

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



## INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

**LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA      Tratta MILANO – VERONA**  
**Lotto funzionale Brescia-Verona**

### PROGETTO ESECUTIVO

**IV40 – CVF BRESCIA EST SU LINEA STORICA pk 106+100,000**

### RELAZIONE TECNICO - DESCRITTIVA

|                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| GENERAL CONTRACTOR            | DIRETTORE LAVORI |
| Consorzio<br><b>Cepav due</b> |                  |
| Data: _____                   | Data: _____      |

|          |       |      |      |          |                  |       |     |
|----------|-------|------|------|----------|------------------|-------|-----|
| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA/DISCIPLINA | PROGR | REV |
| I N O R  | 1 2   | E    | E 2  | R O      | I V 4 0 0 0      | 0 0 2 | B   |

| PROGETTAZIONE |                   |           |          |            |          |                         |          | IL PROGETTISTA  |
|---------------|-------------------|-----------|----------|------------|----------|-------------------------|----------|---|
| Rev.          | Descrizione       | Redatto   | Data     | Verificato | Data     | Progettista Integratore | Data     |   |
| A             | Emissione         | Terribile | 19/07/19 | Beltrami   | 19/07/19 | Liani                   | 19/07/19 | Dott. Ing. Carlo M.A. BELTRAMI<br>Ordine Ingegneri Milano n. A21004<br>Data: __ 09/07/20 __ |
| B             | Revisione interna | Terribile | 09/07/20 | