



COMMITTENTE

Via Faentina, 280 Godo - 48026 Russi (RA) Italy  
Tel 0544416711 Fax 0544414230

Italo Zani

FIRMA



ANTONIO RAVALLI ARCHITETTI  
via del Gorgo 79 - 44124 FERRARA  
telefono/fax +39.0532.61641  
email info@antonioravalli.it

PROGETTO ARCHITETTONICO

Antonio Ravalli Architetto  
Arch. Antonio Ravalli

FIRMA



F&M Ingegneria Spa  
Via Belvedere 8/10  
30035 - Mirano (VE)

PROGETTO STRUTTURALE E IMPIANTI

F&M Ingegneria  
Ing. Tommaso Tassi

FIRMA



SERVIZI ECOLOGICI SOC. COOP.  
Via Firenze, 3  
48018 Faenza (RA)

CONSULENTE IN MATERIA AMBIENTALE,  
ACUSTICA E PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

Servizi Ecologici Soc. Coop.



PROPOSTA DI VARIANTE URBANISTICA al PRG

ai sensi dell'art. 8 del DPR 160/2010, art.14 bis LR 20/2000 ed in  
applicazione degli articoli da 14 a 14 quinquies legge 7 agosto 1990 n.241

EUROCOMPANY SRL - AMPLIAMENTO

COD.

Idr001

TITOLO

Relazione idrologico idraulica

Via Faentina, 280/286 Godo - 48026 Russi (RA) Italy LUOGO

10-giu-18 DATA



## SOMMARIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUZIONE .....</b>  | <b>2</b>  |
| <b>2. INQUADRAMENTO IDRAULICO.....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>3. NORMATIVA E PIANIFICAZIONE IDRAULICA .....</b>                          | <b>5</b>  |
| <b>4. RETE DI PROGETTO ACQUE METEORICHE E CALCOLO A MOTO UNIFORME .....</b>   | <b>11</b> |
| <b>5. INVARIANZA IDRAULICA .....</b>  | <b>15</b> |
| <b>6. VERIFICA IN MOTO VARIO CON MODELLAZIONE DEL SOFTWARE EPA-SWMM .....</b> | <b>16</b> |
| 6.1.    CONDIZIONE A): TR= 10 ANNI, D= 12 MINUTI .....                        | 19        |
| 6.2.    CONDIZIONE B): TR= 30 ANNI, D= 2 ORE.....                             | 20        |
| <b>7. QUOTE DI PROGETTO .....</b>   | <b>23</b> |

## 1. INTRODUZIONE

La presente relazione descrive e verifica le opere idrauliche relative al progetto definitivo della rete di smaltimento acque meteoriche all'intervento "EC-Edificio Industriale" in località Godo di Russi (RA), nell'area di proprietà della ditta EUROCOMPANY s.r.l. compresa tra via Faentina nord e la linea ferroviaria Faenza-Ravenna sul lato sud.

Il documento analizza e valuta la rete idraulica di progetto del suddetto intervento, inserito come Lotto di Fase 2 nell'ambito dei 2 lotti così suddivisi:

- Lotto Fase 1: Nuova area svago per dipendenti dell'adiacente ditta Eurocompany s.r.l., comprensiva di edificio spogliatoi, con campo sportivo polifunzionale e relativo parcheggio auto;
- Lotto Fase 2: Nuovo edificio industriale ditta Eurocompany s.r.l. (produzione frutta secca) e nuovo piazzale di ampliamento del parcheggio esistente a sud lato ferrovia.

**Nell'area del lotto Fase 1 sono stati predisposti gli interventi ed i manufatti di laminazione necessari alla compatibilità idraulica del lotto completo di Fase 1+Fase2.**

Come recapito finale delle acque meteoriche è stato individuato il fosso esistente a sud lungo la ferrovia, al quale ci si collega con opere previste in Fase 1.

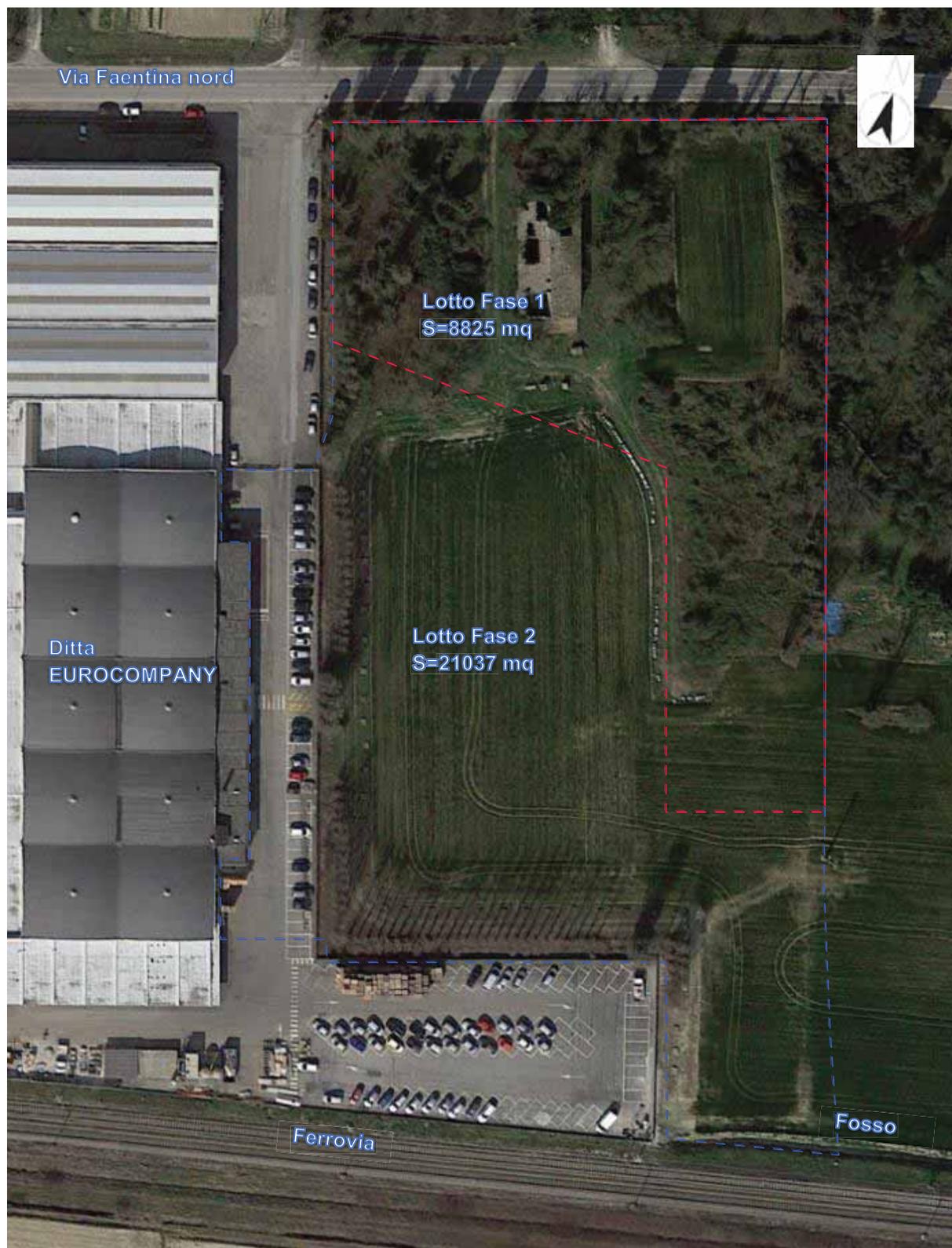


Figura 1: Vista aerea dell'area d'intervento (Lotto Fase 1 + Lotto Fase 2)

## 2. INQUADRAMENTO IDRAULICO

L'area d'intervento si trova a sud di via Faentina nord, lungo la quale esiste un canale di bonifica tombinato (Canaletta Vecchia Godo Monte) di competenza del Consorzio di Bonifica della Romagna, mentre a sud, lungo la ferrovia, a cielo aperto a partire dal bordo parcheggio sud esistente, è presente un fosso con deflusso in direzione est verso un attraversamento sotto ferrovia che confluisce nello Scolo Gianello a sud della ferrovia.



Foto 1: Fosso di recapito esistente lungo ferrovia

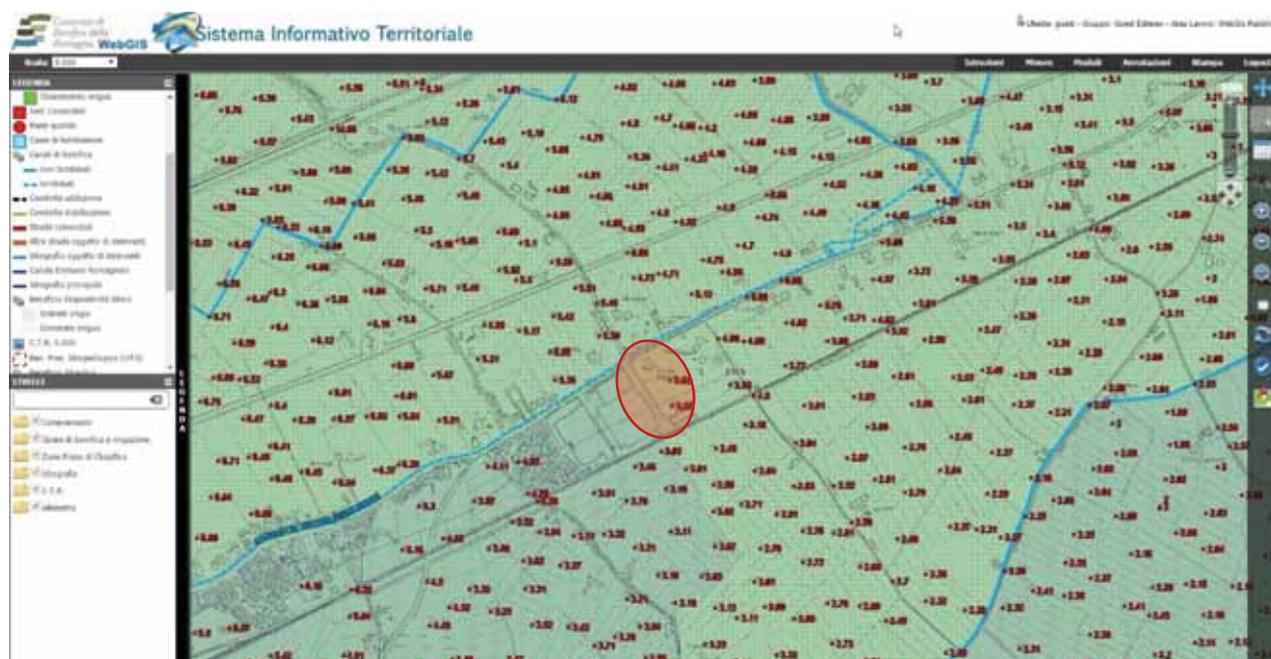


Figura 2: Idrografia esistente da mappa gis del Consorzio di Bonifica della Romagna, con localizzazione dell'area d'intervento

### 3. NORMATIVA E PIANIFICAZIONE IDRAULICA

La normativa vigente per quanto riguarda gli aspetti idraulici è costituita in particolare da:

- “Direttiva idraulica” del Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico dell’Autorità Bacini Regionali Romagnoli, approvata dal C.I. con Delib. N. 3/2 del 20.10.2003, adeguata alla variante della DGR 1877/2011 e recentemente modificata dalla “Variante di coordinamento PAI-PGRA” (DGR 2112/2016) – “Direttiva inerente le verifiche idrauliche e gli accorgimenti tecnici da adottare per conseguire gli obiettivi di sicurezza idraulica definiti dal Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico ai sensi degli articoli 2 ter, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 del Piano”.

Per quanto riguarda la gestione delle acque di “prima pioggia” invece:

- D.G.R. n. 286/2005 e D.G.R. n. 1860/2006 e loro criteri di applicazione secondo Linee Guida ARPA E.R. LG28/DT.

Per il primo aspetto, come evidenziato nell’estratto dalla mappa del P.G.R.A. regionale (Figura 3), l’area in oggetto ricade tra quelle soggette ad “Alluvioni poco frequenti M-P2” e fa parte del bacino dello “Scolo via Cupa” appartenente all’ambito territoriale “Reticolo Secondario di Pianura” e distante circa 2 km a sud della ferrovia. Il servizio tecnico competente fino al 2016 faceva riferimento all’Autorità di Bacino dei Fiumi Romagnoli, oggi incardinato presso l’Agenzia regionale per la sicurezza territoriale e la protezione civile.

Le mappe del PGRA sono state approvate dai Comitati Istituzionali delle Autorità di Bacino Nazionali il 3 marzo 2016.

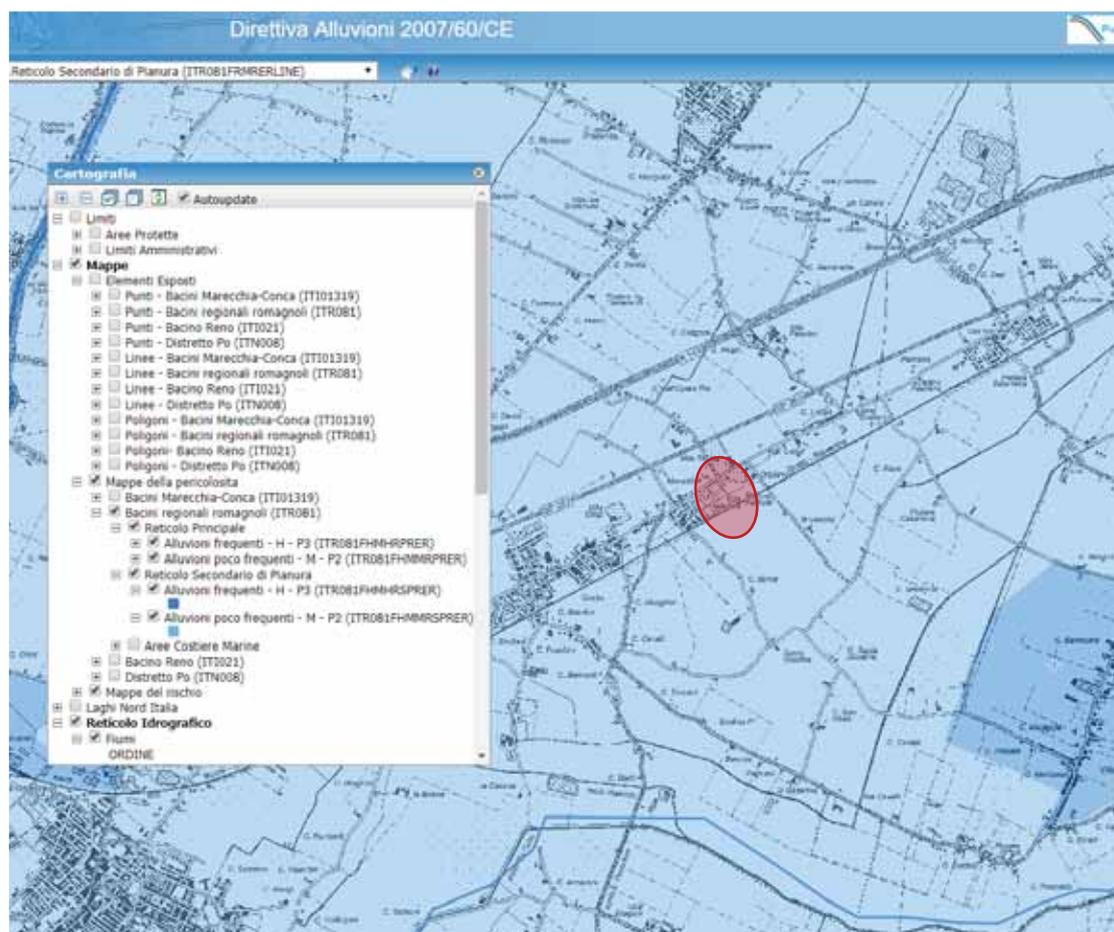
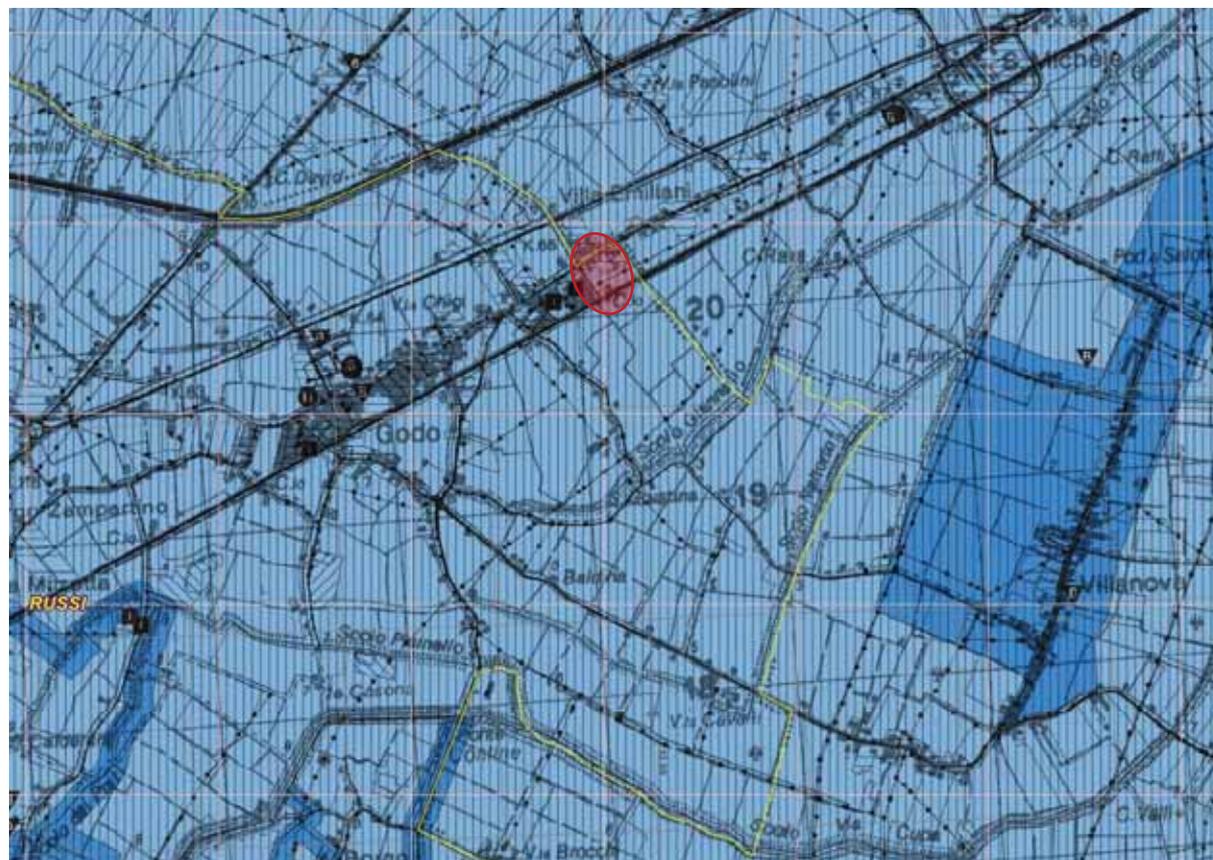


Figura 3: Mappe di pericolosità da “Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (P.G.R.A.) – GIS Regione Emilia Romagna: <http://servizimoka.regione.emilia-romagna.it>”

Le stesse conclusioni si possono dedurre dalla mappa di dettaglio di Figura 4, in cui si nota meglio l'idrografia del "Reticolo Secondario di Pianura", con uno scolo secondario che lungo via Baccinetta a sud della ferrovia termina nello "Scolo Giannello".



#### Legenda

#### Scenari di Pericolosità

- P3 – H (Alluvioni frequenti:  
tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità)
- P2 – M (Alluvioni poco frequenti:  
tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità)
- P1 – L (Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi)

Figura 4: Mappa di pericolosità da tav. "223SO MEZZANO"-Ambito territoriale Reticolo Secondario di Pianura - PGRA



**Legenda**

**Scenari di Pericolosità**

- P3 – H (Alluvioni frequenti:  
tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità)
- P2 – M (Alluvioni poco frequenti:  
tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità)
- P1 – L (Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi)

Figura 5: Mappa di pericolosità da tav. "223SO MEZZANO"-Ambito territoriale: Reticolo naturale principale e secondario di Pianura - PGRA

**ALLEGATO N. 6**  
**Tiranti idrici di riferimento per le aree di pianura sottoposte a rischio di allagamento (Art. 6)**  
**Scala 1:25000**  
**TAVV. 240 NO - 240 SO**  
Approvata dal Comitato Istituzionale con delibera n. 3/2 del 20 ottobre 2003 e s.m. e i.,  
come modificata dalla Variante di coordinamento PGRA-PAI,  
adottata dal Comitato Istituzionale con delibera n. 2/2 del 7 novembre 2016

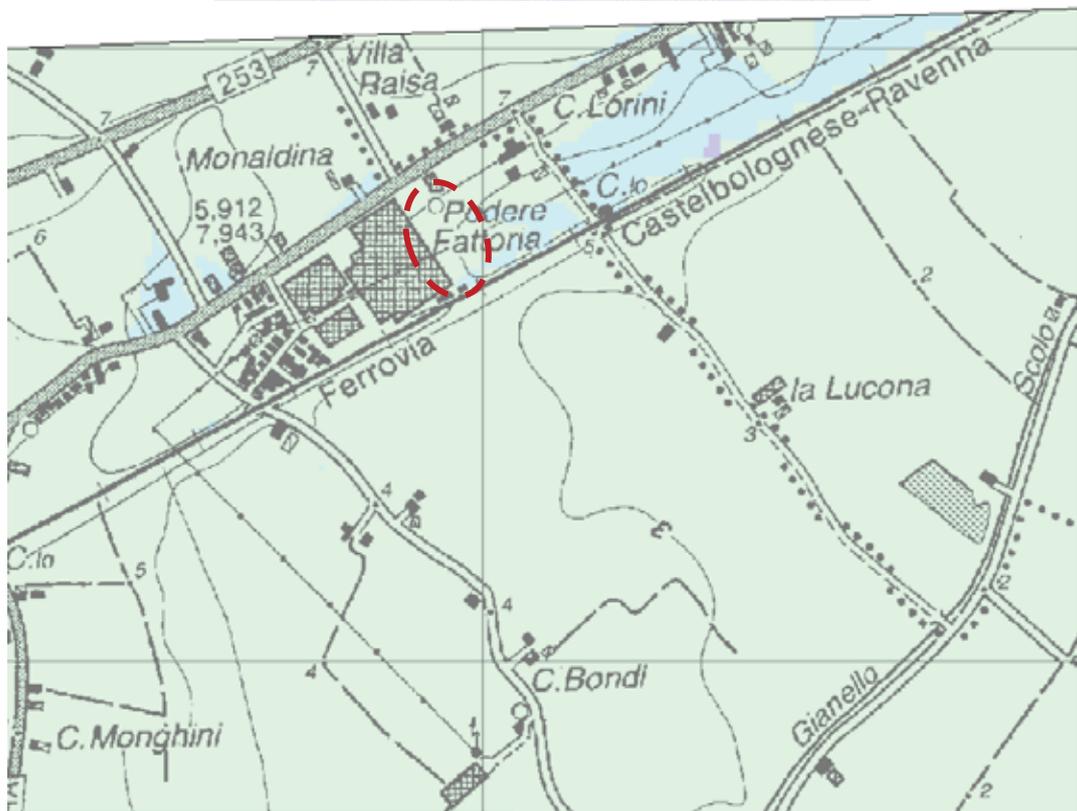
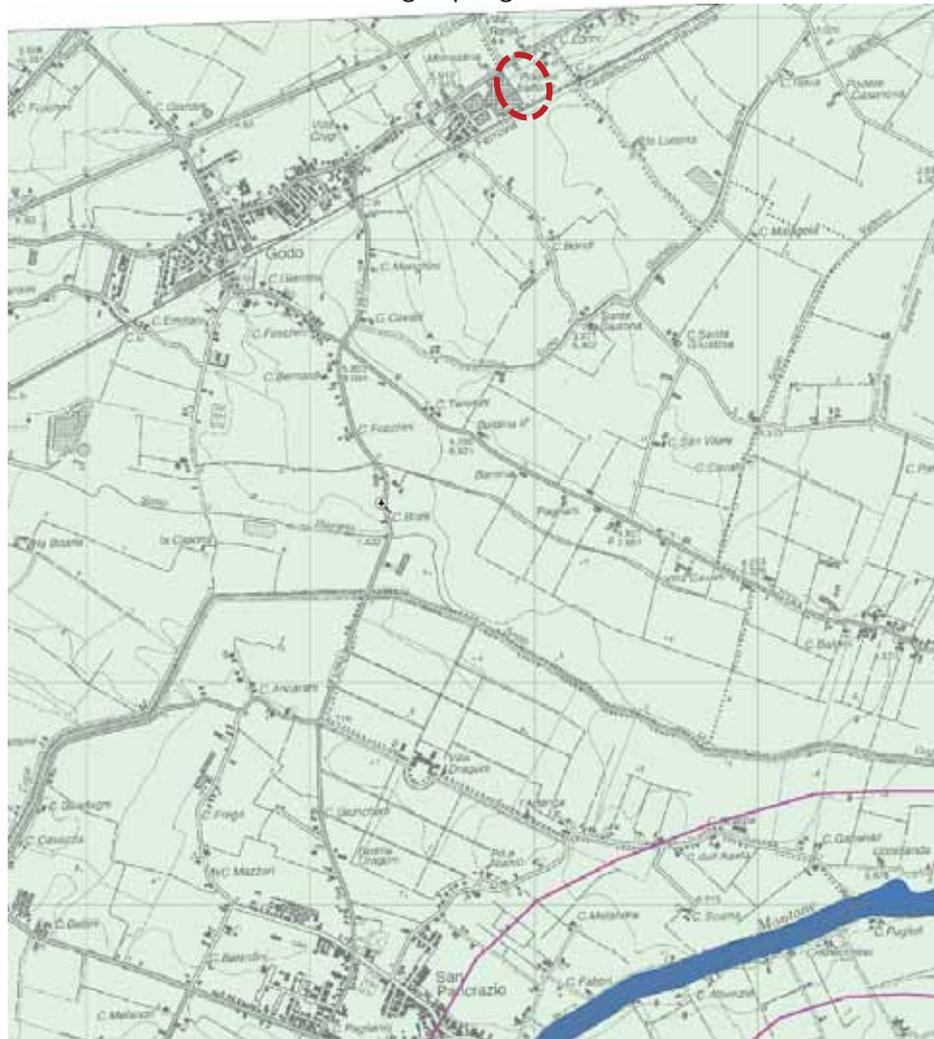


Figura 6: Estratto dall'Allegato N.6-TAVV.240 NO-240SO "Tiranti idrici di riferimento per le aree di pianura sottoposte a rischio di allagamento (Art. 6)" della Direttiva idraulica del Piano Stralcio per il rischio idrogeologico (adottata il 7/11/2016)– Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli

Secondo la mappa dei tiranti idrici di riferimento per le aree a rischio di allagamento (vedi **Figura 6**), l'area in studio ha un tirante idrico di riferimento fino a 50 cm (potenziale allagamento per  $Tr > 100$  anni). Si consideri che sul limite est del lotto viene prevista la continuità di recinzione su muro in c.a., soluzione che impedisce l'allagamento degli edifici e delle aree a parcheggio di progetto.

In **Figura 7** si evidenzia appunto come l'area in studio ricada tra quelle di potenziale allagamento come da art. 6, ma non sia soggetta a rischio idrogeologico.

Si procederà in relazione con il calcolo dei volumi di compensazione idraulica secondo la procedura definita dal Consorzio di Bonifica della Romagna per gli interventi di trasformazione territoriale.



**Aree a rischio idrogeologico**

**Titolo II - "Assetto della rete idrografica"**

-  **Art. 2 ter - alveo:**  piena ordinaria  porzione incisa
-  **Art. 3 - aree ad elevata probabilità di esondazione**
-  **Art. 4 - aree a moderata probabilità di esondazione**
-  **Art. 6 - aree di potenziale allagamento**
-  **Art. 10 - distanze di rispetto dai corpi arginali**

**Figura 7: Mappa di "Perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico" – Variante di coordinamento tra PRGA-Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico (adottata il 7/11/2016)**

Per il dilavamento delle aree esterne, alla luce delle D.G.R. 286/05 e 1860/06, si ritiene di dover prevedere l'esenzione dalla separazione e trattamento delle acque di "prima pioggia", in quanto le aree di raccolta di progetto sono aree/superfici esterne scoperte di stabilimenti/insediamenti adibite esclusivamente a parcheggio degli autoveicoli a servizio delle maestranze o dei clienti ovvero al transito di automezzi, anche pesanti, per le normali operazioni di carico e scarico.

Rientrano nella esenzione di cui sopra anche le aree/superfici esterne scoperte a servizio degli esercizi commerciali di cui all'art. 4 lettere d) ed e) del D.Lgs. 114/98 in materia di riorganizzazione del sistema commerciale, di seguito indicati:

- "esercizi di vicinato": quelli aventi una superficie di vendita non superiore a 150 m<sup>2</sup> o a 250 m<sup>2</sup> ricadenti rispettivamente in comuni con popolazione residente inferiore o superiore a 10000 abitanti;
- "medie strutture di vendita": quelli aventi superficie superiore ai limiti di 250 m<sup>2</sup> e fino a 1.500 m<sup>2</sup> nei comuni con popolazione residente inferiore a 10.000 abitanti e a 2.500 m<sup>2</sup> nei comuni con popolazione residente superiore a 10.000 abitanti.

Inoltre, l'attività di progetto non risulta tra quelle comprese al punto 8 dell'allegato alla delibera, soggette al trattamento delle acque di "prima pioggia", ma ricade tra le esclusioni di cui al punto A.1 della D.G.R. 1860/2006.

#### 4. RETE DI PROGETTO ACQUE METEORICHE E CALCOLO A MOTO UNIFORME

Si riporta in Figura 8 la rete idraulica di progetto.

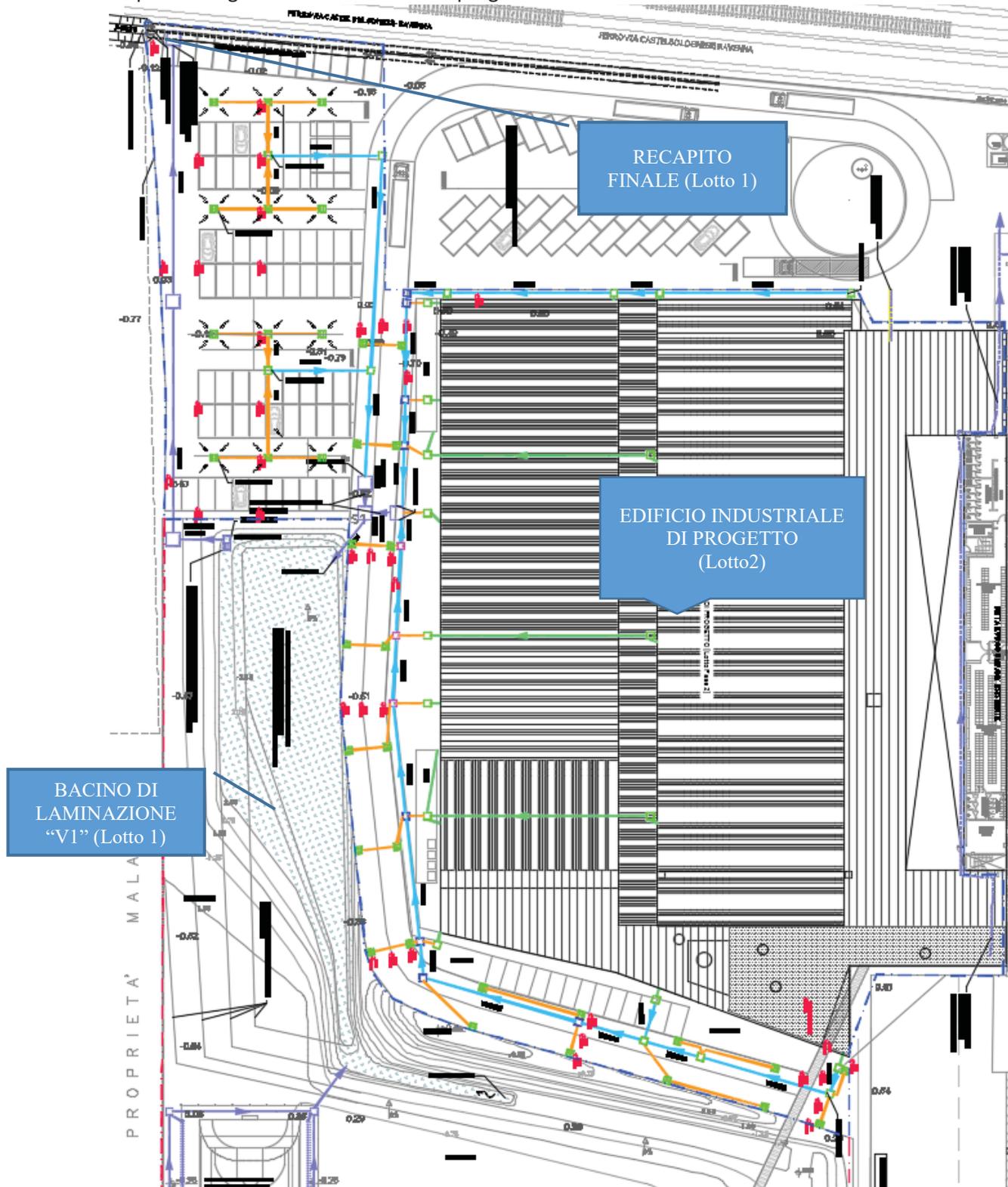


Figura 8 – Rete acque meteoriche di progetto Lotto Fase 2 (collettori principali azzurri, gialli e verdi secondari), in viola le opere da realizzare preventivamente in Lotto Fase 1 (compreso il bacino "V1")

Per il dimensionamento della rete acque bianche, alla luce delle dimensioni del bacino afferente e del tipo di rete, si sceglie una pioggia avente tempo di ritorno  $Tr=10$  anni. Si assumono coefficienti di afflusso alla rete cautelativamente pari ad 1 per le superfici lastricate od impermeabilizzate ed a 0,3 per quelle permeabili di qualsiasi tipo.

Per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica del Lotto Fase 1 è stata assunta la pioggia avente  $Tr=30$  anni e durata 2 ore, come prescritto dal Consorzio di Bonifica della Romagna.

Viste le ridotte dimensioni delle aree da drenare, i tempi di corrivazione risultano inferiori a 15 minuti, ragion per cui, dalla curva di possibilità pluviometrica  $Tr=30$  anni che il Consorzio fornisce per Ravenna, ottenuta per durate superiori a 1 ora:

$$h = 51.0 * t^{0.28} \quad [\text{con } h \text{ in mm e } t \text{ in ore}]$$

si opererà l'aumento cautelativo del +20% per tener conto del minor tempo di corrivazione.

Una ulteriore correzione è applicabile per ricavare la curva di pioggia per un tempo di ritorno  $Tr=10$  anni a partire da quella per  $Tr=30$  a disposizione. La Direttiva idraulica citata riporta la seguente tabella di riferimento per la correlazione tra fattori di frequenza  $K_{\phi}(T)$  sui vari tempi di ritorno, faremo riferimento ad essa.

| Tempo di ritorno | $K_{\phi}(T)$ medio |
|------------------|---------------------|
| T = 10 anni      | 1.23                |
| T = 20 anni      | 1.33                |
| T = 30 anni      | 1.38                |
| T = 50 anni      | 1.42                |
| T = 100 anni     | 1.47                |
| T = 200 anni     | 1.50                |
| T = 500 anni     | 1.52                |

Espressione approssimante:  $K_{\phi}(T) = 0.793 + 0.237 \cdot \ln(T) - 0.019 \cdot \ln^2(T)$

Il coefficiente correttivo che correla le altezze di pioggia con  $Tr=10$  rispetto a quelle con  $Tr=30$  sarà pari a  $1.23/1.38=0.891$ .

Per il dimensionamento dei collettori a moto uniforme si utilizzerà perciò la curva modificata per  $t < 1$  ora e  $Tr=10$  anni:

$$h = (51.0 * 1.2 * 0.891) * t^{0.28} = 54.5 * t^{0.28} \quad [\text{con } h \text{ in mm e } t \text{ in ore}]$$

Per lo scarico delle acque dalle aree di Fase 2 verso l'invaso aperto di laminazione di Fase 1 sono stati previsti 2 collettori dedicati, con relativi pozzetti di attestazione.

In particolare, i collettori previsti sono:

- C2: Tetto Capannone e relativi esterni Lotto Fase 2;
- C3: Parcheggio-piazzale Lotto Fase 2;

La portata meteorica  $Q$  di calcolo (in l/s) raccolta dalle superfici sarà determinata considerando un coefficiente  $\phi_m$  di deflusso medio dell'area considerata, di superficie  $S$  (in  $m^2$ ), con tempo di corrivazione  $T_c$  (in ore), dalla seguente formula razionale:

$$Q = S * \phi_m * [a(T) * T_c^{n-1}] / 3600$$

Il tempo di corrivazione viene ricavato con la seguente espressione:

$$T_c = T_e + T_r$$

dove  $T_e$  è il tempo di accesso in rete determinabile da tabelle disponibili in letteratura (10 min nel caso in esame), mentre

$$T_r = \sum \frac{L_i}{V_i}$$

è il tempo di "residenza" all'interno della rete (con una delle tante formulazioni alternative presenti in letteratura), posto  $L_i$  la lunghezza del condotto in metri e  $V_i$  velocità del flusso nei condotti (solitamente posta pari a 1 m/s).

Con i dati disponibili, si calcola:

$$T_r = 120\text{m}/1.0 = 120 \text{ sec} = 2 \text{ min}$$

Si ottiene quindi un tempo di corrivazione  **$T_c = 12 \text{ min}$** .

Le portate di calcolo dei 2 collettori di progetto recapitanti nell'invaso interno al lotto di Fase 1, con la pioggia avente  $TR=10$  anni, assumono i valori:

$$Q_{C2} = 9106 * I * [54.5 * (12/60)^{0.28-1}] / 3600 = 439.2 \text{ l/s}$$

$$Q_{C3} = 2327 * I * [54.5 * (12/60)^{0.28-1}] / 3600 = 112.2 \text{ l/s}$$

$$Q_{C2,C3} = Q_{C2} + Q_{C3} = 551.4 \text{ l/s}$$

Per i relativi collettori, assunti a pendenza  $p\%$ , in PEAD strutturato, liscio internamente, quindi con coefficiente di scabrezza  $K_s=90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  secondo Gauckler Strickler, si scelgono i seguenti diametri nominali (esterni) che danno luogo a gradi di riempimento  $GR\%$  inferiori alla soglia limite del 90%:

C2: DN 630  $p=1.0\%$  →  $GR=77\%$

C3: DN 400  $p=0.5\%$  →  $GR=89\%$

La rete di scolo acque meteoriche per strada e parcheggi auto sarà costituita da caditoie sifonate con griglia in ghisa, aventi superficie di raccolta massima (Figura 9):

$$\text{Strada: } 15 * 8.5 / 2 = 64 \text{ m}^2$$

$$\text{Parcheggio: } 16 * 8 = 128 \text{ m}^2$$



**Figura 9 – Sezione stradale con raccolta acque**

Le relative portate di calcolo con  $Tr=10$  anni e cautelativamente  $T_c=10 \text{ min}$ , sono:

$$Q_{cad, str} = 64 * I * [54.5 * (10/60)^{0.28-1}] / 3600 = 3.5 \text{ l/s}$$

$$Q_{cad, park} = 128 * I * [54.5 * (10/60)^{0.28-1}] / 3600 = 7.0 \text{ l/s}$$

La superficie forata 40x40 cm della singola griglia risulta adeguata allo smaltimento di tale portata, infatti con riferimento alla teoria delle correnti a caduta libera (J. Hopkins University e Stephenson, 1981), con pendenza della superficie afferente al 2%, la griglia è in grado di smaltire una portata 7.4 l/s con 7 cm di carico idraulico.

Come tubazione di scarico si sceglie un PVC DN160 a pendenza min 0.5%, in grado di far transitare una portata di almeno 9.7 l/s con grado di riempimento 90%.

In alcuni casi le caditoie sono collegate assieme in numero massimo di 3, con portata di calcolo totale  $7.0 * 3 = 21.0$  l/s.

Per tali portate si sceglie una tubazione di scarico DN200 a pendenza almeno 1.0%, in grado di far transitare una portata di almeno 25.1 l/s con grado di riempimento 90%.

## 5. INVARIANZA IDRAULICA

Secondo le prescrizioni della citata "Direttiva idraulica" del Piano Stralcio, sono state calcolate le opere di laminazione della portata necessarie per la compatibilità idraulica dell'intervento secondo il principio dell'invarianza idraulica. Si riporta in Figura 10 un dettaglio dell'opera di laminazione di progetto Fase 1, necessaria al soddisfacimento delle prescrizioni d'invarianza del lotto globale Fase1+Fase2 (21.037 m<sup>2</sup>) e con le predisposizioni di scarico dalle aree di Fase 2.

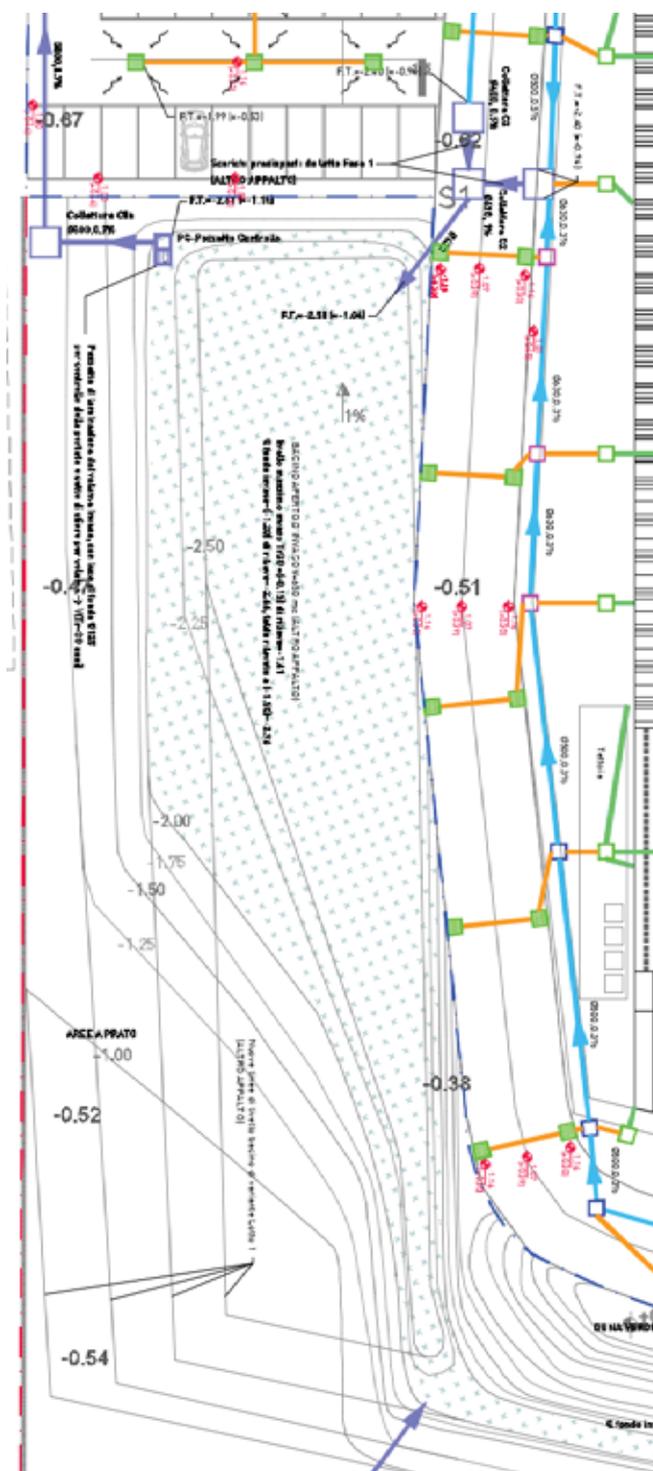


Figura 10: Bacino di laminazione aperto di progetto Fase 1, con predisposizione scarichi da Lotto Fase 2

Secondo le prescrizioni da parte dell'ente gestore del fosso di recapito a sud, Consorzio di Bonifica della Romagna, sede di Ravenna, è stato assunto il parametro di **portata specifica limite di 10 l/s,ha (coefficiente udometrico) applicato alle aree permeabili esistenti e 90 l/s,ha per le aree impermeabili esistenti.**

Per il lotto d'intervento (fase 1 + fase 2) si ottiene perciò:

$$Q_{Umax} = 10 * (21037-2157)/10000 + 90*2157/10000 = 38.29 \text{ l/s}$$

Per posti auto e viabilità del Lotto di Fase 2, come da calcoli d'invarianza (per dettagli si rimanda alla Relazione idrologico idraulica Ier001 del progetto esecutivo Lotto 1), si conferma la tipologia di pavimentazione impermeabile in conglomerato bituminoso.

#### STATO POST OPERAM (Fase 2)

|                                     |                                       |                             |
|-------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| Superfici impermeabili di progetto: | Copertura nuovo edificio lotto Fase 2 | 7620 m <sup>2</sup>         |
|                                     | Strada e park Fase 2 (asfalto)        | 3883 m <sup>2</sup>         |
| Superfici verdi di progetto:        | Prato Fase 2                          | <u>709 m<sup>2</sup></u>    |
|                                     | <i>Totale</i>                         | <i>12.212 m<sup>2</sup></i> |

L'invarianza dell'intero lotto viene garantita dall'invaso aperto in terra per un volume utile di circa 650 mc da realizzare in Fase 1, con relativo manufatto di scarico con strozzatura a luce di scarico DN 125 mm con valvola antiritorno e finestra di sfioro di troppo pieno verso il recapito finale (collettore acque bianche DN800 della ditta, in prossimità dello scarico nel fosso lungo ferrovia).

## **6. VERIFICA IN MOTO VARIO CON MODELLAZIONE DEL SOFTWARE EPA-SWMM**

Dato che nelle condizioni critiche relative al volume d'invaso, cioè pioggia di durata 2 ore e tempo di ritorno 30 anni, il livello dell'acqua nel bacino, al cui scarico c'è una luce di diametro 125 mm con valvola antiritorno, è tale da generare rigurgito nelle tubazioni di monte risalendo a partire dal livello invasato nel bacino, dunque non risultano più valide le ipotesi di moto uniforme.

Essendo necessaria una modellazione matematica a moto vario, si decide di modellare la rete con software EPA's Storm Water Management Model (SWMM), prodotto dal dipartimento della protezione ambientale statunitense – United States Environmental Protection Agency (EPA) – dal 1971, aggiornato ed ottimizzato fino alla corrente versione 5.1.012.

Si tratta di un modello idraulico monodimensionale che permette la simulazione qualitativa e quantitativa del completo ciclo idrologico applicato alle reti di scolo delle acque meteoriche sia a cielo aperto, canali e reti bonifica, sia tombinate, reti urbane, suburbane e di fognatura.

La schematizzazione della rete di progetto è costituita dai seguenti elementi di carattere geometrico:

- sottobacini ("subcatchments") coincidenti con porzioni dell'intera area analizzata;
- rete di drenaggio ("link") corrispondenti alla rete di tubazioni;

Il bacino viene schematizzato come un aggregato di sottobacini e di tubazioni. I dati relativi alle precipitazioni possono essere inseriti come intensità o come altezza cumulata di precipitazione.

L'afflusso è considerato uniformemente distribuito su tutto il bacino e la trasformazione degli afflussi in deflussi viene fatta secondo la schematizzazione di un serbatoio non lineare. La portata in ingresso è calcolata sulla base della precipitazione, la portata in uscita, che rappresenta l'idrogramma in ingresso alla rete, è ridotta dalle perdite dovute all'evaporazione, all'infiltrazione e alla capacità d'invaso del bacino stesso.

Il volume di questi ipotetici serbatoi è dato dalla capacità di immagazzinamento delle depressioni. Il deflusso superficiale si innesca quando l'altezza d'acqua nel serbatoio supera l'altezza delle depressioni. Ogni sottobacino viene considerato come una superficie inclinata divisa in zone permeabili e impermeabili, equamente distribuite ai lati del serbatoio.

