





# CENTRALE DI STOCCAGGIO GAS DI MINERBIO (BO)

## INSTALLAZIONE UNITÀ ELCO-EC8

OPERE ELETTRICHE UTENTE


### Relazione Idrologica e Idraulica

EX-DE	01	19/12/2022	Emissione per Enti	V. Bertucci (GREEN&GREEN)	Antonucci	Carbonari	STOGIT
EX-DE	00	30/11/2022	Emissione per Enti	V. Bertucci (GREEN&GREEN)	Antonucci	Carbonari	STOGIT
<b>Stato di Validità</b>	<b>Numero Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Preparato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>	<b>Approvato Committente</b>
<b>Indice di revisione</b>							
Logo e Denominazione Commerciale Committente 				Nome del Progetto <b>Installazione Unità ELCO- EC8</b>	Identificativo Committente 016708DALB34615 Commessa N. NS/21030/I01		
Logo e Denominazione Commerciale Progettista 					Identificativo Progettista 08-CI-E-11000 Commessa N. 023119		
Logo e Denominazione Commerciale Fornitore 					Codice Fornitore CS21SPM001004 Ordine N 1368279		
Nome Infrastruttura <b>Centrale di Stoccaggio Gas di Minerbio</b>			Ubicazione <b>Minerbio (BO)</b>	Scala n.a.	Foglio di Fogli 1 /47		
Titolo Documento  <b>Relazione Idrologica e Idraulica</b>				Sostituisce il N.		Sostituito dal N.	
				Area Impianto n.a.	Unità di Impianto 08		

<b>Logo e Denominazione Commerciale</b>  <b>Committente</b> <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b>  016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b>  08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b>  2 / 47
			<b>Stato di</b>	<b>N.</b>	
			<b>Validità</b>	<b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE CLIMATICA DELL'AREA DI INTERVENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE: BACINO DEL FIUME RENO .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>DATI IDROLOGICI DISPONIBILI .....</b>	<b>9</b>
4.1	STAZIONI DI RIFERIMENTO E DATI DI PIOGGIA.....	9
<b>5</b>	<b>ANALISI DEI DATI DI PIOGGIA .....</b>	<b>13</b>
5.1	DISTRIBUZIONE STATISTICA DI GUMBEL.....	13
<b>6</b>	<b>METODI PER IL CALCOLO DELLE PORTATE DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>15</b>
6.1	METODO RAZIONALE .....	15
6.2	METODO CN - SCS .....	17
<b>7</b>	<b>ANALISI IDRAULICA E VERIFICA DELLE AREE ESONDABILI.....</b>	<b>20</b>
7.1	INDIVIDUAZIONE DEI BACINI DI INTERESSE .....	21
7.2	CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE .....	22
<b>8</b>	<b>STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO E VERIFICA DELLA AREE ESONDABILI .....</b>	<b>23</b>
8.1	PORTATA DI PROGETTO: METODO RAZIONALE .....	23
8.2	VERIFICA DELLE AREE ESONDABILI: METODO RAZIONALE .....	25
8.3	PORTATA DI PROGETTO: METODO S.C.S.....	28
8.4	VERIFICA DELLE AREE ESONDABILI: METODO S.C.S.....	30
<b>9</b>	<b>PREDIMENSIONAMENTO RETE DI DRENAGGIO.....</b>	<b>34</b>
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>46</b>

<b>Logo e Denominazione Commerciale</b> <b>Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b>  016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b>  08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b>  3 / 47
			<b>Stato di</b>	<b>N.</b>	
			<b>Validità</b>	<b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

## 1 PREMESSA

Il presente documento ha lo scopo di valutare la situazione idrologica e idraulica del progetto relativo alla realizzazione della sottostazione elettrica utente 132/15 kV richiesta per l'alimentazione di un nuovo compressore elettrico che la società STOGIT S.p.A. ha in programma di installare nella centrale di stoccaggio gas di Minerbio situata nel territorio comunale di Minerbio (BO), e la realizzazione dei collegamenti in cavo AT ed MT.


Nello specifico la soluzione tecnica minima generale (STMG) fornita da Terna S.p.A. alla società STOGIT S.p.A. (codice pratica 202001169), per l'alimentazione del nuovo compressore (unità di consumo), si riferisce alla connessione in rete (RTN) dell'unità di consumo da 27 MW della società STOGIT S.p.A., da collegare in antenna a 132 kV con la stazione elettrica (SE) RTN 132 kV da inserire in doppio entra-esce alle linee RTN a 132 kV "Mezzolara – Focomorto CP" e "Altedo – Colunga", previa realizzazione delle opere di cui all'intervento 307P del Piano di Sviluppo Terna.

## 2 CARATTERIZZAZIONE CLIMATICA DELL'AREA DI INTERVENTO

A livello climatico il comune di Minerbio è caratterizzato da estati calde e prevalentemente serene e inverni molto freddi e parzialmente nuvolosi. Durante l'anno, la temperatura in genere va da 0 °C a 31 °C ed è raramente inferiore a -4 °C o superiore a 35 °C.

La *stagione calda* dura 3,2 mesi, dal 6 giugno al 12 settembre, con una temperatura giornaliera massima oltre 26 °C. Il mese più caldo dell'anno è *luglio*, con una temperatura media massima di 31 °C e minima di 19 °C.

La *stagione fredda* dura 3,2 mesi, da 20 novembre a 27 febbraio, con una temperatura massima giornaliera media inferiore a 11 °C. Il mese più freddo dell'anno è *gennaio*, con una temperatura media massima di -0 °C e minima di 6 °C.

<b>Logo e Denominazione Commerciale</b> <b>Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b>  016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b>  08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b>  4 / 47
			<b>Stato di</b> <b>Validità</b>	<b>N.</b> <b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

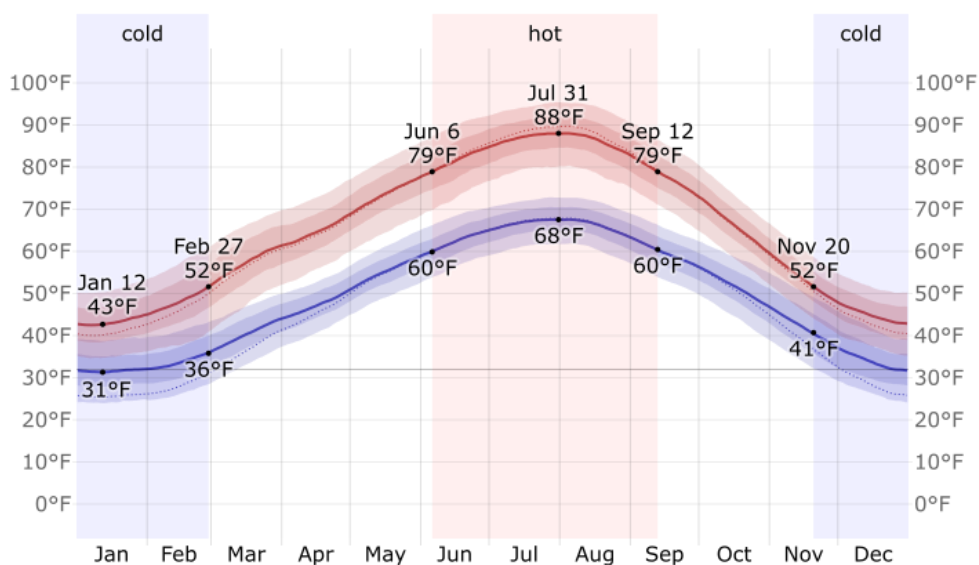


Figura 1 - La temperatura massima (riga rossa) e minima (riga blu) giornaliere medie, con fasce del 25° - 75° e 10° - 90° percentile. Le righe sottili tratteggiate rappresentano le temperature medie percepite (Fonte: <https://it.weatherspark.com/y/69172/Condizioni-meteorologiche-medie-a-Minerbio-Italia-tutto-l'anno>).

La figura qui di seguito mostra una distribuzione compatta delle temperature medie orarie per tutto l'anno. L'asse orizzontale rappresenta il giorno dell'anno, l'asse verticale rappresenta l'ora del giorno, e il colore rappresenta la temperatura media per quell'ora e giorno.

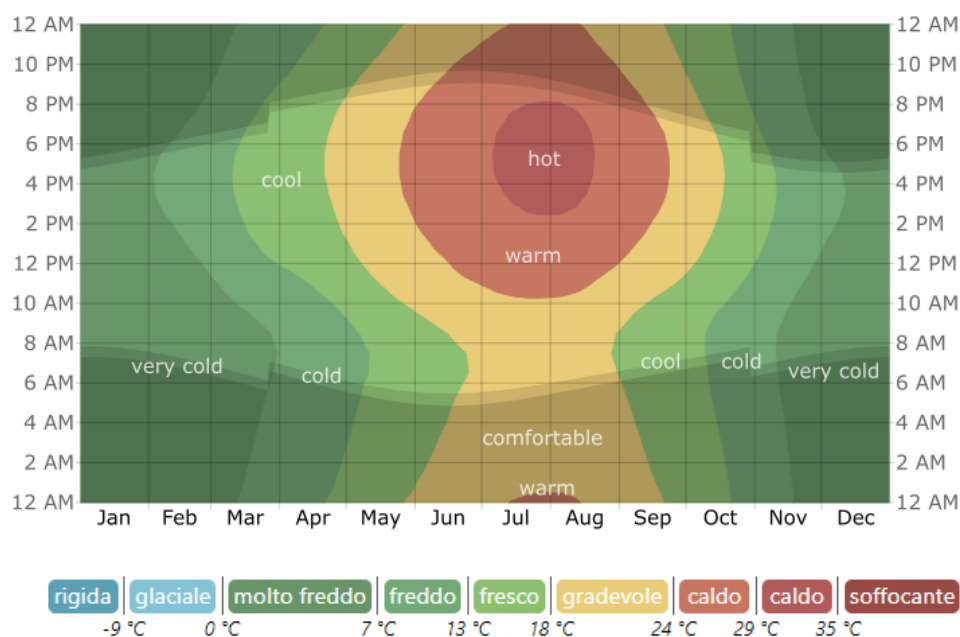



Figura 2 - La temperatura oraria media, con fasce di diversi colori. L'ombreggiatura indica la notte e il crepuscolo civile (Fonte: <https://it.weatherspark.com/y/69172/Condizioni-meteorologiche-medie-a-Minerbio-Italia-tutto-l'anno>).

<b>Logo e Denominazione Commerciale</b> <b>Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b> 016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b> 08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b> 5 / 47
			<b>Stato di</b>	<b>N.</b>	
			<b>Validità</b>	<b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

Per quanto riguarda le precipitazioni, La stagione *più piovosa* dura *8,2 mesi*, dal *27 marzo* al *2 dicembre*, con una probabilità di oltre *22%* che un dato giorno sia piovoso. Il mese con il maggiore numero di giorni piovosi a Minerbio è *aprile*, con in media *8,2 giorni* di almeno *1 millimetro* di precipitazioni.

La stagione *più asciutta* dura *3,8 mesi*, dal *2 dicembre* al *27 marzo*. Il mese con il minor numero di giorni piovosi a Minerbio è *gennaio*, con in media *5,3 giorni* di almeno *1 millimetro* di precipitazioni.

Fra i giorni piovosi, si fa differenza fra giorni con *solo pioggia*, *solo neve*, o un *misto* dei due. Il mese con il numero maggiore di giorni di *solo pioggia* è *aprile*, con una media di *8,2 giorni*. In base a questa categorizzazione, la forma più comune di precipitazioni durante l'anno è *solo pioggia*, con la massima probabilità di *28%* il *20 aprile*.

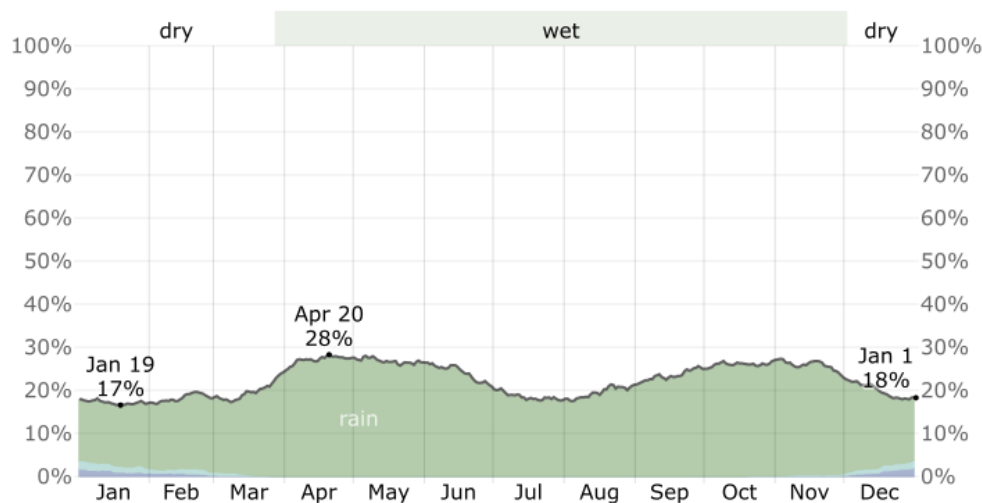



Figura 3 - Probabilità giornaliera di precipitazioni (Fonte: <https://it.weatherspark.com/y/69172/Condizioni-meteorologiche-medie-a-Minerbio-Italia-tutto-l'anno>).

Dall'immagine che segue si può notare che la pioggia cade in tutto l'anno. Il mese con la maggiore quantità di pioggia è *ottobre*, con piogge medie di *67 millimetri*. Il mese con la minore quantità di pioggia è *gennaio*, con piogge medie di *27 millimetri*.

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  016708DALB34615	<b>Identificativo documento Progettista</b>  08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  6 / 47
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
			EX-DE	01	

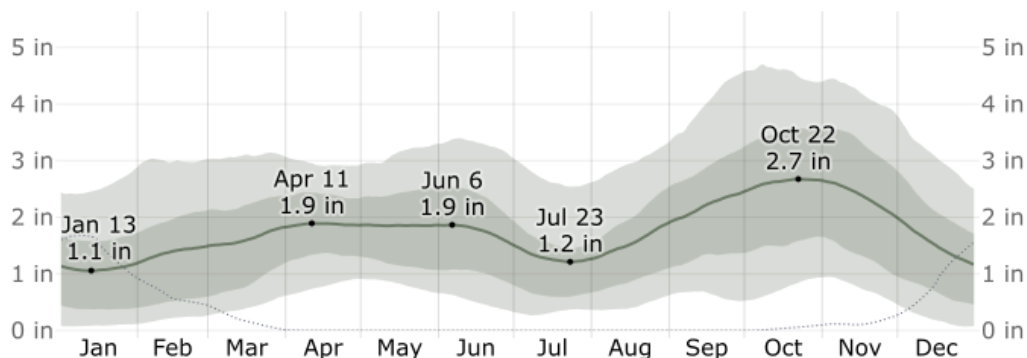


Figura 4 - Precipitazioni mensili medie (Fonte: <https://it.weatherspark.com/y/69172/Condizioni-meteorologiche-medie-a-Minerbio-Italia-tutto-l'anno>).

### 3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE: BACINO DEL FIUME RENO

Come riportato nell'immagine a seguire l'area oggetto dell'intervento ricade all'interno del bacino del fiume Reno.

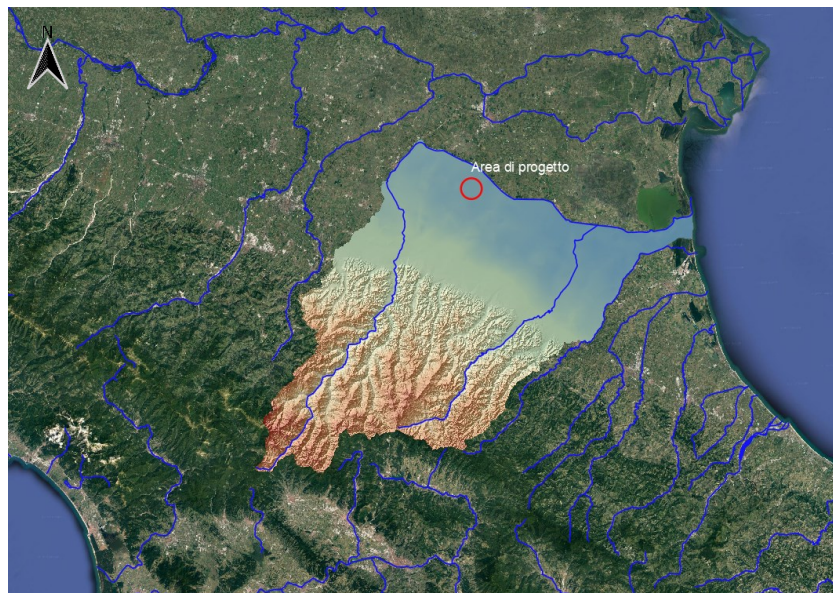



Figura 5 - Inquadramento del bacino del Reno e dell'area interessata dal progetto

Il bacino del Reno si estende per un'area totale di 5040 km<sup>2</sup>, dall'Appennino emiliano-romagnolo alla pianura fino alla costa adriatica. Con una lunghezza dell'asta principale di circa 211 km, il fiume Reno è il più lungo fiume dell'Emilia-Romagna dopo il Po; inoltre è il maggiore per

<b>Logo e Denominazione Commerciale</b> <b>Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b>  016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b>  08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b>  7 / 47
			<b>Stato di</b>	<b>N.</b>	
			<b>Validità</b>	<b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

superficie di bacino e portata d'acqua media alla foce fra i corsi d'acqua che sfociano nell'Adriatico a sud del Po.

Con uno sviluppo di 124 km di arginature (fra le più alte e imponenti della pianura padana), il sistema idraulico del Reno è stato modificato: da affluente di destra del Po è stato trasformato in un corso d'acqua dal bacino indipendente. Le sue acque sono state deviate in canali artificiali, come lo Scolmatore di Reno (Cavo Napoleonico), il Canale di Reno (nel tratto successivo in uscita dalla città di Bologna chiamato Canale Navile), e il Canale di Savena (poi denominato "Savena abbandonato" in quanto scorre nell'alveo che era del fiume Savena fino alla sua immissione nell'Idice). Questi ultimi, derivando rispettivamente le acque dallo stesso Reno (alla Chiusa di Casalecchio) e dal Savena (alla Chiusa di San Ruffillo), le restituiscono al Reno nel suo tratto di pianura.

Nella pianura l'attuale rete idrografica del Fiume Reno e dei suoi affluenti è il risultato di una serie di trasformazioni attuate con grandi interventi di bonifica e di difesa idraulica. Tale evoluzione storica ha determinato nel corso dei secoli un radicale cambiamento del territorio compreso fra le provincie di Bologna, Ferrara e Ravenna, e i corsi d'acqua, superata la Via Emilia, scorrono all'interno di arginature artificiali portando le acque verso il mare.

Si può affermare che, complessivamente, il Reno è un corso d'acqua sfruttato intensivamente per vari scopi (potabile, irriguo, industriale, ecc.) e che costituisce una risorsa idrica fondamentale per le zone che attraversa, peraltro densamente abitate e industrializzate.

Scendendo più nel dettaglio, si può notare la fitta rete di canali artificiali che caratterizza la zona interessata dall'intervento:




<b>Logo e Denominazione Commerciale</b> <b>Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b>  016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b>  08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b>  8 / 47
			<b>Stato di</b> <b>Validità</b>	<b>N.</b> <b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	



Figura 6 - Inquadramento del layout di progetto e degli elementi idrici della zona

In particolare, l'area interessata dalla sottostazione, si trova in prossimità di due elementi idrici, lo scolo Fossadone, a ovest della zona di interesse, e il canale allacciante a sud. Quest'ultimo in particolare è un importante canale di bonifica della provincia di Bologna caratterizzato da un flusso molto lento e ha la funzione di raccogliere le acque di scolo dei campi che lambisce.

Di seguito si riporta un inquadramento di dettaglio della zona:




<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  016708DALB34615	<b>Identificativo documento Progettista</b>  08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  9 / 47
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
			EX-DE	01	




Figura 7 - Inquadramento degli elementi idrici 'scolo Fossadone' e 'canale allacciante' (in blu)

## 4 DATI IDROLOGICI DISPONIBILI

L'analisi statistica degli estremi idrologici è stata condotta partendo innanzitutto dalla ricerca e dalla modellazione dei dati idrologici disponibili, effettuata scegliendo le stazioni di riferimento e analizzando le serie storiche collezionate. In particolare, come sarà possibile vedere nel seguito, tra le stazioni presenti all'interno dell'area, le serie storiche a cui si è fatto riferimento sono quelle che contenevano le altezze massime di pioggia cadute ogni anno in occasione di eventi di durata pari a 1h, 3h, 6h, 12h e 24h, per il bacino di interesse.

### 4.1 Stazioni di riferimento e dati di pioggia

Per l'analisi delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica sono stati utilizzati i dati relativi

<b>Logo e Denominazione Commerciale</b> <b>Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b>  016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b>  08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b>  10 / 47
			<b>Stato di</b> <b>Validità</b>	<b>N.</b> <b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

alla stazione di Malalbergo. I dati disponibili coprono il periodo 1931-2012 per un totale di 77 anni (4 anni mancanti).

La Figura 8 mostra la posizione della stazione di Malalbergo rispetto a Minerbio. La zona considerata è caratterizzata da assenza di orografia e gradienti orizzontali: la stazione di Malalbergo è pertanto ritenuta altamente rappresentativa della pluviometria di Minerbio.

In Tabella 1 sono riportati i dati dei massimi di pioggia (in mm) misurati negli anni 1931-2012.

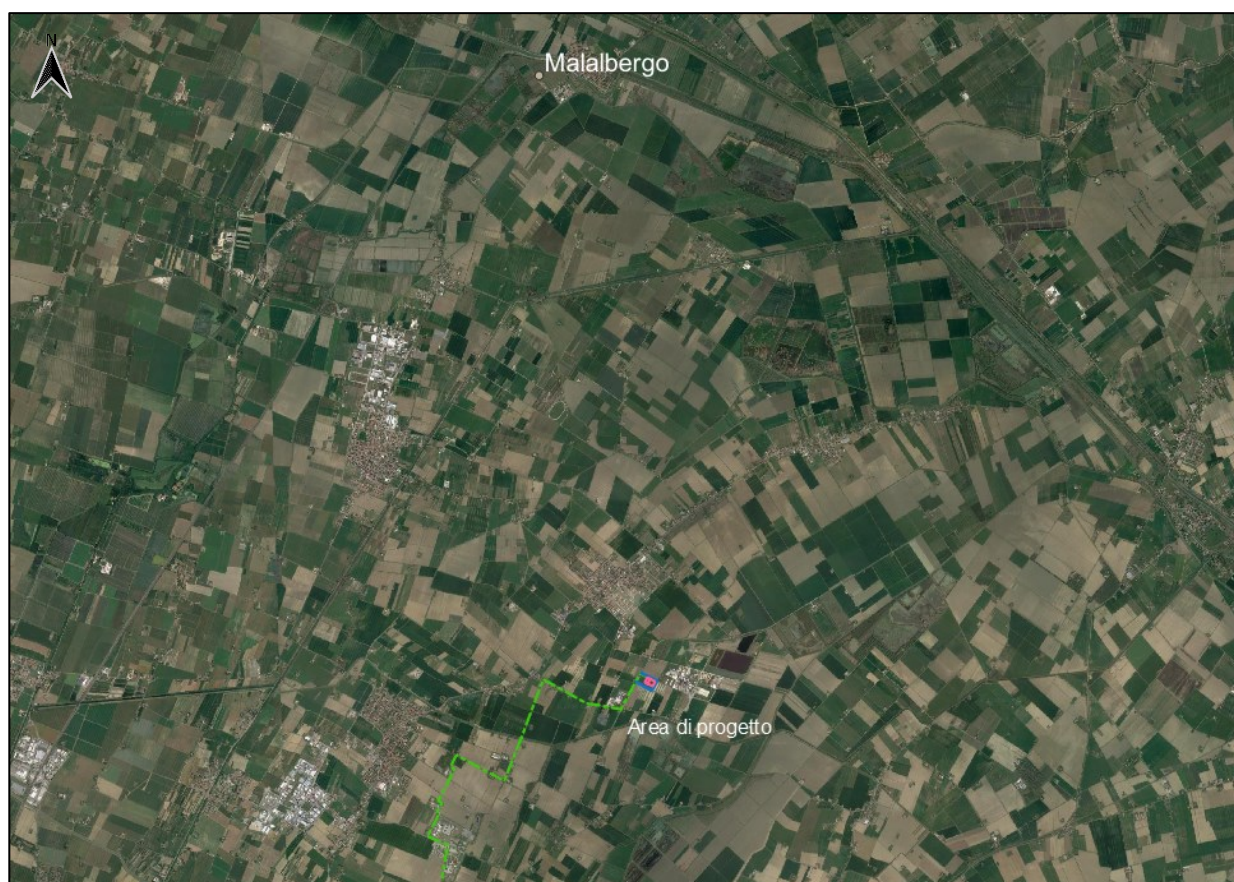


Figura 8 - Posizione della stazione pluviometrica di Malalbergo



<b>Logo e Denominazione Commerciale</b>  <b>Committente</b> <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b> 016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b> 08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b> 11 / 47
			<b>Stato di</b>	<b>N.</b>	
			<b>Validità</b>	<b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	


Tabella 1 - Valori massimi di precipitazione per durate pari a 1, 3, 6, 12 e 24 ore rilevate nella stazione di Malalbergo

Anno	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1931	20.6	25.6	26.2	26.4	34.4
1932	20	34	40.8	41.6	56.6
1933	20.8	24.4	24.4	29.2	39
1934	27	42	51.6	54.4	56.8
1935	14.4	19.4	25.4	43.4	46.6
1936	14	15.6	26.6	30	49
1937	45.4	46.6	46.8	54	65.2
1939	28.4	29.6	29.6	40.2	54.8
1940	20.8	36.6	47.2	47.8	61.4
1941	14.2	15.2	16.6	27.2	35.2
1944	20	20.4	20.4	30.2	35.8
1947	21.4	21.8	28.4	38.6	39.8
1948	18.6	18.6	18.8	33.2	42.6
1949	17.8	21.8	28.8	34.4	60.2
1950	18.2	19.8	25	34.6	39.4
1951	25.6	28	39.6	70.6	93.4
1952	30	41.6	41.6	42.6	53
1953	23	23	25.4	39.2	55.6
1954	20	22.6	22.8	29.6	40.4
1955	32.6	33	33	33	36.8
1956	28.4	28.4	29.6	48.4	49.4
1957	20	26.2	29	29.2	35
1958	44	49.4	53.4	54.4	63.2
1959	32	33.8	53.2	68.2	88.4
1960	40	65	89.4	102.6	112.6
1961	28.4	35.4	41.2	42.4	42.4
1962	25.2	28.4	39	39.8	39.8
1963	21	24.2	24.8	36.4	41.8
1964	15.6	21.8	40	48.4	49
1965	18.6	19.6	28	30.6	35
1966	30	57	69.6	74.8	101
1967	24.2	26.6	43.6	49.2	50.2
1968	22.8	23.4	27	34	44.6
1969	19.2	20.4	31	38.6	38.8
1970	22.4	23.4	25.2	33	40
1971	20.6	20.6	20.8	21.4	22.4
1972	20.4	23.2	27.4	37.2	41.8
1973	20.6	23.6	47.4	63.6	82



<b>Logo e Denominazione Commerciale</b>  <b>Committente</b> <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b> 016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b> 08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b> 12 / 47
			<b>Stato di</b>	<b>N.</b>	
			<b>Validità</b>	<b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

1974	36.2	47.2	58.2	84.6	86.8
1975	30	39.2	39.2	39.2	44
1976	18	22.2	27	45	66.2
1977	16	25.6	35.8	36.6	50
1978	19.4	31.6	32.6	51.6	71.8
1979	18.8	27.2	50.4	75	85.4
1980	16	18.8	24.4	34	54.2
1981	21.4	29.2	35	38.2	52.8
1982	28.4	29.2	38.4	44.2	45.4
1983	21	23.2	23.2	30	46
1984	17.6	23	25	33	54.2
1985	13.8	14.4	22.4	23.2	33.4
1986	20.6	27.6	35.2	35.2	38
1987	18	26.4	30	35.2	45.6
1988	19.6	36.2	52.4	54.4	57.8
1989	31.2	41.4	50.2	59.4	64.2
1990	24.8	25.8	28.8	55	59.6
1991	13.2	17.8	31	35.2	39.6
1992	13	21.2	25.8	28.2	42.4
1993	9.4	16.8	26.2	29	32.6
1994	26.8	41.2	52.6	53.2	56
1995	13.2	27.6	34.2	37	53.2
1996	22.4	40.6	55.4	68.2	95.4
1997	10	13.2	23	26.6	32.4
1998	22.6	36.2	43.4	44	59.2
1999	16.8	19.8	23.6	28.2	31.8
2000	29.8	35	35	46.2	49.6
2001	42	64	69.4	77	80.2
2002	22.8	26.8	39.8	40.2	43.6
2003	20	22.2	31.6	48.4	48.8
2004	14.4	25.2	33.6	44	52.6
2005	23.6	32.2	35.4	50.6	58
2006	17.8	31.2	31.6	31.6	40
2007	16	23.8	25	38	42.6
2008	42.8	49.4	57.8	58.2	77.2
2009	18.2	32.4	37.8	38.2	43
2010	15.2	21.8	31	44.8	45
2011	14	19.8	21.4	23.2	35.6
2012	14.2	18.6	24.8	34	49.4

<b>Logo e Denominazione Commerciale</b>  <b>Committente</b> <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b> 016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b> 08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b> 13 / 47
			<b>Stato di</b> <b>Validità</b>	<b>N.</b> <b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

## 5 ANALISI DEI DATI DI PIOGGIA

L'analisi statistica degli estremi idrologici è stata condotta secondo l'approccio del metodo di Gumbel.

### 5.1 Distribuzione statistica di Gumbel

Le serie di dati disponibili per la stazione di Malalbergo dal 1931 al 2012 corrispondenti ad eventi di massima intensità per durate di 1h, 3h, 6h, 12h, 24h sono state elaborate statisticamente per calcolare, per ciascuna durata considerata, i percentili corrispondenti a diversi periodi di ritorno (10, 20, 30, 50, 100, 200 e 500 anni).

Nel dettaglio, con i dati ( $x_i$ ) disponibili per ogni durata di interesse (1h, 3h, 6h, 12h, 24h), sono stati valutati i parametri della distribuzione  $\alpha$  e  $u$  attraverso le relazioni:

$$\alpha = \frac{\sqrt{6} \cdot s}{\pi}; \quad u = m - 0.5772\alpha$$

Dove  $m$  e  $s$  sono la media e la deviazione standard della serie contenente i valori massimi di precipitazione nelle serie temporali considerate.

Successivamente si calcolano i percentili di Gumbel applicando la formula seguente in funzione dei parametri  $\alpha$  e  $u$  e del tempo di ritorno ( $T$  in anni):

$$x = u + \alpha \left[ -\ln \left[ \ln \left[ \frac{T}{T-1} \right] \right] \right]$$

I risultati ottenuti sono stati raccolti nella tabella seguente:




<b>Logo e Denominazione Commerciale</b> <b>Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b> 016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b> 08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b> 14 / 47
			<b>Stato di</b> <b>Validità</b>	<b>N.</b> <b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

Tabella 2 - Altezze di pioggia [mm] calcolate per diverse durate e diversi periodi di ritorno

Tr [anni]	1 ora (mm)	3 ore (mm)	6 ore (mm)	12 ore (mm)	24 ore (mm)
10	32.4	42.8	52.9	63.2	75.7
20	36.8	48.9	60.4	71.8	85.7
30	39.3	52.4	64.6	76.7	91.4
50	42.4	56.7	70.0	82.9	98.6
100	46.6	62.6	77.3	91.3	108.3
200	50.9	68.5	84.5	99.6	117.9
500	56.4	76.2	94.0	110.5	130.7

I risultati dell'elaborazione statistica dei dati di pioggia oggetto della presente trattazione sono stati espressi sotto forma di *curve di probabilità pluviometrica*, rappresentate in forma esponenziale secondo la seguente espressione:

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

Dove  $h$  è l'altezza di pioggia espressa in millimetri,  $a$  è un coefficiente espresso in mm/ora che determina la dipendenza della relazione al tempo di ritorno  $T_r$ ,  $t$  è la durata della pioggia espressa in ore ed  $n$  un parametro di forma non dipendente dal tempo di ritorno.

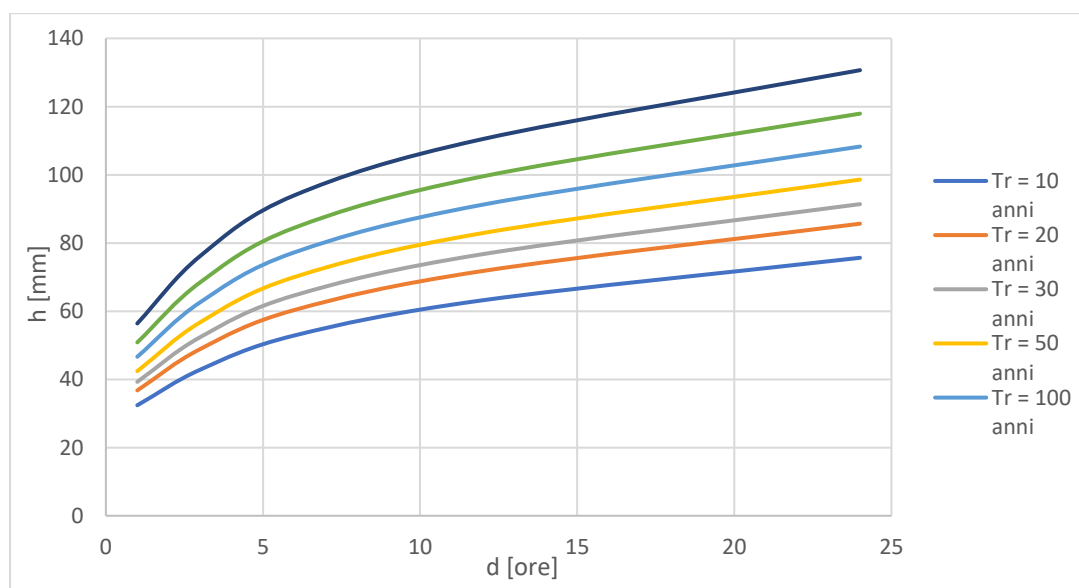


Figura 9 - Curve di possibilità pluviometrica ottenute dall'applicazione del metodo di Gumbel


<b>Logo e Denominazione Commerciale</b>  <b>Committente</b> <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b> 016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b> 08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b> 15 / 47
			<b>Stato di</b>	<b>N.</b>	
			<b>Validità</b>	<b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

Tabella 3 - Parametri delle curve di possibilità pluviometrica per diversi periodi di ritorno

Tr [anni]	a	n
10	32.304	0.269
20	36.785	0.2681
30	39.363	0.2677
50	42.586	0.2672
100	46.933	0.2667
200	51.263	0.2663
500	56.977	0.2658

## 6 METODI PER IL CALCOLO DELLE PORTATE DI RIFERIMENTO

La stima della portata di piena per un assegnato tempo di ritorno viene condotta attraverso l'impiego di modelli afflussi-deflussi che trasformano l'input pluviometrico in deflusso superficiale.


Tra i modelli afflussi-deflussi disponibili in letteratura si farà riferimento in particolare a due metodi che trovano ampia diffusione a livello nazionale e internazionale:

- Il *Metodo Razionale*, che rappresenta a livello nazionale la formulazione più utilizzata a livello operativo per la stima della portata al colmo in bacini idrografici di piccola e media dimensione
- Il metodo proposto dal Soil Conservation Service americano [1972], nel seguito indicato come *Metodo S.C.S.*

### 6.1 Metodo Razionale

Il modello razionale ipotizza una pioggia costante nel tempo ed uniforme nello spazio, avente un'altezza  $h'_{T_c}$  (mm) ed una durata pari al tempo di corrivazione  $T_c$  (ore) del bacino. Si suppone inoltre che a tale precipitazione consegua un idrogramma triangolare con durata pari a  $2 \cdot T_c$ . La portata al colmo  $Q$  vale di conseguenza:

$$Q = \frac{\varphi \cdot h'_{T_c} \cdot A}{3.6 \cdot T_c}$$

<b>Logo e Denominazione Commerciale</b>  <b>Committente</b> <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b> 016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b> 08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b> 16 / 47
			<b>Stato di</b>	<b>N.</b>	
			<b>Validità</b>	<b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

Dove A è l'area del bacino in km<sup>2</sup> e φ il coefficiente di deflusso, che stabilisce la quota di afflusso meteorico efficace ai fini del deflusso superficiale.

Per l'applicazione del metodo razionale è necessario specificare l'intensità di pioggia di assegnato tempo di ritorno con durata pari al tempo di corrivazione del bacino.

Tale intensità può essere valutata a partire dalla curva di possibilità pluviometrica da stimare in relazione al sito cui la verifica si riferisce.

La determinazione dei coefficienti di deflusso è di fondamentale importanza e si può svolgere secondo diversi approcci. Si può avere una prima valutazione approssimativa dei coefficienti di deflusso da indicazioni di letteratura. In generale, i coefficienti di deflusso sono un elemento altamente soggettivo e dipendente dalle scelte fatte dal progettista, anche se esistono riscontri sperimentali che individuano il range dei valori plausibili. La rilevanza dei coefficienti di deflusso ai fini della stima delle portate richiama l'attenzione sul fatto che occorre una valutazione esperta caso per caso. In assenza di indicazioni specifiche, è stato adottato un coefficiente di deflusso pari a 0,7.

Altro parametro fondamentale è il tempo di corrivazione definito come il "tempo necessario ad una particella di acqua per raggiungere la sezione di chiusura del bacino lungo il percorso idraulicamente più lungo"; nel metodo cinematico tale tempo è indipendente dalla forma del bacino e della sua rete drenante: quindi, più che grandezza fisica, esso ha un significato modellistico di parametro di taratura.

Per il calcolo di questo parametro è stata adottata la formula di Kirpich la quale, ha dato risultati più vicini alla realtà rispetto ad altre formule esaminate:


$$T_c = 0.95 \frac{L^{1.135}}{d^{0.385}}$$

$T_c$  espresso in ore;

L: lunghezza dell'asta principale estesa fino allo spartiacque (km);

A: estensione bacino idrografico (kmq);

d: dislivello tra il punto di spartiacque e quello terminale del corso d'acqua, espresso in metri.

<b>Logo e Denominazione Commerciale</b> <b>Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b>  016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b>  08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b>  17 / 47
			<b>Stato di</b> <b>Validità</b>	<b>N.</b> <b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

## 6.2 Metodo CN - SCS

Questo metodo, messo a punto dal Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti [Soil Conservation Service, S.C.S.], nel 1972, è una procedura con ampia diffusione in ambiente americano e che consente la ricostruzione delle piene in bacini idrografici di superficie medio piccola, in genere non superiore a 20-30 km<sup>2</sup>. Il metodo, noto anche come metodo "del numero di curva" dalla denominazione inglese di Curve Number, terminologia che deriva dal simbolo usato per la sua parametrizzazione, consente sia la determinazione del volume della piena e della sua portata al colmo sia, qualora di interesse, la completa ricostruzione dell'idrogramma.

La procedura di calcolo che viene prevista dal metodo in trattazione viene illustrata nei seguenti passaggi, sintetizzati per punti:

- Stima del Curve Number, relativo a condizioni di elevata umidità (CN(III)), utilizzando la seguente formula:

$$CN(III) = \frac{CN(II)}{(0.43 + 0.0057 \cdot CN(II))}$$

Dove:

CN(II) = Curve Number, relativo a condizioni di umidità media, desumibile dalla seguente tabella in funzione di diversi tipi di suolo e copertura:


<b>Logo e Denominazione Commerciale</b> <b>Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b> 016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b> 08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b> 18 / 47
			<b>Stato di</b> <b>Validità</b>	<b>N.</b> <b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

Tabella 4 - Valori del parametro CN per diverse combinazioni di suolo e copertura, considerando condizioni di media umidità CN(II)

<b>Valori del parametro CN (adimensionale)</b> ↓ <b>Tipologia di Uso del Territorio</b>	← <b>Tipo idrologico Suolo</b> →			
	A	B	C	D
Coltivazioni, in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
Coltivazioni, in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
Terreno da pascolo: cattive condizioni	68	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
Boschi, in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
Boschi e foreste, in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
Spazi aperti con manto erboso superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
Spazi aperti con manto erboso compreso tra il 50 ed il 75% dell'area	49	69	79	84
Spazi aperti con manto erboso inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
Zone industriali (area impermeabile 72%)	81	88	91	93
Zone commerciali e industriali (area impermeabile 85%)	89	92	94	95
Zone residenziali, lotti fino a 500 m <sup>2</sup> (area impermeabile 65%)	77	85	90	92
Zone residenziali, lotti di 500+1000 m <sup>2</sup> (area impermeabile 38%)	61	75	83	87
Zone residenziali, lotti di 1000+1500 m <sup>2</sup> (area impermeabile 30%)	57	72	81	86
Zone residenziali, lotti di 1500+2000 m <sup>2</sup> (area impermeabile 25%)	54	70	80	85
Zone residenziali, lotti di 2000+5000 m <sup>2</sup> (area impermeabile 20%)	51	68	79	84
Zone residenziali, lotti di 5000+10000 m <sup>2</sup> (area impermeabile 12%)	46	65	77	82
Parcheggi, tetti, autostrade, ....	98	98	98	98
Strade pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
Strade con letto in ghiaia	76	85	89	91
Strade battute in terra	72	82	87	89


- Stima del volume specifico di saturazione del terreno con la seguente formula:

$$V_s = 25.4 \left( \frac{1000}{CN(III)} - 10 \right)$$

Dove:

V<sub>s</sub> = volume specifico di saturazione del terreno (mm);



<b>Logo e Denominazione Commerciale</b> <b>Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b>  016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b>  08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b>  19 / 47
			<b>Stato di</b> <b>Validità</b>	<b>N.</b> <b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

CN(III) = parametro numerico precedentemente calcolato.

- Stima della pioggia efficace con la seguente formula:

$$P_e = \frac{(P - 0.2 \cdot V_s)^2}{(P + 0.8 \cdot V_s)}$$

Dove:

Pe = pioggia efficace (mm)

P = pioggia totale (mm), esprimibile sulla base delle curve di probabilità pluviometrica risultanti dall'analisi idrologica e riferibile ad una durata pari al tempo di corrivazione del bacino (tc);

Vs = volume specifico di saturazione del terreno [mm], precedentemente calcolato.

- Calcolo del tempo di accumulo nel bacino (ta) in ore, in funzione del tempo efficace (teff) in ore e del tempo di ritardo (tr) in ore, usando le seguenti formule:

$$t_a = 0.5 \cdot t_{eff} + t_r$$

$$t_{eff} = T_c \left( 1 - \frac{0.2 S}{h_{T_c, T}} \right)$$


$$t_r = 0.6 \cdot T_c$$

Dove:

$h_{T_c, T}$  (mm) = altezza di pioggia esprimibile sulla base delle curve di possibilità pluviometrica in funzione del tempo di ritorno (T) e del tempo totale di pioggia assunto pari al tempo di corrivazione del bacino (Tc);

Tc (ore) = tempo di corrivazione del bacino considerato.

- Calcolo dell'idrogramma unitario, usando la seguente formula:

<b>Logo e Denominazione Commerciale</b>  <b>Committente</b> <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b> 016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b> 08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b> 20 / 47
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
			EX-DE	01	

$$Q_p = 0.208 \cdot \frac{P_e \cdot S}{t_a}$$

Dove:

$Q_p$  = portata di picco dell'idrogramma unitario [ $m^3/sec \cdot mm$ ];

$P_e$  = pioggia efficace [mm];

$S$  = estensione del bacino [ $km^2$ ];

$t_a$  = tempo di accumulo [ore].

- Calcolo della portata al colmo, usando la seguente formula:

$$Q = Q_p \cdot h_{Tc,T}$$

Dove:

$Q$  = portata al colmo [ $m^3/s$ ];

$Q_p$  = portata di picco dell'idrogramma unitario [ $m^3/sec \cdot mm$ ];


$h_{Tc, T}$  = altezza di pioggia calcolata sulla base della curva di probabilità pluviometrica in relazione ad un evento di durata pari al tempo di corrivazione ( $T_c$ ) e di fissato tempo di ritorno ( $T$ ).

## 7 ANALISI IDRAULICA E VERIFICA DELLE AREE ESONDABILI

L'analisi idraulica è stata affrontata per i due canali precedentemente citati; lo scolo Fossadone e il canale Allacciante.

La simulazione è stata eseguita facendo riferimento ad una portata con tempo di ritorno  $T_r = 200$  anni calcolata sia con il metodo razionale che con il metodo S.C.S.

L'obiettivo è quello di verificare l'eventuale esondazione dei due canali e la possibile interferenza con le opere in progetto.

<b>Logo e Denominazione Commerciale</b> <b>Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b>  016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b>  08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b>  21 / 47
			<b>Stato di</b> <b>Validità</b>	<b>N.</b> <b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	


## 7.1 Individuazione dei bacini di interesse

La delimitazione dei sottobacini di interesse è stata individuata grazie all'ausilio del software HEC-HMS il quale, grazie agli algoritmi in ambiente GIS presenti all'interno del programma, estrapola le superfici scolanti e le loro caratteristiche a partire dal modello digitale del terreno a risoluzione 1 metro fornito dal Ministero della Transizione Ecologica.

Di seguito si riportano gli inquadramenti dei sottobacini considerati:



Figura 10 - Inquadramento bacino dello scolo Fossadone.

<b>Logo e Denominazione Commerciale</b> <b>Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b> 016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b> 08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b> 22 / 47
			<b>Stato di</b> <b>Validità</b>	<b>N.</b> <b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

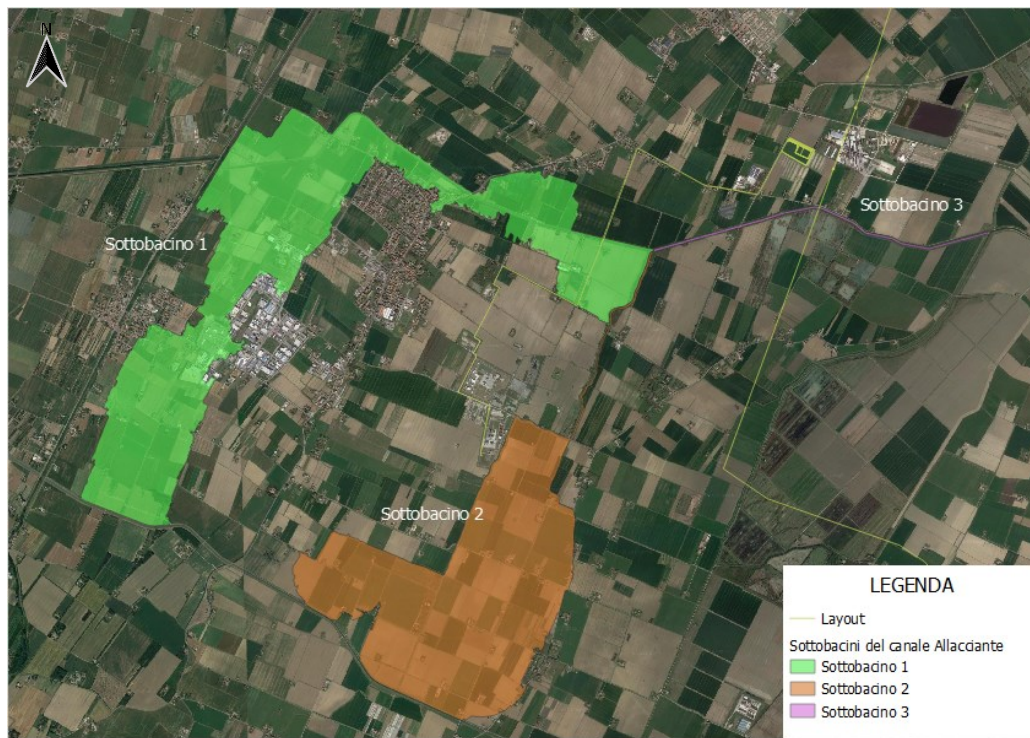



Figura 11 - Inquadramento bacini del canale Allacciante

Come riportato nella figura precedente, i sottobacini individuati per il canale Allacciante sono tre. I sottobacini 1 e 2 raccolgono le acque che poi si riversano nel sottobacino 3 il quale, per via della grandezza dei contenimenti arginali, coincide con lo stesso canale Allacciante.

## 7.2 Calcolo del tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione del bacino coincide con il tempo di durata della pioggia. Tale parametro indica il tempo che impiega una goccia d'acqua dal punto idraulicamente più svantaggiato a raggiungere la sezione di chiusura del bacino.

Per la stima di questo parametro è stata usata la formula di Kirpich discussa precedentemente, e di seguito si riportano i risultati per i sottobacini considerati:

<b>Logo e Denominazione Commerciale</b>  <b>Committente</b> <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b> 016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b> 08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b> 23 / 47
			<b>Stato di</b>	<b>N.</b>	
			<b>Validità</b>	<b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

Scolo Fossadone	
Tc [ore]	
2.56	

Canale Allacciante	
Tc [ore]	
Sottobacino 1	5.61
Sottobacino 2	3.84

Non è stato valutato il tempo di ritorno per il sottobacino 3 poiché non necessario per l'analisi idraulica in quanto, considerando che il sottobacino in esame coincide con il tratto del canale, l'input di portata sarà formato dagli idrogrammi di piena dei due sottobacini posti a monte dello stesso.

## 8 STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO E VERIFICA DELLA AREE ESONDABILI


### 8.1 Portata di progetto: Metodo Razionale

Per entrambi i canali considerati sono stati calcolati gli idrogrammi di piena col metodo razionale e simulata l'onda di piena dapprima in moto permanente e, qualora in queste condizioni di moto si verifici una tracimazione degli argini, in moto vario.

L'applicazione del metodo razionale suppone che l'idrogramma di piena sia di tipo triangolare con durata pari a due volte il valore del tempo di ritorno.

Di seguito si riportano gli andamenti degli idrogrammi calcolati:



<b>Logo e Denominazione Commerciale</b> <b>Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b> 016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b> 08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b> 24 / 47
			<b>Stato di</b> <b>Validità</b>	<b>N.</b> <b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

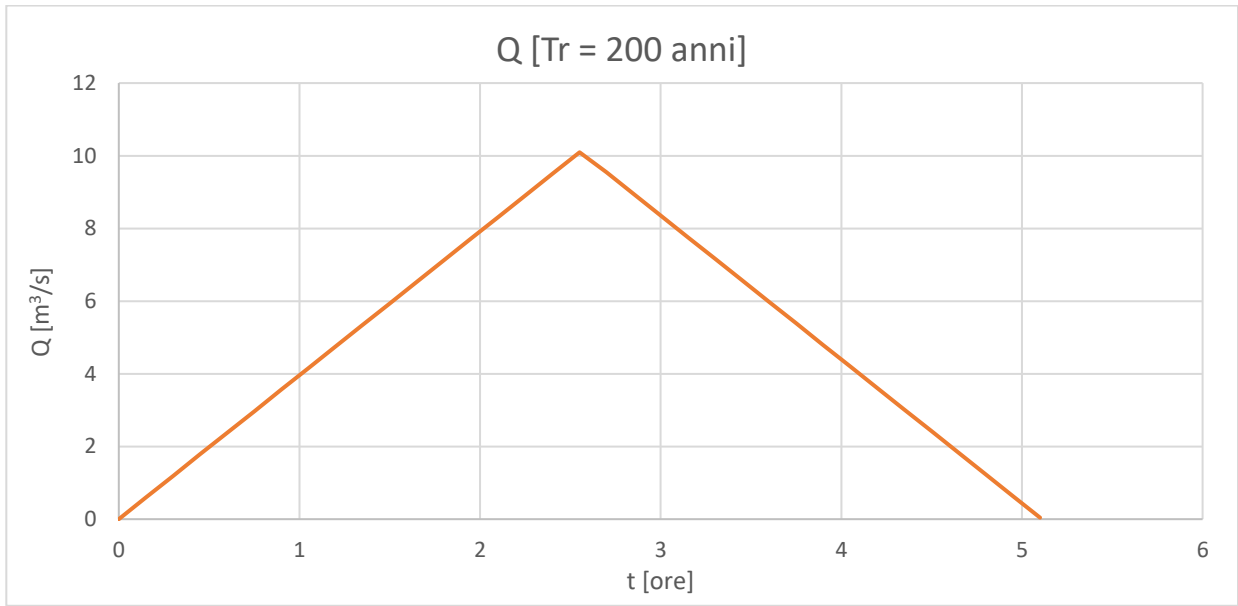


Figura 12 - Idrogramma di piena per lo scolo Fossadone

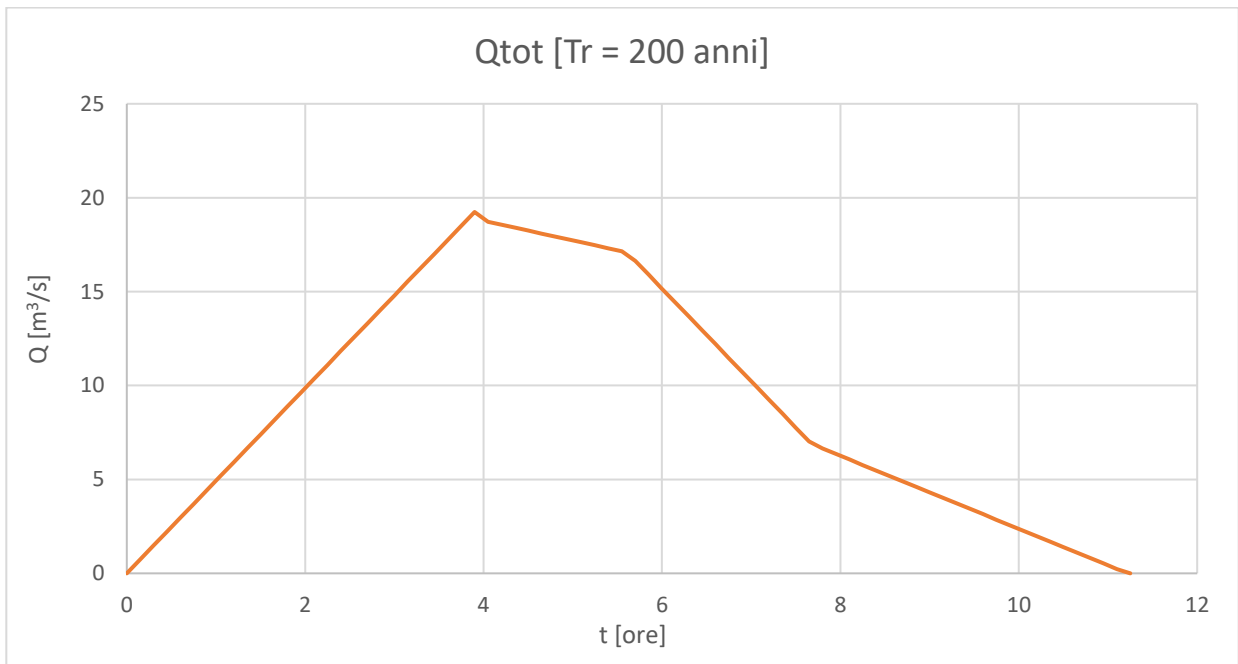



Figura 13 - Idrogramma di piena per il canale Allacciante

<b>Logo e Denominazione Commerciale</b> <b>Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b>  016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b>  08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b>  25 / 47
			<b>Stato di</b>	<b>N.</b>	
			<b>Validità</b>	<b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

L'idrogramma di piena per il canale allacciante è stato valutato come somma dei due idrogrammi triangolari a monte del sottobacino 3.

## 8.2 Verifica delle aree esondabili: Metodo Razionale

La verifica delle aree esondabili è stata effettuata con il software HEC-RAS 6.2, sviluppato all'Hydrologic Engineering Center (HEC) della U.S. Army Corps of Engineers (USACE), utilizzato per la modellazione mono e bidimensionale di reti di canali naturali e artificiali.

La modellazione in moto permanente ha evidenziato che per lo scolo Fossadone si ha esondazione in sinistra idraulica, mentre per il canale Allacciante l'intera portata viene convogliata all'interno del canale dal sistema arginale. Per quest'ultimo caso non si è proceduto alla simulazione in moto vario.

Di seguito si riportano le perimetrazioni delle aree allagabili per lo scolo Fossadone:

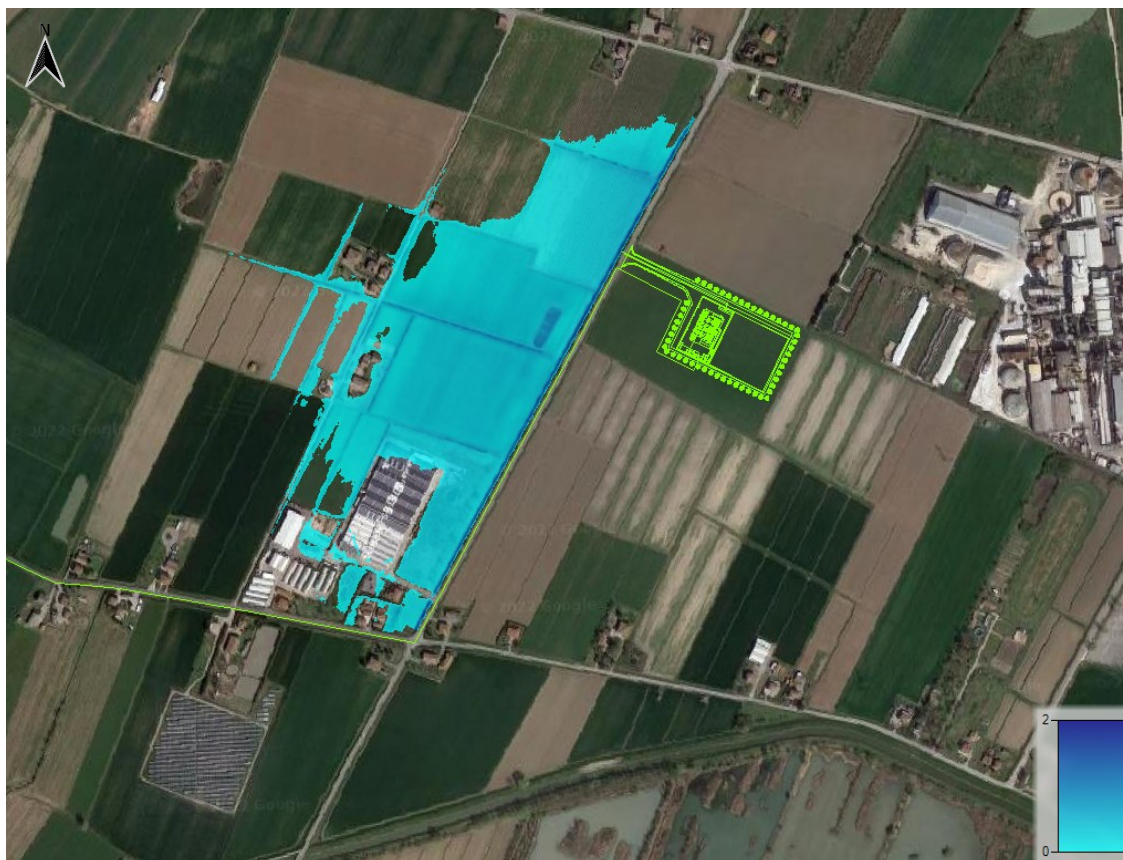



Figura 14 - Inquadramento dell'area allagabile per lo scolo Fossadone (misure espresse in metri)

<b>Logo e Denominazione Commerciale</b> <b>Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b> 016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b> 08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b> 26 / 47
			<b>Stato di</b>	<b>N.</b>	
			<b>Validità</b>	<b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

Dall'immagine sopra riportata si può concludere che per la portata di progetto calcolata con il metodo razionale per un periodo di ritorno di 200 anni non si riscontrano criticità per le aree occupate dalla sottostazione utente in progetto.

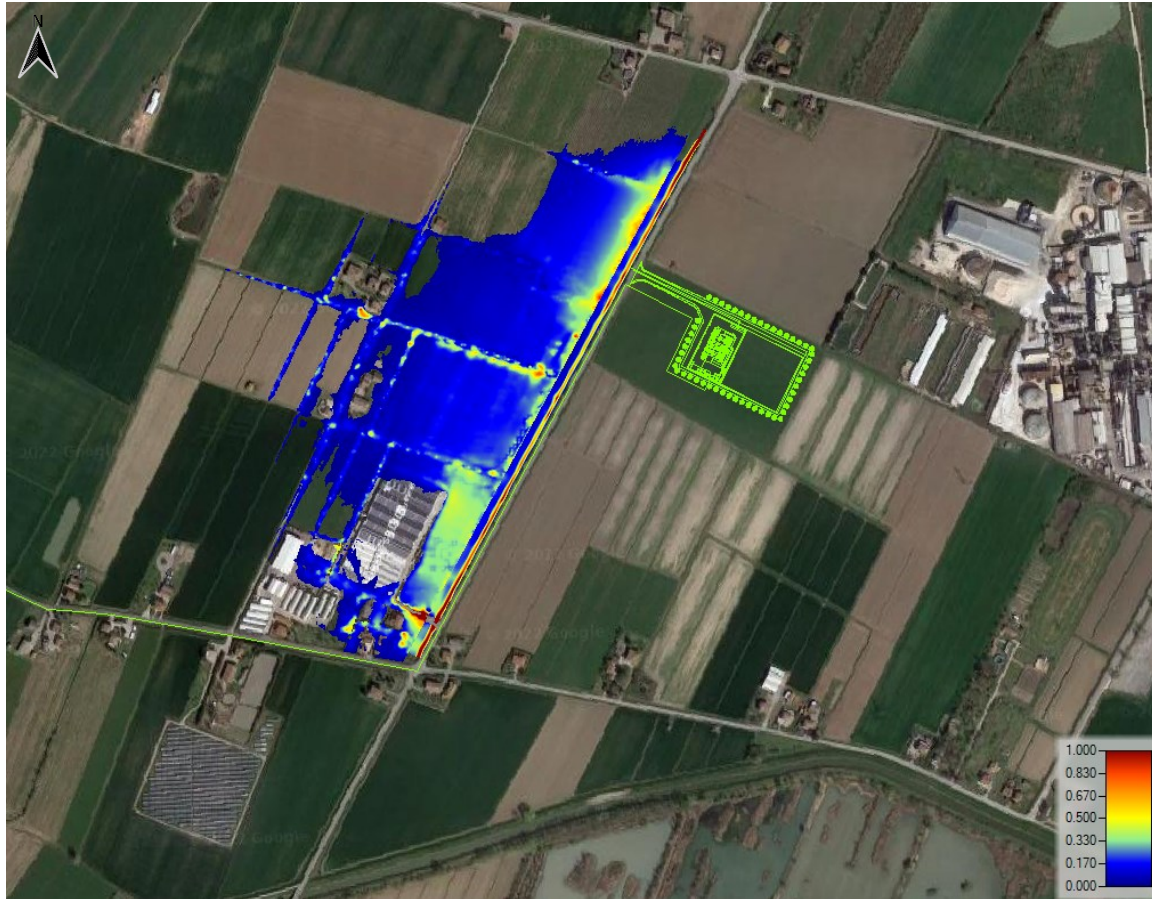


Figura 15 - Mappa della velocità dell'acqua nella zona interessata dall'allagamento (misure espresse in metri/secondo)

Data la natura pianeggiante della zona si misurano velocità delle acque estremamente basse.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti dalla simulazione in moto permanente per il canale Allacciante e il particolare della sezione evidenziata dell'alveo:




<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  016708DALB34615	<b>Identificativo documento Progettista</b>  08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  27 / 47
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
			EX-DE	01	



Figura 16 - Inquadramento del tratto del canale Allacciante in prossimità dell'area della sottostazione con evidenziazione di una sezione tipo (in verde). (Misure espresse in metri)

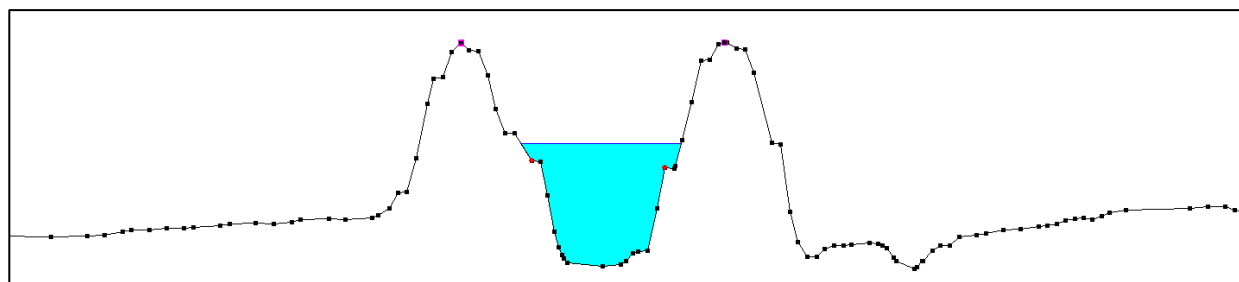



Figura 17 - Sezione tipo del canale allacciante con livello raggiunto dal tirante idrico per una portata con tempo di ritorno di 200 anni

<b>Logo e Denominazione Commerciale</b> <b>Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b>  016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b>  08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b>  28 / 47
			<b>Stato di</b> <b>Validità</b>	<b>N.</b> <b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

### 8.3 Portata di progetto: Metodo S.C.S.

La stima delle portate di progetto è stata effettuata con l'ausilio del software HEC-HMS, sviluppato dall'Hydrologic Engineering Service del US Army Corps of Engineers che permette di simulare la risposta di un bacino idrografico investito da un evento meteorico di caratteristiche note.

Utilizzando le informazioni ricavate dalla curva di possibilità pluviometrica, si sono ricavati i pluviogrammi di progetto per un tempo di ritorno di 200 anni. In particolare, in base alle superfici scolanti e ai tempi di corrivazione dei due canali considerati, si sono costruiti due ietogrammi di diversa durata:

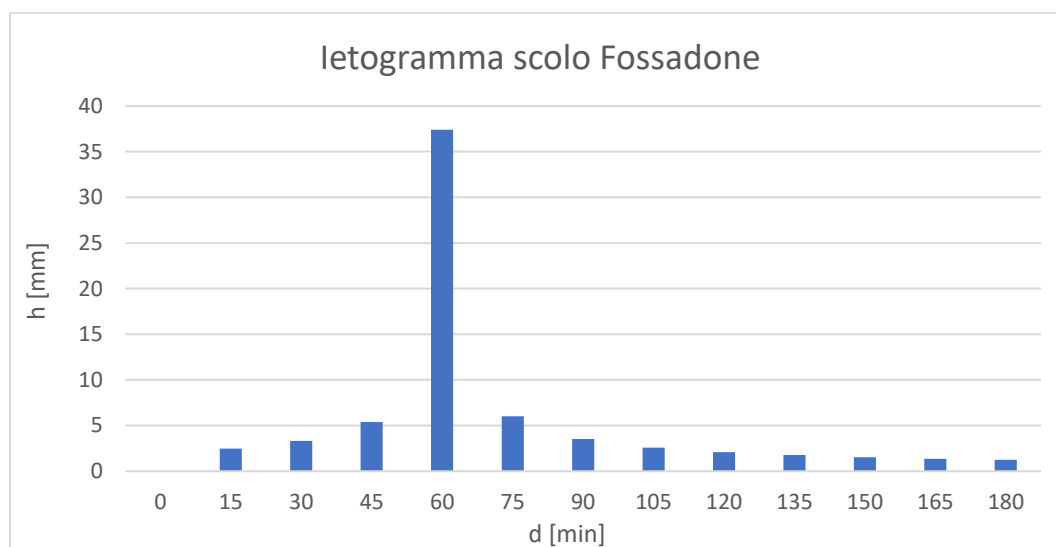



Figura 18 - Ietogramma di progetto per lo scolo Fossadone



<b>Logo e Denominazione Commerciale</b> <b>Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b>  016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b>  08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b>  29 / 47
			<b>Stato di</b> <b>Validità</b>	<b>N.</b> <b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

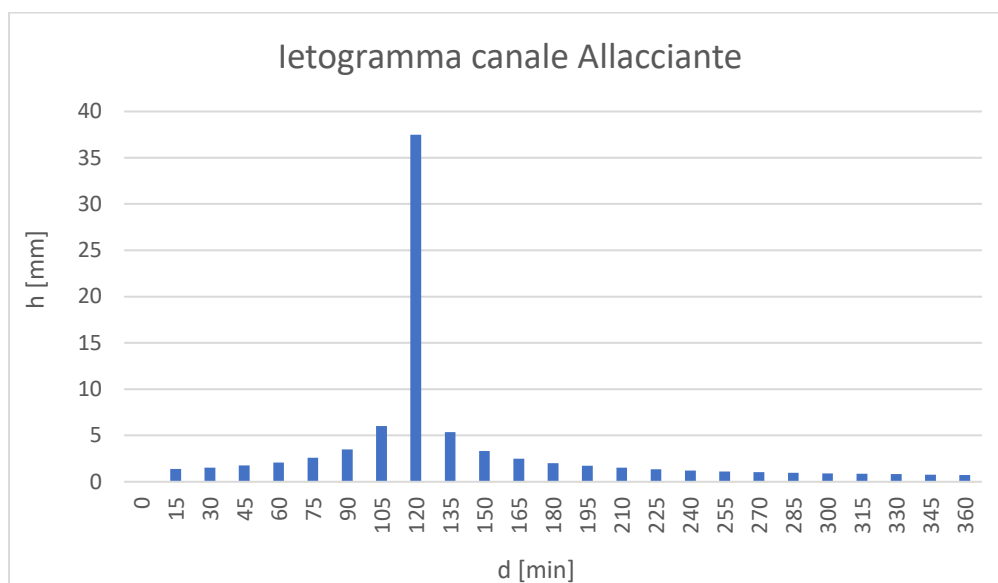


Figura 19 - Ietogramma di progetto per il canale Allacciante

Il valore del curve number assunto per i sottobacini considerati è pari a  $CN(III) = 92$  il quale è stato ricavato tenendo in considerazione sia la tabella di letteratura relativa alla classificazione del territorio che la carta geologica del territorio.

Di seguito si riportano gli idrogrammi calcolati per i due canali:

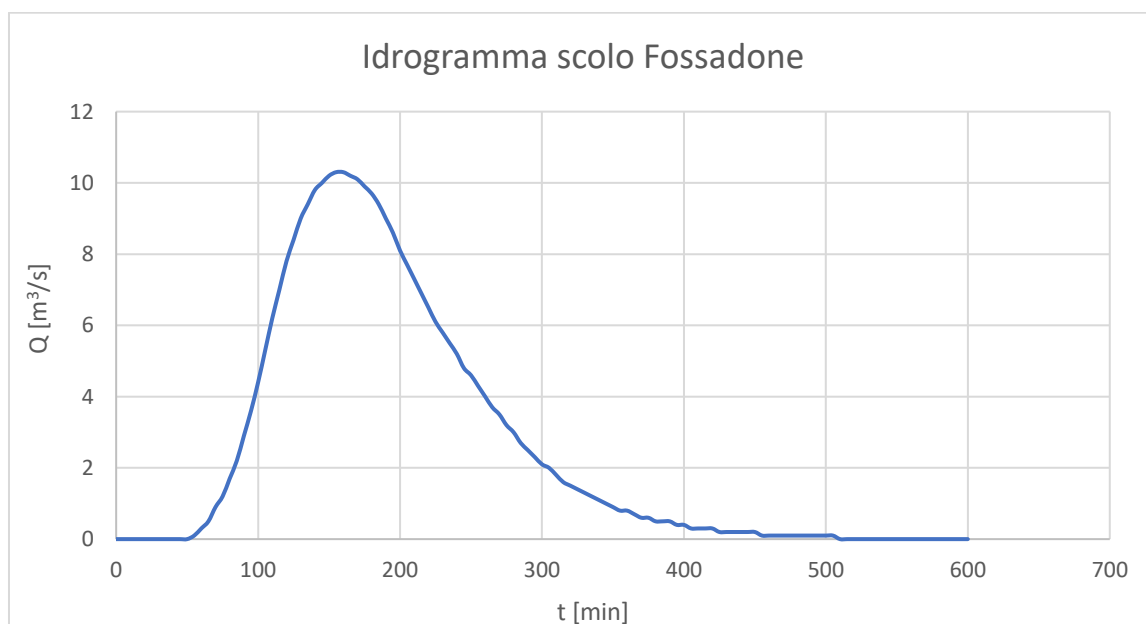



Figura 20 - Idrogramma di piena per lo scolo Fossadone

<b>Logo e Denominazione Commerciale</b> <b>Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b>  016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b>  08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b>  30 / 47
			<b>Stato di</b> <b>Validità</b>	<b>N.</b> <b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

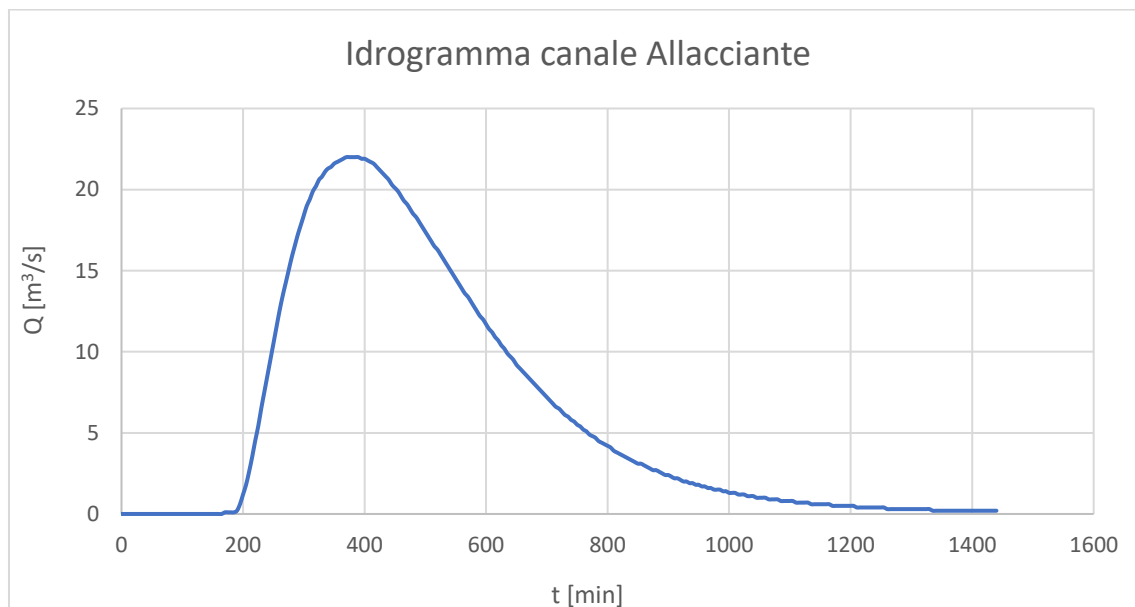


Figura 21 - Idrogramma di piena per il canale Allacciante

#### 8.4 Verifica delle aree esondabili: Metodo S.C.S.

La verifica delle aree esondabili è stata effettuata con il software HEC-RAS 6.2, sviluppato all'Hydrologic Engineering Center (HEC) della U.S. Army Corps of Engineers (USACE), utilizzato per la modellazione mono e bidimensionale di reti di canali naturali e artificiali.

