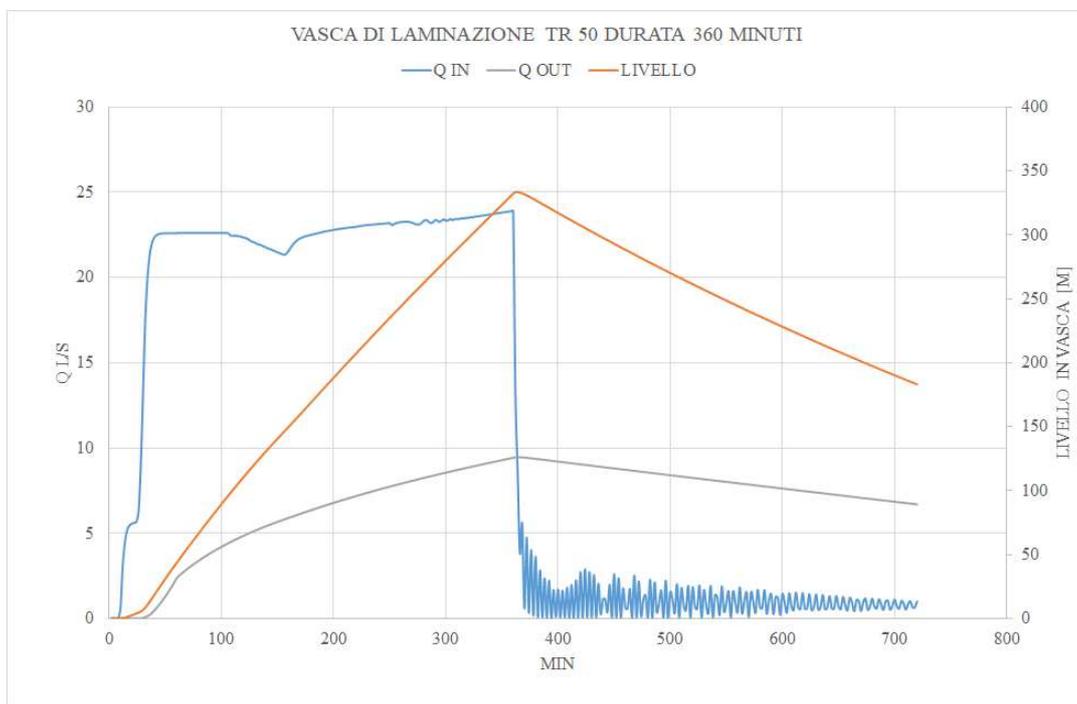


Figura 7: funzionamento idraulico vasca di laminazione– scenario n.2 Tr 50 d 360 minuti

12 Dati di progetto

Si riassumono nella tabella seguente le caratteristiche del sistema di laminazione

SUPERFICIE INTERVENTO	12500 mq
SUPERFICIE IMPERMEABILE	6600 mq
VOLUME PARAMETRICO DI LAMINAZIONE	700 mc/ha imp
VOLUME DI LAMINAZIONE	462 mc 447 mc in vasca e 15 mc in rete
SISTEMA DI LAMINAZIONE	VASCA DI LAMINAZIONE A CIELO APERTO IN AREE VERDE RIBASSATA
DIAMETRO BOCCA TARATA	8 cm
RECETTORE TERMINALE	RETE METEORICA SORGEA DI VIA SALVO D'ACQUISTO AFFERENTE IL CAVO DOGARO
FUNZIONAMENTO SISTEMA	A gravità
VERIFICHE IDRAULICHE	SWMM TR 20 E TR 50 ANNI

ALLEGATO I

PARERE CONSORZIO BURANA

**PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA – ZONA OMOGENEA C PER NUOVI
INSEDIAMENTI RESIDENZIALE N.5 - PROSPICIENTE VIA MAESTRA – COMPARTO JAHVE' SRL**



Consorzio Bonifica Burana
Modena

Partenza 2021/03418
25/02/2021



Direzione e Sede:
C.so Vittorio Emanuele II, 107 - 41121 Modena
Tel. 059 416511 – Fax 059 239063
E-mail: segreteria@consorzioburana.it
Pec: segreteria@pec.consorzioburana.it
Sito web: www.consorzioburana.it
Cod. Fisc. 94149560362

Spett.le
COMUNE DI RAVARINO
Area Tecnica Edilizia Urbanistica
Via Roma, 173
41017 Ravarino (MO)

Alla c.a. Ing. Alfredo Lubrano

sol comunediravarino@cert.comune.ravarino.mo.it

Spett.le
SORGEAQUA
Piazza Giuseppe Verdi, 6
41034 Finale Emilia (MO)

sol Alla c.a. Ing. Mirco Ferri
sorgeaqua@postecert.it

*Referente: Settore Esercizio Manutenzione Destra Panaro
Resp.: Ing. Andrea Simani
Tecnico istrutt.: Geom. Flavio Morselli*

Protocollo N. 0001930/2021 del 25/02/2021

OGGETTO: Deposito del Piano Particolareggiato di iniziativa privata denominato "Jahve" relativo all'area destinata a nuovi insediamenti residenziali ricompresa tra via Maestra e via Canaletto, ai sensi della L.R. 47/1978, della L.R. 20/2000 e della 24/2017.

Corso d'acqua pubblica "Cavo Dogaro di Ravarino". Parere di competenza.

Con riferimento alla richiesta di questo Spett.le Comune avente prot. n. 1377 del 10/02/2021, acquisita agli atti dello scrivente Consorzio con prot. n. 2344 del 11/02/2021, a seguito alla verifica della documentazione ricevuta, si evidenzia che, visti gli elaborati non risulta possibile emettere parere di competenza, in quanto sono assenti gli elaborati per la gestione delle acque meteoriche e per il sistema di laminazione. Siamo con la presente a richiedere le seguenti integrazioni:

- l'intervento di cui all'oggetto ricade nel bacino del Canale di bonifica denominato "Cavo Dogaro di Ravarino" e deve recapitare le acque bianche totalmente nel Canale stesso senza alterarne il regime idraulico;
- le acque derivanti dal progetto di nuova lottizzazione residenziale dovranno quindi afferire come ricettore ultimo nel Cavo Dogaro di Ravarino, posizionato a nord-est rispetto all'intervento (come evidenziato in allegato per via mail);
- bisognerà indicare e dimensionare in modo chiaro le superfici permeabili e quelle non permeabili per determinare la dimensione minima della vasca di laminazione ed il dimensionamento della bocca tarata;

- risulta necessario integrare il progetto con tavole dedicate per la parte idraulica dove dovranno essere rappresentate le quote di scorrimento, sezioni della vasca di laminazione, particolari costruttivi relativi alla bocca tarata, particolari costruttivi tubazioni in ingresso ed in uscita dalla vasca di laminazione e di ogni altro dettaglio utile alla comprensione del funzionamento del sistema di laminazione;
- tutte le acque prima di essere recapitate nel recettore finale dovranno essere laminate;
- In uscita dal sistema di laminazione non potrà esistere alcun manufatto di “troppo pieno” che vada ad aggravare il territorio esterno all’intervento proposto, prima che le acque raccolte vengano opportunamente laminate;

Per eventuali chiarimenti o maggiori approfondimenti in merito si potrà far riferimento ai Tecnici presenti presso la Sede consorziale di San Giovanni in Persiceto (tel.051.6875211).

Distinti saluti.


IL PRESIDENTE
(*Francesco Finenzi*)

ALLEGATO II

REPORT CALCOLO SIMULAZIONI SWMM