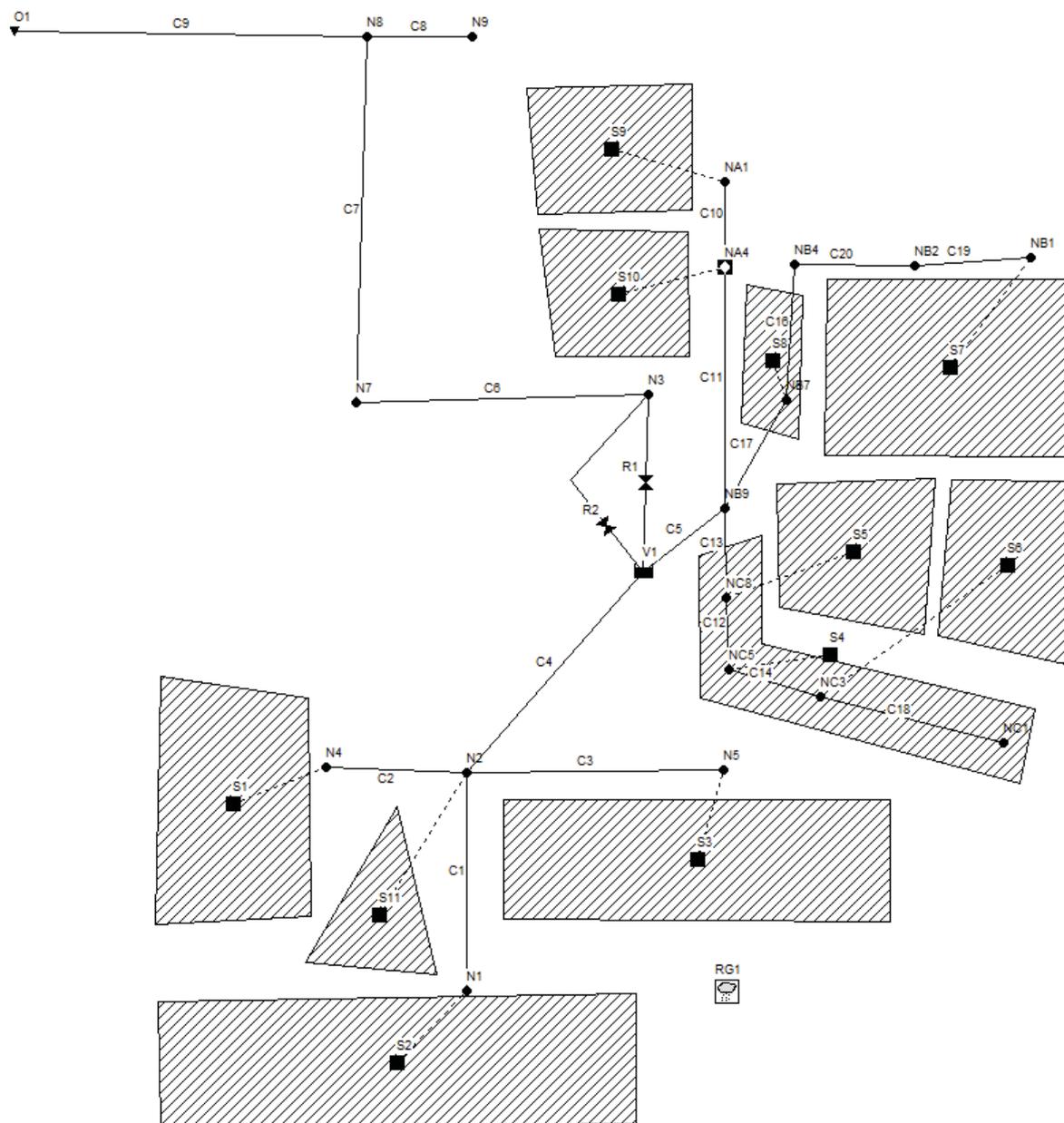
Nella fattispecie, si è ipotizzato a favore di sicurezza che, trattandosi di tetti impermeabili e pavimentazioni in conglomerato bituminoso, la porzione permeabile in cui possa avvenire una certa infiltrazione sia pari a zero ( $\%I=100$ ), ciò equivale ad assumere un coefficiente di deflusso  $\varphi=0.95-1.00$ , dunque assunzione simile a quella di  $\varphi=1$  del metodo razionale.

In dipendenza delle ridotte pendenze da realizzare sui vari bacini (subcatchments), 0.5% circa, sarebbe possibile assumere un'altezza di immagazzinamento  $dp=3-5$  mm nelle depressioni impermeabili, ma a favore di sicurezza assumeremo  $dp=0$ .

Come larghezza  $W$  dei sottobacini si assume in genere un valore attorno ai 50m. Per le aree impermeabili assumeremo un Manning's  $n=0.011$ , per quelle permeabili  $n=0.10$ .

Il modello SWMM analizza il moto vario mediante la risoluzione delle equazioni di De Saint-Venant nella loro forma completa. Per evitare problemi di instabilità del modello di calcolo, assumeremo un passo di calcolo molto breve,  $\Delta t=5$  sec.

Nel caso in progetto si farà uso dei vari elementi: rain gages, subcatchments, junctions, conduicts, storage units, outfalls, flow regulators (orifices, weirs). Si riporta in Figura 11 lo schema della rete con bacini scolanti, nodi principali e collettori.



**Figura 11: Rete globale (Lotto 1+Lotto 2) modellata in EPA SWMM, il collettore C5 recapita tutte le acque dal Lotto 2 nell'invaso aperto "V1", il C11 la zona parcheggi**

Si verificheranno dunque le due condizioni critiche, rispettivamente per il colmo delle portate e per il massimo dei volumi da invasare:

- A) TR=10 anni, d=12 min
- B) TR=30 anni, d=2 ore.

Dall'analisi idrologica si ottengono le intensità di precipitazione nelle due condizioni da analizzare:

- A)  $j=173.64$  mm/ora, d=12 min
- B)  $j=30.96$  mm/ora, d=2 ore

Lo ietogramma  $j$  che utilizzeremo è rettangolare (valore costante per tutta la durata  $d$ ), generalmente il più usato nei calcoli di dimensionamento e verifica di reti di fognatura bianca di piccole dimensioni, sebbene si possano utilizzare altri tipi di distribuzione (ad es. Chicago).

### 6.1. CONDIZIONE A): $T_r = 10$ ANNI, $D = 12$ MINUTI

Il collettore C5 di scarico globale dal Lotto 2, in condizione A) fa defluire una portata di 487.9 l/s al colmo ( $t=12$  min), dunque leggermente inferiore a quella che si otteneva nell'ipotesi di moto uniforme ( $Q_{C2,C3} = 551.4$  l/s), questo è dovuto soprattutto all'influenza del bacino verso monte.

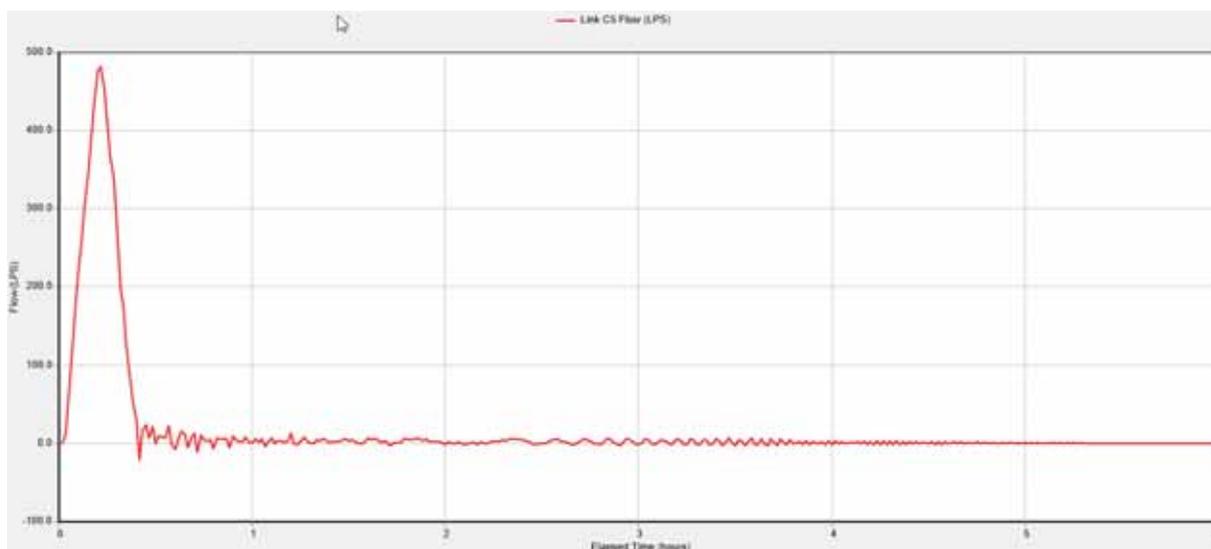


Figura 12: Idrogramma delle portate in condizioni A) per il collettore di scarico globale Lotto 2

In tale condizione il bacino di laminazione si riempie al massimo per circa 72 cm, dunque fino alla quota -1.94 (fondo a -2.66 m dallo 0 in strada), ma questo avviene al tempo  $t=22$  min (Figura 13), dunque quando il colmo della portata per  $t=t_c=12$  min nei collettori è già transitato (Figura 14).

Ne risentono solo gli ultimi tratti prossimi al bacino, si veda ad esempio i collettori C10-C11 parcheggi in Figura 15.

Nelle successive 8 ore dal termine della pioggia il bacino si svuota completamente tramite la luce di controllo della portata.

Tali condizioni risultano accettabili.