La modellazione in moto permanente ha evidenziato che per lo scolo Fossadone si ha esondazione in sinistra idraulica, mentre per il canale Allacciante l'intera portata viene convogliata all'interno del canale dal sistema arginale. Per quest'ultimo caso non si è proceduto alla simulazione in moto vario.

Di seguito si riportano le perimetrazioni delle aree allagabili per lo scolo Fossadone:



<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  016708DALB34615	<b>Identificativo documento Progettista</b>  08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  31 / 47
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
			EX-DE	01	



Figura 22 - Inquadramento dell'area allagabile per lo scolo Fossadone (misure espresse in metri)

<b>Logo e Denominazione Commerciale Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento Committente</b>  016708DALB34615	<b>Identificativo documento Progettista</b>  08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio di Fogli</b>  32 / 47
			<b>Stato di Validità</b>	<b>N. Rev.</b>	
			EX-DE	01	

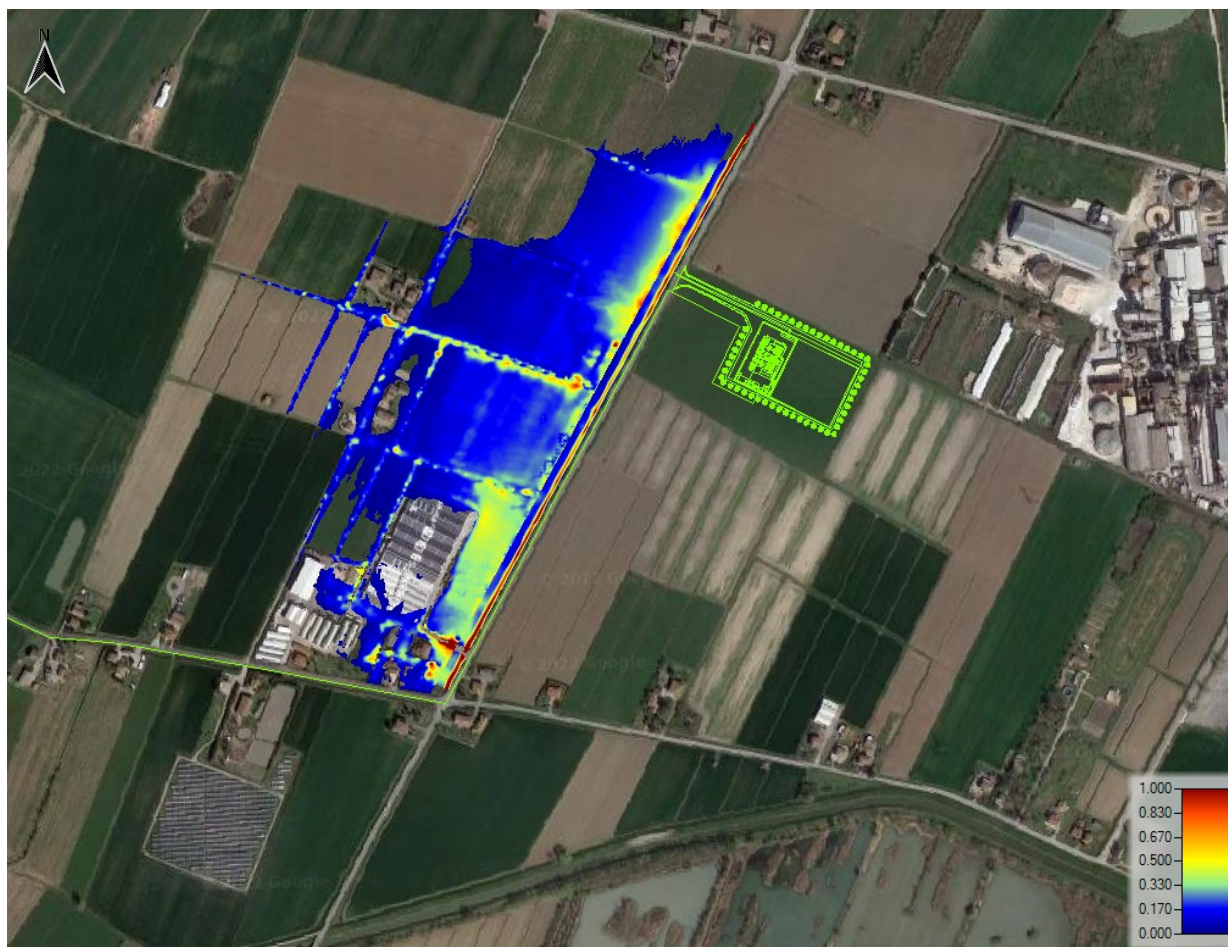


Figura 23 - Mappa della velocità dell'acqua nella zona interessata dall'allagamento (misure espresse in metri/secondo)

Di seguito si riportano i risultati ottenuti dalla simulazione in moto permanente per il canale Allacciante e il particolare della sezione evidenziata dell'alveo:




<b>Logo e Denominazione Commerciale</b> <b>Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b> 016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b> 08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b> 33 / 47
			<b>Stato di</b>	<b>N.</b>	
			<b>Validità</b>	<b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	



Figura 24 - Inquadramento del tratto del canale Allacciante in prossimità dell'area della sottostazione con evidenziazione di una sezione tipo (in verde). Misure espresse in metri

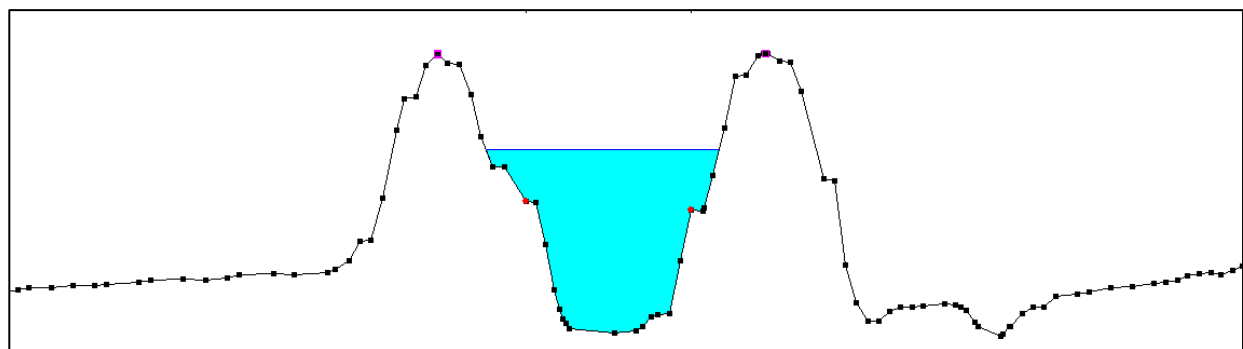



Figura 25 - Sezione tipo del canale allacciante con livello raggiunto dal tirante idrico per una portata con tempo di ritorno di 200 anni

<b>Logo e Denominazione Commerciale</b> <b>Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b>  016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b>  08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b>  34 / 47
			<b>Stato di</b>	<b>N.</b>	
			<b>Validità</b>	<b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

Dai risultati dell'analisi idraulica per i due canali prossimi all'area della sottostazione si può concludere che non esistono criticità che generino pericolosità idraulica o condizioni di rischio.


## 9 PREDIMENSIONAMENTO RETE DI DRENAGGIO

Il progetto idraulico per la regimazione delle acque meteoriche dell'area della sottostazione è composto da due linee di raccolta delle acque posizionate nella parte Nord e Ovest della sottostazione e un sistema di raccolta per assicurare l'invarianza idraulica.

Le due linee di raccolta avranno il compito di collettare le acque che defluiscono sulla superficie della sottostazione e convogliarle all'interno delle vasche di raccolta, le quali verranno successivamente svuotate per mezzo di una elettropompa sommersibile. Le vasche hanno la funzione di laminare gli eccessi di portata in funzione della massima portata di scarico immessa nel ricettore finale individuato, in questo caso lo scolo Fossadone.

Per il dimensionamento dei collettori e degli altri elementi del sistema idraulico, l'area in esame è stata suddivisa in sottobacini, ognuno afferente ad un singolo collettore o componente del sistema, come di seguito illustrato:



<b>Logo e Denominazione Commerciale</b> <b>Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b> 016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b> 08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b> 35 / 47
			<b>Stato di</b>	<b>N.</b>	
			<b>Validità</b>	<b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

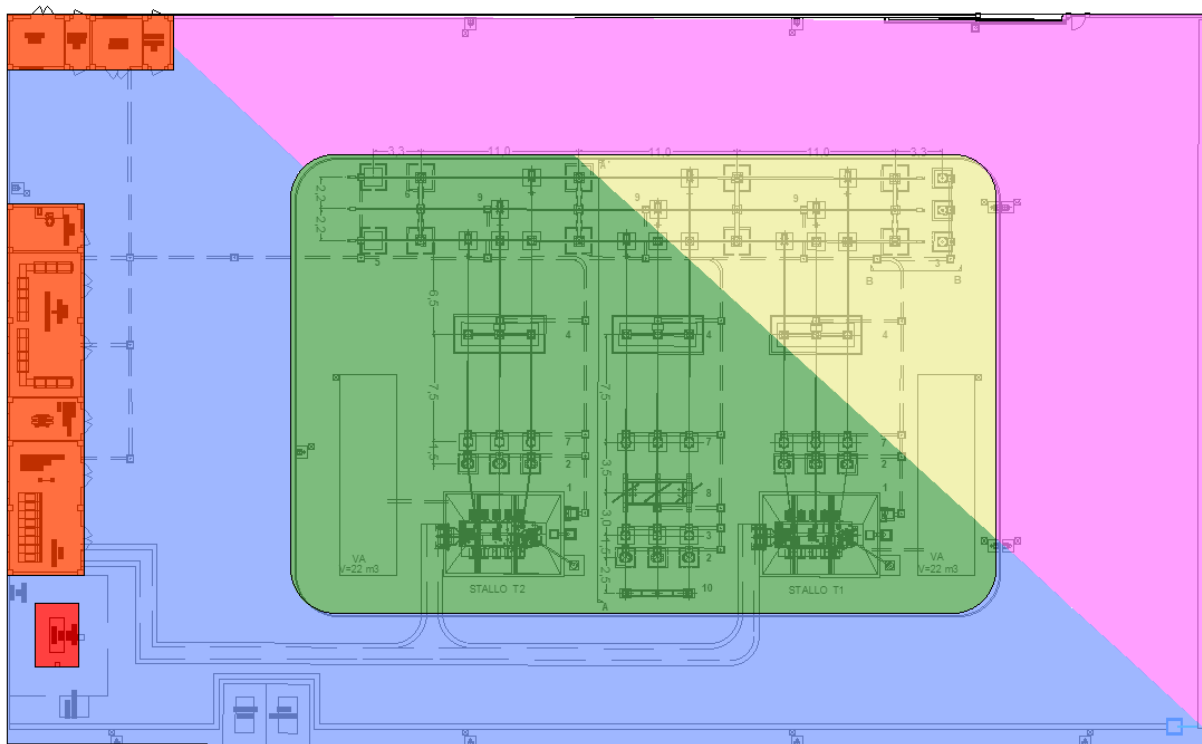



Figura 26 - Suddivisione dell'area in esame nei sottobacini afferenti a ciascun componente del sistema di drenaggio

Il progetto idraulico è stato riferito ad un tempo di ritorno di 10 anni utilizzando le curve di possibilità pluviometrica calcolate nel capitolo 5.

Il modello di calcolo utilizzato per l'analisi afflussi-deflussi relativamente al sistema idraulico in esame, ai fini della stima delle massime portate di piena, è il metodo razionale (o cinematico). Considerata la sezione di un collettore, le portate defluenti dipendono dalle caratteristiche del bacino tributario sotteso dalla sezione stessa (estensione, lunghezza, pendenza media, natura del terreno, ecc.) e dalle caratteristiche dell'evento pluviometrico.

Il contributo di ruscellamento superficiale per una determinata quantità di pioggia viene espresso attraverso il coefficiente di deflusso  $\phi$ , indice del volume meteorico efficace ai fini del deflusso.

I valori di  $\phi$  (in funzione del tipo di superficie scolante) assunti nel presente progetto idraulico sono esposti nella seguente tabella:

<b>Logo e Denominazione Commerciale</b> <b>Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b>  016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b>  08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b>  36 / 47
			<b>Stato di</b> <b>Validità</b>	<b>N.</b> <b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

SUPERFICIE	$\varphi$
Pavimentazioni asfaltate	0,85
Fabbricati e tettoie	0,95
Pavimentazioni permeabili (ghiaia)	0,5


L'influenza delle singole superfici  $S_i$  in funzione della specifica destinazione d'uso viene computata attraverso una media ponderata dei coefficienti di deflusso  $\varphi_i$ :

$$\bar{\varphi} = \sum \varphi_i S_i / S_{tot}$$

COLLETORE NORD	SUP. TOT [m <sup>2</sup> ]	COEF. DEF.
Pavimentazioni asfaltate	1085,26	0,85
Fabbricati e tettoie	64,12	0,95
Pavimentazioni permeabili (ghiaia)	390,27	0,5
TOTALE	1539,65	
COEFF. DEFLUSSO PONDERATO		0,77

COLLETORE OVEST	SUP. TOT [m <sup>2</sup> ]	COEF. DEF.
Pavimentazioni asfaltate	1378,48	0,85
Fabbricati e tettoie	134,83	0,95
Pavimentazioni permeabili (ghiaia)	1170	0,5
TOTALE	2683,31	
COEFF. DEFLUSSO PONDERATO		0,7

Il tempo di corrivazione per superfici scolanti di limitata estensione (come quelle in esame, non riferibili cioè ad aree confrontabili in estensione con quelle interessate da piani di bonifica idraulica) può essere calcolato attraverso la formula Kirpich precedentemente illustrata.

<b>Logo e Denominazione Commerciale</b> <b>Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b>  016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b>  08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b>  37 / 47
			<b>Stato di</b> <b>Validità</b>	<b>N.</b> <b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

	Area [m <sup>2</sup> ]	i bacino	L	Tc [ore]	Tc [min]
COLLETTORE NORD	1539.65	0.003	0.054	0.065	3.93
COLLETTORE OVEST	2683.31	0.003	0.087	0.094	5.69

Il calcolo delle portate massime defluenti è stato calcolato attraverso la formula del metodo razionale già illustrata in precedenza.

I risultati sono riportati nella seguente tabella:

	Area [m <sup>2</sup> ]	C	a	n	Qc [m <sup>3</sup> /s]
COLLETTORE NORD	1539.65	0.77	32.304	0.269	0.08
COLLETTORE OVEST	2683.31	0.70	32.304	0.269	0.09

I due collettori (a sezione rettangolare in calcestruzzo) convoglieranno le acque dapprima in un pozzetto di raccolta, in particolare il collettore nord verrà connesso a quest'ultimo tramite una tubazione in PVC a sezione circolare con pendenza dell'1%, successivamente, le acque raccolte nel pozzetto verranno scaricate nelle vasche di laminazione tramite un'altra tubazione in PVC a sezione circolare anch'essa a pendenza dell'1%.