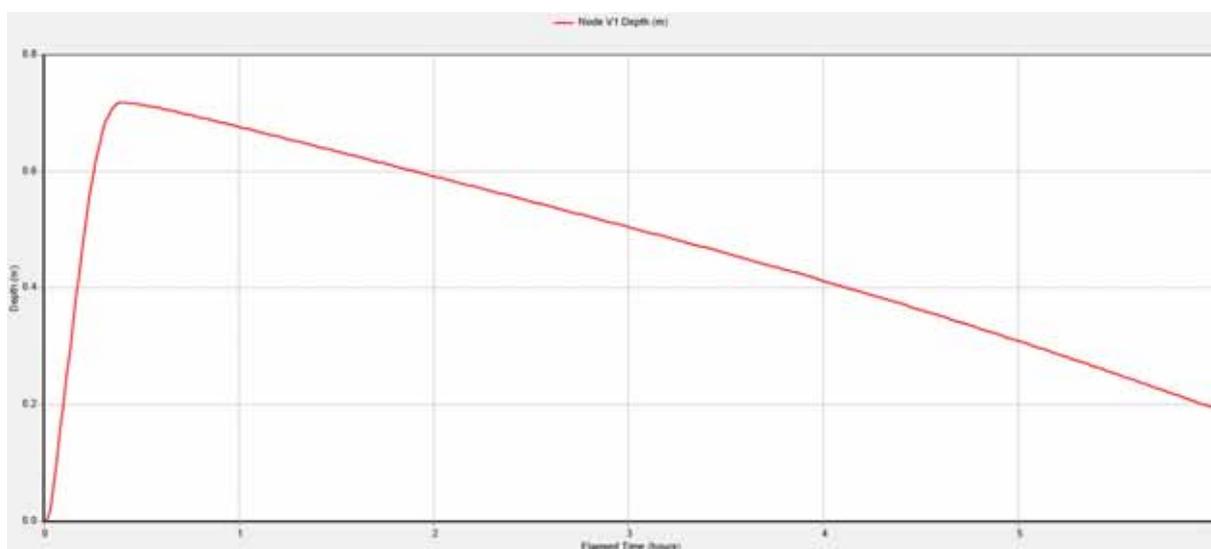


Figura 13: Livello dell'acqua nel bacino di laminazione in condizioni A)

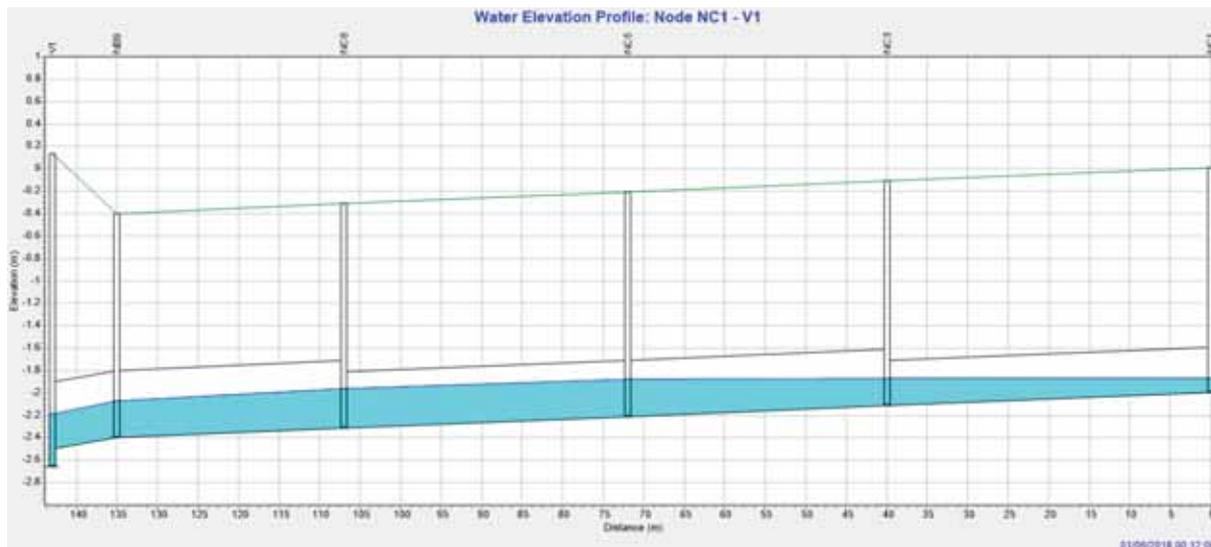


Figura 14: Profilo di corrente nel collettore stradale fino al bacino V1 in condizioni A), al tempo  $t=t_c=12$  min

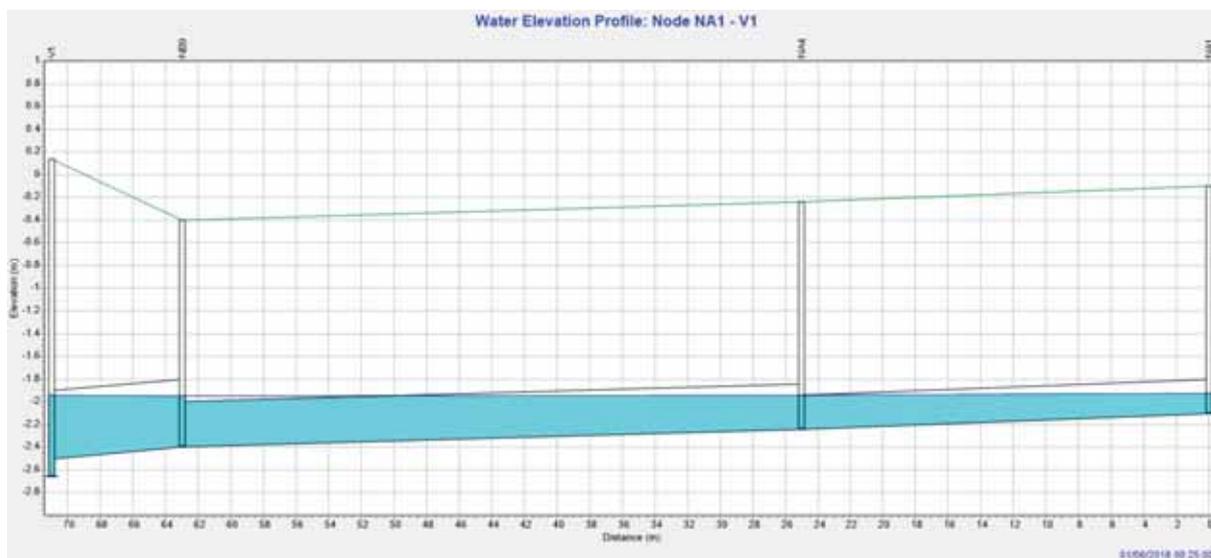
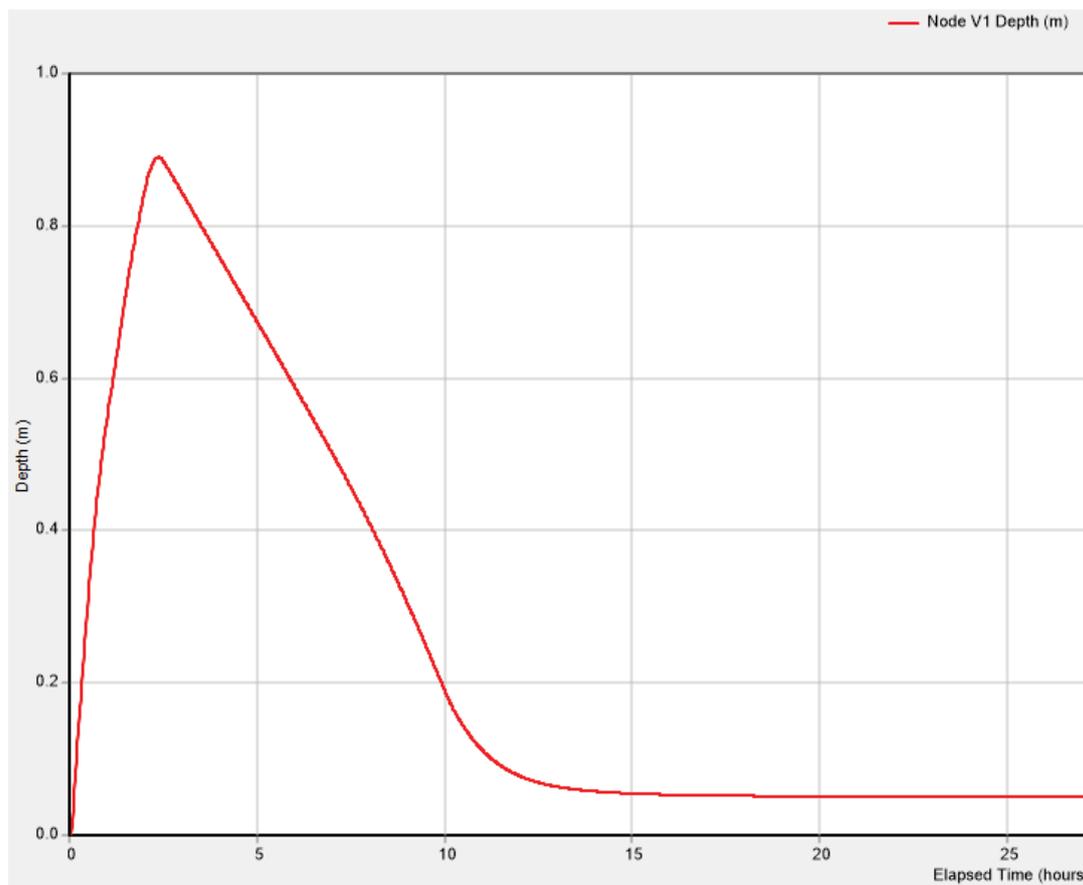


Figura 15: Profilo di corrente nel collettore parcheggi fino al bacino V1 in condizioni A), al tempo  $t=25'$

## 6.2. CONDIZIONE B): $T_R=30$ ANNI, $D=2$ ORE

In condizione B) verificheremo il livello di riempimento dei collettori della rete del Lotto 2, in quanto il bacino di laminazione ricevente a valle della stessa, risulta riempirsi fino ai livelli massimi di progetto e la portata defluente dal collettore C5 oscilla tra 100 e 300 l/s a causa del rigurgito durante l'evento di pioggia.



**Figura 16: Livello dell'acqua nel bacino di laminazione in condizioni B)**

In tale condizione il bacino di laminazione si riempie al massimo per circa 88 cm, dunque fino alla quota -1.78 m (riferito allo 0 in strada), al tempo  $t=2$  h 20 min (Figura 16), svuotandosi nelle successive 12 ore (a meno di qualche centimetro sul fondo che in breve evapora o si infiltra).

Il volume invasato nel bacino raggiunge un massimo di circa 590 mc, dunque inferiore ai 650 mc utili derivanti dal calcolo dell'invarianza per il quale viene realizzato.

Tali condizioni risultano accettabili.

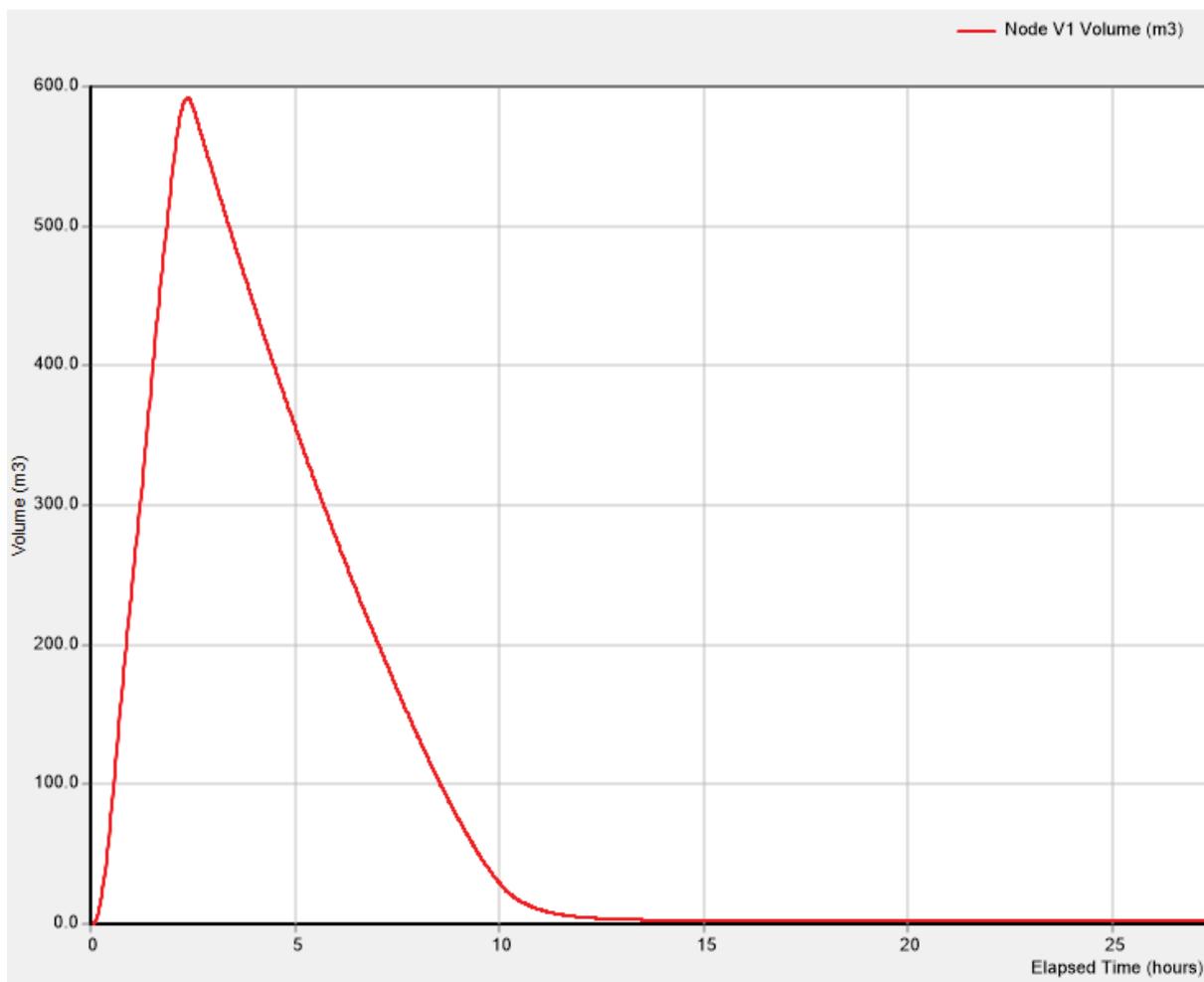


Figura 17: Volume invasato nel bacino V1 in condizioni A)

A titolo di esempio, in Figura 18 e Figura 19, si riportano i profili di corrente nel collettore stradale ed in quello dei parcheggi al tempo  $t=2$  h 20 min (sempre riferiti allo 0 in strada).

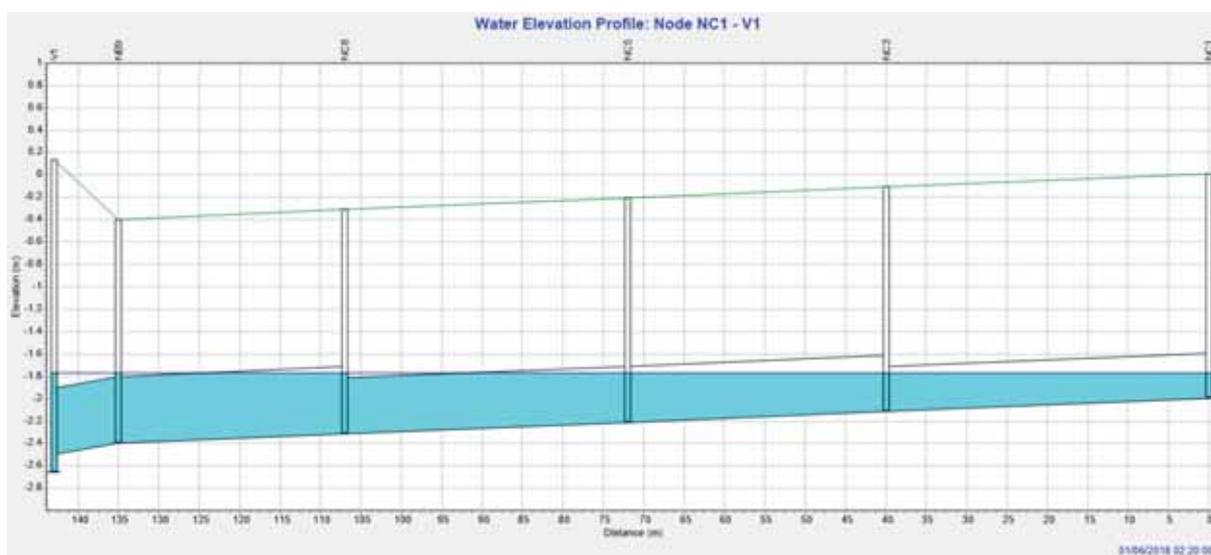
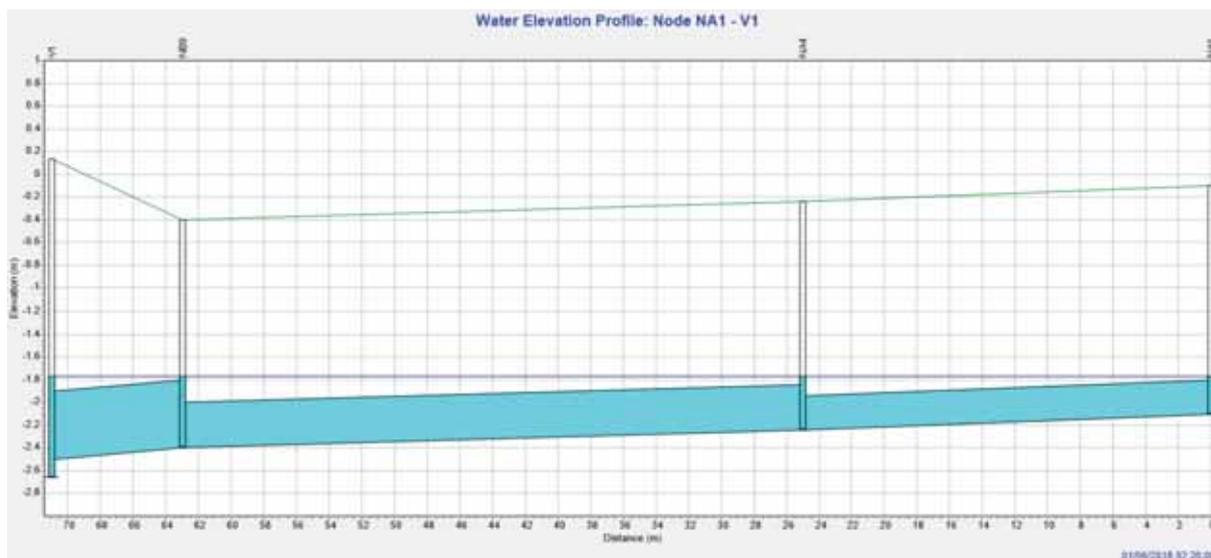


Figura 18: Profilo di corrente nel collettore stradale fino al bacino V1 in condizioni B), al tempo  $t=2$  h 20' (colmo del livello dell'acqua)



**Figura 19: Profilo di corrente nel collettore parcheggi C10-C11 fino al bacino V1 in condizioni B), al tempo t=2h 20' (colmo del livello dell'acqua)**

Con tali livelli dell'acqua (circa -1.76 m), solo i tratti finali dei collettori risultano a sezione piena, per circa 1 ora dall'istante t=2 h fino a t=3 h, ma senza ulteriori problemi di fuoriuscite dai pozzetti (piano finito a quota -1.00÷-1.07 m).

Si consideri infatti che oltre il livello -1.61 m (tempi di ritorno superiori a 30 anni), entra in azione la soglia di emergenza del pozzetto di controllo del bacino di laminazione, per cui l'eccesso sfiorerà direttamente verso il fosso della ferrovia. Si evidenzia come sia stata assunta una portata in transito nel fosso di recapito pari a 800 l/s, che da luogo ad un riempimento costante di 1.1 m su di esso. Le condizioni di deflusso nella rete di progetto risultano accettabili.

## 7. QUOTE DI PROGETTO

La strada di via Faentina nord, in corrispondenza dell'accesso alla ditta, si trova alla quota relativa +1.46 m rispetto allo 0 di rilievo, tale livello viene assunto come ulteriore riferimento altimetrico (0 stradale). Si assume come livello di piano terra dell'edificio industriale la quota -1.00 m riferita allo 0 stradale. Per marciapiede e strada edificio industriale e parcheggi sud compresi nel lotto di Fase 2, indicativamente si prevedono delle quote di progetto variabili tra -1.00 e -1.16 rispetto allo 0 stradale, ovvero tra +0.46 e +0.30 m riferite allo 0 di rilievo.

Attualmente il piano campagna delle aree è a quota variabile tra circa +0.00 e -0.80 m rispetto allo 0 di rilievo, dunque mediamente a -0.40 m di rilievo (-1.86 m sullo 0 stradale), per cui necessita un riporto in quota mediamente di circa 80 cm.