Il dimensionamento viene condotto confrontando il valore di portata proveniente dal calcolo del Metodo Razionale, con il valore di portata ricavato dall'equazione di continuità di Manning, considerando il materiale di finitura e le caratteristiche geometriche della sezione idraulica dei collettori e delle tubazioni:

$$Q = A_m \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \sqrt{i}$$

con R, pari al raggio idraulico, così definito:

$$R = \frac{A_m}{P_m}$$

– Q = portata del canale in m<sup>3</sup>/s;

<b>Logo e Denominazione Commerciale</b> <b>Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b>  016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b>  08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b>  38 / 47
			<b>Stato di</b> <b>Validità</b>	<b>N.</b> <b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

- $A_m$  = area bagnata in  $m^2$ ;
- $n$  = coefficiente di resistenza di Manning in  $(s / m^{1/3})$ ;
- $i$  = pendenza longitudinale dei collettori.

Una volta ottenuta la portata di progetto, le dimensioni dei collettori e delle tubazioni di raccolta delle acque vengono scelti con un metodo iterativo, in modo da ottenere un grado di riempimento della sezione compresa tra il 40% e l'85%.

La verifica idraulica dei collettori viene eseguita ricercando il tirante idrico della sezione per il quale si verifica la portata nota.

In questo contesto, dunque si fa affidamento alla seguente espressione:

$$y(h) = A_m \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \sqrt{i} - Q_p$$


Dove  $Q_p$  è la portata ricavata col metodo razionale.

Quello che si vuole ricercare è il tirante idrico  $h$  per il quale la funzione  $y(h)$  è uguale a zero.

Di seguito si riportano le dimensioni delle sezioni che soddisfano la relazione sopra riportata e le velocità che si verificano nei collettori e nelle tubazioni:

SEZIONE RETTANGOLARE		
B [m]	H [m]	A [m <sup>2</sup> ]
0.4	0.42	0.168

CONDOTTA DI COLLEGAMENTO COLLETTORE NORD – POZZETTO DI RACCOLTA		
Øest.	D [m]	A [m <sup>2</sup> ]
315	0.302	0.072

<b>Logo e Denominazione Commerciale</b> <b>Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b>  016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b>  08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b>  39 / 47
			<b>Stato di</b> <b>Validità</b>	<b>N.</b> <b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

<b>CONDOTTA DI COLLEGAMENTO POZZETTO DI</b> <b>RACCOLTA – VASCHE DI LAMINAZIONE</b>		
$\varnothing_{est.}$	D [m]	A [m <sup>2</sup> ]
400	0.384	0.116


	Am (mq)	Pm (m)	R	i	Ks	Am/A	v [m/s]
Collettore Nord	0.083	0.82	0.10	0.003	77	0.50	0.92
Collettore Ovest	0.098	0.89	0.11	0.003	77	0.58	0.97

	Am (mq)	Pm (m)	R	i	Ks	h/D	v [m/s]
Condotta di collegamento collettore nord – pozzetto di raccolta	0.048	0.55	0.086	0.01	82.5	0.64	1.61
Condotta di collegamento pozzetto di raccolta – vasche di laminazione	0.088	0.77	0.114	0.01	82.5	0.71	1.94

Il sistema di drenaggio sopra descritto farà convogliare le acque all'interno di 4 vasche di laminazione prefabbricate monoblocco in c.a. interrate, ognuna con un volume effettivo di 53 m<sup>3</sup> (250x1017x252 cm dimensione esterne), per un totale di 212 m<sup>3</sup>. Al fine di facilitare l'assorbimento delle acque nel terreno le vasche saranno collocate al di sopra di uno strato di ghiaia (di altezza pari a 50 cm) che ne aumenterà il volume di invaso effettivo. In particolare, considerando una percentuale di vuoti per lo strato di ghiaia pari al 10%, è possibile stimare un volume aggiuntivo pari a 5 m<sup>3</sup>. Risulta possibile, inoltre, sommare il volume invasabile nel sistema di drenaggio delle acque meteoriche all'interno della SSE pari a circa 24.9 m<sup>3</sup>. Il volume totale massimo invasabile dal sistema di drenaggio e di laminazione è quindi pari a 242 m<sup>3</sup> (maggiore del volume di laminazione richiesto, e calcolato di seguito, pari a 192.2 m<sup>3</sup>).

Si riporta di seguito il riepilogo dei volumi di invaso supplementari calcolati.



<b>Logo e Denominazione Commerciale</b> <b>Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b> 016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b> 08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b> 40 / 47
			<b>Stato di</b> <b>Validità</b>	<b>N.</b> <b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

Volume supplementare del sottofondo delle vasche						
	numero vasche	spessore strato (m)	lunghezza vasca	larghezza vasca	Ipotesi 10% vuoti nello strato di ghiaia	Volume (m <sup>3</sup> )
fondo in ghiaia drenante delle vasche di laminazione	4	0.5	10	2.5	0.10	<b>5</b>
Volume invasabile nel sistema di drenaggio delle acque meteoriche interno alla SSE						
	diam. / dimensioni (m)	area (m <sup>2</sup> )	lungh./alt. (m)	volume (m <sup>3</sup> )		
Collettore Nord	0.4x0.42	0.168	54	9		
Collettore Ovest	0.4x0.42	0.168	87.2	14.65		
pozzetto confluenza	1x1	1	1	1		
Condotta collegamento	0.302	0.072	1.45	0.10		
Condotta collegamento	0.384	0.116	1.24	0.14		
<b>Totale volume</b>				<b>24.9</b>		

La portata scaricata nelle vasche sarà pari a circa 170 l/s pari alla somma delle portate raccolte dal collettore nord e dal collettore ovest.

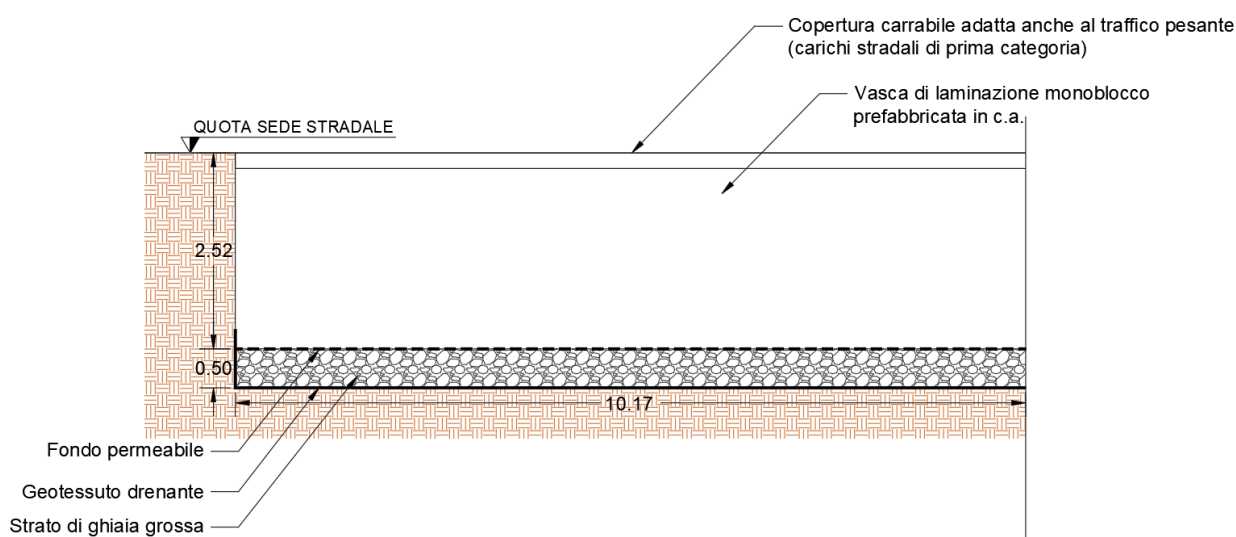



Figura 27 - Sezione tipologica della vasca di laminazione

<b>Logo e Denominazione Commerciale</b>  <b>Committente</b> <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b> 016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b> 08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b> 41 / 47
			<b>Stato di</b> <b>Validità</b>	<b>N.</b> <b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	


Il volume minimo d'invaso per l'area della sottostazione elettrica utente è stato calcolato tenendo in considerazione una superficie totale della SSE (superficie complessiva di invaso) pari a 4223 m<sup>2</sup>, totalmente permeabile nello stato ante-operam (superfici impermeabili nello stato ante-operam pari a 0 mq).

Nello stato post operam la superficie permeabile si riduce approssimativamente a 1560 m<sup>2</sup>; la superficie impermeabile è invece pari approssimativamente a 2662,75 m<sup>2</sup>.

Si riporta di seguito il dettaglio delle ipotesi formulate:

CALCOLO DEI VOLUMI MINIMI PER L'INVARIANZA IDRAULICA <i>(inserire i dati esclusivamente nei campi cerchiati)</i>															
Superficie territoriale =	4,223.03	mq	inserire la superficie totale scolante all'interno del nuovo scarico acque meteoriche di progetto												
<b>ANTE OPERAM</b>															
Superficie impermeabile esistente =	0.00	mq	inserire il 100 % della superficie impermeabile e il 50% della superficie di stabilizzato/betonella etc.												
Imp <sup>2</sup> =	0.00														
Superficie permeabile esistente =	4,223.03	mq	inserire il 100 % della superficie permeabile (verde o agricola) e il 50% della superficie di stabilizzato/betonella etc.												
Per <sup>2</sup> =	1.00														
Imp <sup>2</sup> +Per <sup>2</sup> =	1.00		corretto: risulta pari a 1												
<b>POST OPERAM</b>															
Superficie impermeabile di progetto =	2,662.75	mq	inserire il 100 % della superficie impermeabile e il 50% della superficie di stabilizzato/betonella etc.												
Imp =	0.63														
Superficie permeabile progetto =	1,560.20	mq	inserire il 100 % della superficie permeabile (verde o agricola) e il 50% della superficie di stabilizzato/betonella etc.												
Per =	0.37														
Imp+Per =	1.00		corretto: risulta pari a 1												
<b>INDICI DI TRASFORMAZIONE DELL'AREA</b>															
Superficie trasformata/livellata =	4,223.03	mq	inserire la superficie di tutte le aree non agricole di progetto. Compresa aree verdi												
I =	1.00														
Superficie agricola inalterata =	0.00	mq	inserire la superficie agricola di progetto (ovvero la superficie agricola inalterata)												
P =	0.00														
I+P =	1.00		corretto: risulta pari a 1												
<b>CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI DEFUSSO ANTE OPERAM E POST OPERAM</b>															
$\phi^2 = 0.9 \times Imp^2 + 0.2 \times Per^2 =$	0.9	x	0.00	+	0.2	x	1.00	=	0.20	$\phi^2$					
$\phi = 0.9 \times Imp + 0.2 \times Per =$	0.9	x	0.63	+	0.2	x	0.37	=	0.64	$\phi$					
<b>CALCOLO DEL VOLUME MINIMO DI INVASO</b>															
$w = w^2 (IfI^2)^{1/(1-n)} - 15 I - w^2 P =$	50	x	9.40	-	15	x	1.00	-	50	x	0.00	=	455.11	mc/ha	<b>w</b>
$W = w \times Superficie\ fondiaria\ (ha) =$							455.11	x	4,223	:	10,000	=	192.19	mc	<b>W</b>

Figura 28 - Calcolo del volume necessario per le vasche di laminazione ai sensi del Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico adottato dal Comitato Istituzionale con delibera n. 3/2 del 20 ottobre 2003 e s.m.i., come modificato dalla Variante di coordinamento PGRA-PAI, adottata dal C.I. con delibera 2/2 del 7/11/2016

<b>Logo e Denominazione Commerciale</b> <b>Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b> 016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b> 08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b> 42 / 47
			<b>Stato di</b> <b>Validità</b>	<b>N.</b> <b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

Lo svuotamento delle vasche verrà effettuato tramite l'inserimento di un'elettropompa sommersibile, collegata ad una condotta forzata di lunghezza 177 m che percorrerà la viabilità in progetto della sottostazione e scaricherà le acque nello scolo Fossadone:

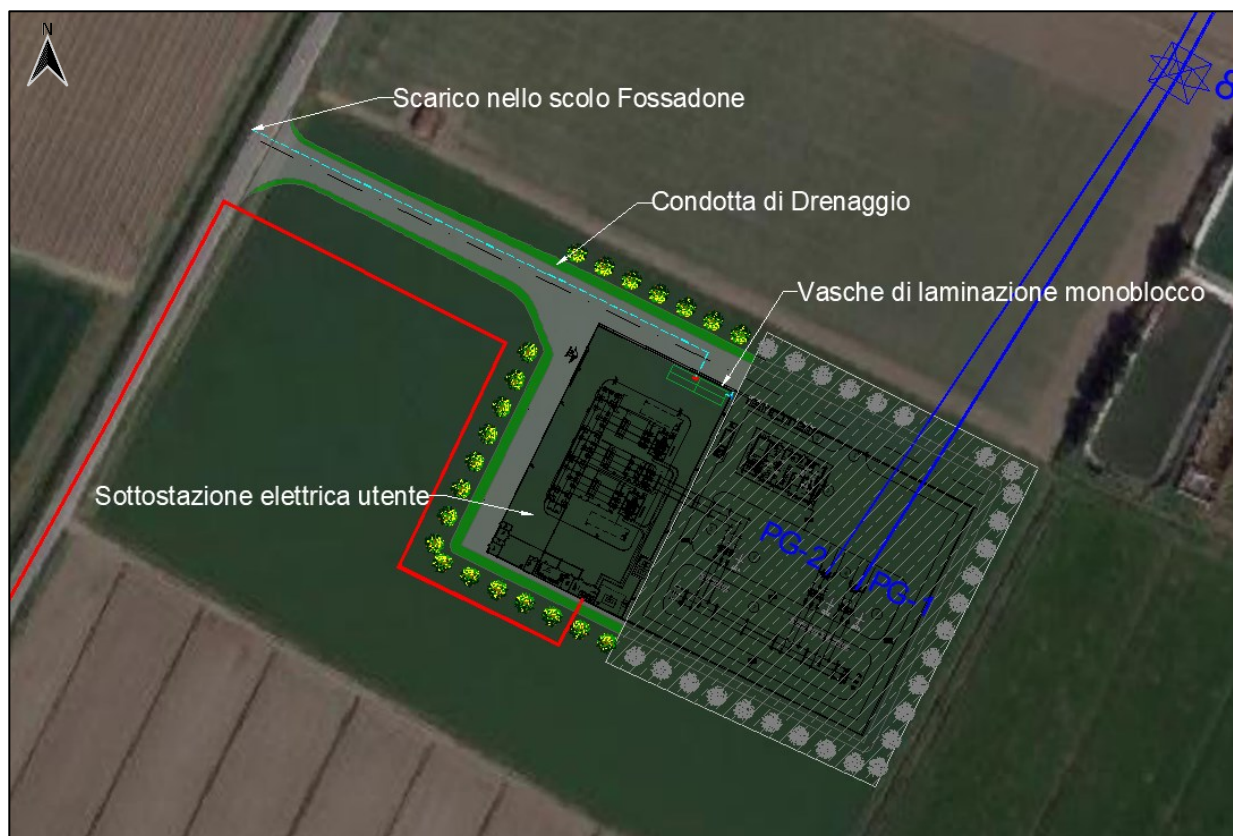



Figura 29 - Inquadramento generale del percorso della condotta di drenaggio su base satellitare

La portata massima scaricabile negli scoli consorziali, secondo le indicazioni del Consorzio della Bonifica Renana, non deve essere superiore a quella calcolata considerando non urbanizzata l'area di progetto e l'esubero deve essere accumulato in appositi invasi. Adottando quanto normalmente accettato dal Consorzio, si è considerato un valore di scarico pari a 10 l/s per ettaro di superficie impermeabilizzata, che nel caso specifico si traduce in una portata massima scaricabile di 4,22 l/s con un diametro della condotta forzata pari a 50 mm.

La realizzazione del rilevato della sottostazione in progetto provocherà, a nord ovest della stessa, una zona di accumulo delle acque in caso di eventi piovosi. Di seguito si riporta un



<b>Logo e Denominazione Commerciale</b> <b>Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b> 016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b> 08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b> 43 / 47
			<b>Stato di</b>	<b>N.</b>	
			<b>Validità</b>	<b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

inquadramento della zona in esame dopo aver simulato un evento di pioggia della durata di 3 ore con tempo di ritorno di 10 anni tramite il software HEC-RAS.

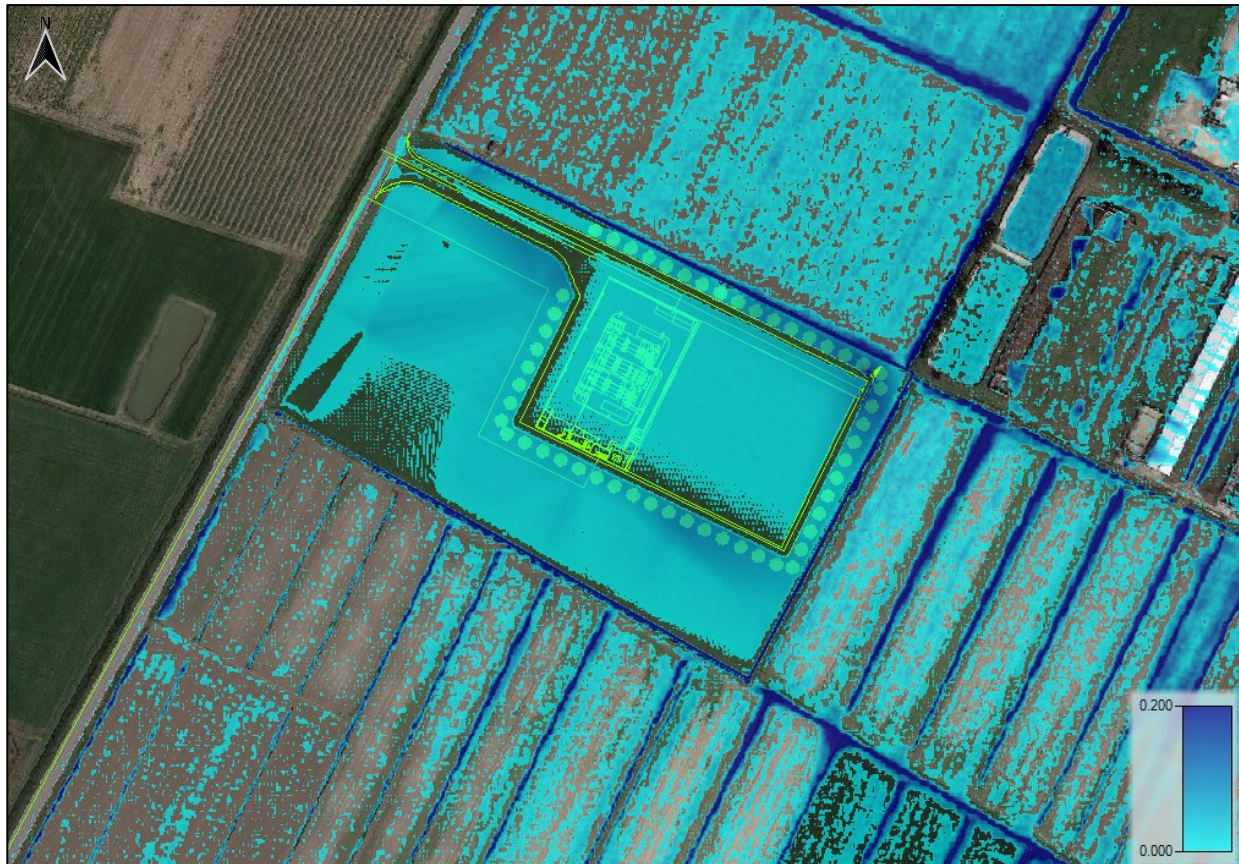



Figura 30 - Inquadramento dell'area della sottostazione con evidenza del risultato della simulazione pluviometrica (l'altezza della lamina d'acqua sull'area della sottostazione è inferiore a 1 cm) (Misure espresse in metri)

Dall'immagine precedente si può notare l'accumulo d'acqua dovuto all'evento di pioggia nella parte nord ovest della sottostazione.

Le acque dovranno essere allontanate tramite una condotta di raccolta il cui dimensionamento seguirà il procedimento visto in precedenza per dimensionare i collettori della rete di drenaggio della sottostazione (Metodo razionale).

Il bacino di raccolta delle acque avrà una superficie di 15058 m<sup>2</sup> con una pendenza media del 5%.

<b>Logo e Denominazione Commerciale</b> <b>Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b> 016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b> 08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b> 44 / 47
			<b>Stato di</b> <b>Validità</b>	<b>N.</b> <b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

Il calcolo del coefficiente di deflusso che compare nell'equazione del metodo razionale terrà conto dell'effettiva composizione dei suoli desumibile dalla consultazione della carta litologica del territorio.

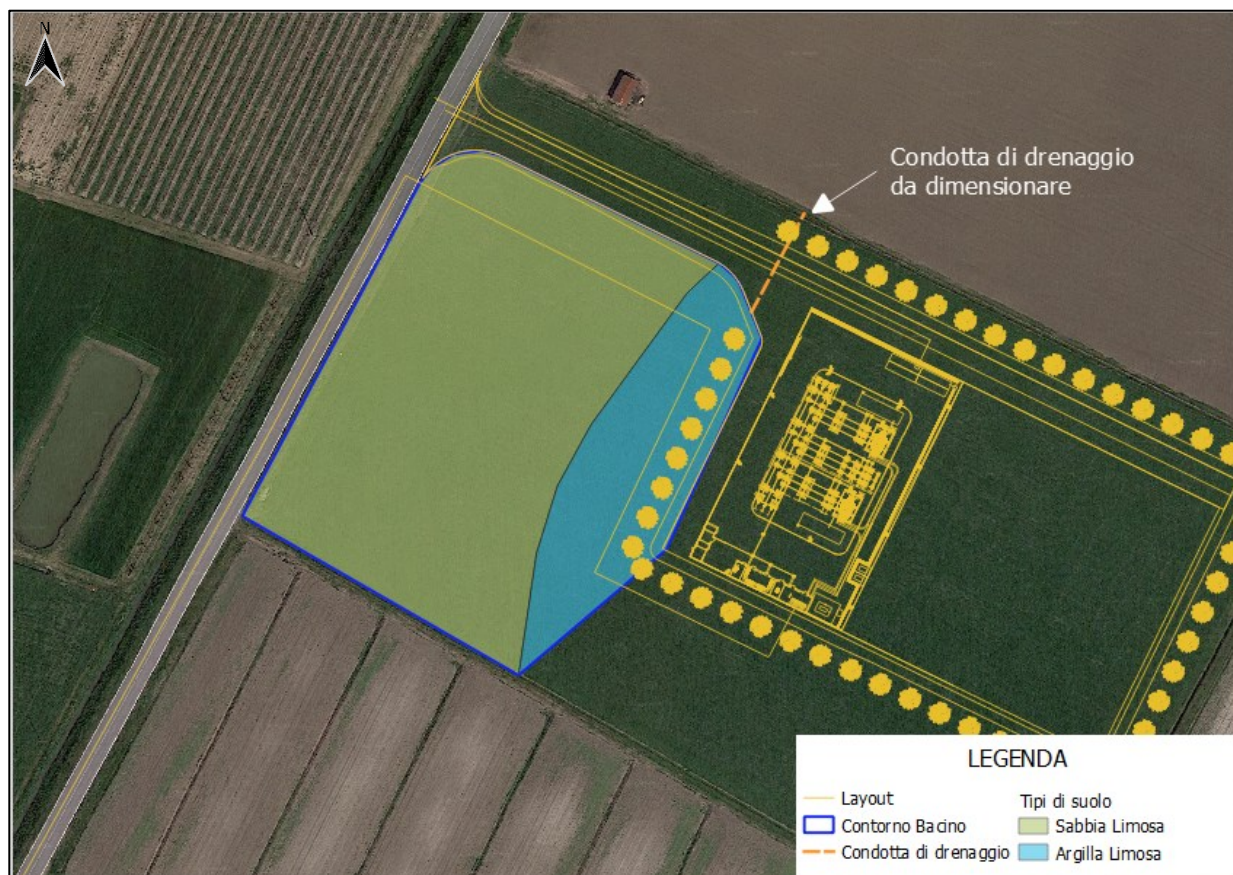



Figura 31 - Delimitazione del sottobacino e individuazione dei tipi di suolo

L'influenza delle singole superfici  $S_i$  in funzione della specifica tipologia di suolo viene computata attraverso una media ponderata dei coefficienti di deflusso  $\varphi_i$ :

$$\bar{\varphi} = \sum \varphi_i S_i / S_{tot}$$

Il coefficiente di deflusso per le sabbie limose è pari a 0,2 mentre per le argille limose è pari a 0,5.



<b>Logo e Denominazione Commerciale</b>  <b>Committente</b> <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b> 016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b> 08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b> 45 / 47
			<b>Stato di</b>	<b>N.</b>	
			<b>Validità</b>	<b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

Il coefficiente di deflusso totale sarà pari a 0,27.

Per quanto riguarda il tempo di corrivazione è stata usata la formula di Kirpich vista in precedenza, la quale ha dato come risultato  $T_c = 3,12$  min.

Ottenuti i valori di questi parametri si è passato al calcolo della portata transitante nella condotta in progetto ottenendo un valore pari a  $Q = 0.05$  m<sup>3</sup>/s.

Il dimensionamento viene effettuato confrontando il valore di portata proveniente dal calcolo del Metodo Razionale, con il valore di portata ricavato dall'equazione di continuità di Manning, considerando il materiale di finitura e le caratteristiche geometriche della sezione idraulica della condotta:

$$Q = A_m \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \sqrt{i}$$

con R, pari al raggio idraulico, così definito:


$$R = \frac{A_m}{P_m}$$

- Q = portata in m<sup>3</sup>/s;
- A<sub>m</sub> = area bagnata in m<sup>2</sup>;
- n = coefficiente di resistenza di Manning in (s / m<sup>1/3</sup>);
- i = pendenza longitudinale dei collettori.

Le dimensioni della condotta vengono scelti con un metodo iterativo, in modo da ottenere un grado di riempimento della sezione compresa tra il 40% e l'85%. Viene dunque ricercato il tirante idrico della sezione per il quale si verifica la portata nota.

In questo contesto si fa affidamento alla seguente espressione:

$$y(h) = A_m \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \sqrt{i} - Q_p$$

<b>Logo e Denominazione Commerciale</b> <b>Committente</b>  <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b>  016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b>  08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b>  46 / 47
			<b>Stato di</b>	<b>N.</b>	
			<b>Validità</b>	<b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

Dove  $Q_p$  è la portata ricavata col metodo razionale.

Quello che si vuole ricercare è il tirante idrico  $h$  per il quale la funzione  $y(h)$  è uguale a zero.

Di seguito si riportano le dimensioni delle sezioni che soddisfano la relazione sopra riportata e la velocità che si instaura nella condotta:

DIMENSIONI CONDOTTA		
$\varnothing_{int.}$	D [m]	A [m <sup>2</sup> ]
300	0.300	0.071


Am (mq)	Pm (m)	R	i	Ks	h/D	v [m/s]
0.035	0.47	0.075	0.01	78.5	0.50	1.41

La condotta in progetto sarà realizzata in calcestruzzo vibrocompresso e avrà una lunghezza di circa 35 m.

## 10 CONCLUSIONI

Sulla scorta di quanto illustrato nel presente studio è possibile affermare che:

- l'area oggetto dell'intervento ricade all'interno del bacino del fiume Reno per il quale è possibile stimare afflussi meteorici corrispondenti a diversi tempi di ritorno sulla base di un campione di dati pluviometrici statisticamente significativo, costituito in particolare da serie storiche riferite ad eventi di massima intensità e di durata pari a 1, 3, 6, 12, 24 ore, disponibili con riferimento ad un periodo compreso tra il 1931 e il 2012 per la stazione di Malalbergo;
- Per quanto concerne l'analisi statistica degli estremi idrologici, essa è stata condotta utilizzando il Metodo di Gumbel;
- Per il calcolo della portata di progetto sono stati utilizzati due metodi di trasformazione Afflussi-Deflussi: il modello razionale e il modello S.C.S.;
- Per quanto riguarda la modellazione idraulica, condotta con il software HEC-RAS, è stata utilizzata la portata ricavata a partire dalle altezze di pioggia calcolate per il tempo di ritorno di 200 anni;

<b>Logo e Denominazione Commerciale</b>  <b>Committente</b> <b>STOGIT</b>	<b>Identificativo documento</b> <b>Committente</b>  016708DALB34615	<b>Identificativo documento</b> <b>Progettista</b>  08-CI-E-11000	<b>Indice Rev.</b>		<b>Foglio</b> <b>di Fogli</b>  47 / 47
			<b>Stato di</b>	<b>N.</b>	
			<b>Validità</b>	<b>Rev.</b>	
			EX-DE	01	

- Dai risultati dell'analisi idraulica per i due canali prossimi all'area della sottostazione si può concludere che non esistono criticità che generino pericolosità idraulica o condizioni di rischio;
- Il sistema di drenaggio delle acque meteoriche è stato predimensionato considerando la divisione della sottostazione in due sottobacini, che drenano in direzione Nord-Ovest. Il flusso verrà convogliato in 4 vasche di laminazione (ed all'interno dello stesso sistema di drenaggio) così da non influire negativamente sul contesto circostante. Queste vasche hanno un fondo permeabile per il drenaggio dell'acqua accumulata. È prevista anche una elettropompa collegata ad una condotta forzata lunga 177 m, che consentirà, nel caso in cui si verificano eventi eccezionali, ed il terreno non riesca a drenare in maniera adeguata il flusso idrico, lo scarico dell'eccesso di acqua nello scolo Fossadone.
- Al fine di evitare un accumulo di acqua nel bacino che si verrà a formare a ovest della sottostazione a causa delle altezze del rilevato, è stato ipotizzato l'inserimento di una condotta in calcestruzzo vibrocompresso di lunghezza pari a circa 35 m che scaricherà le acque in un piccolo canale di raccolta situato a nord della sottostazione.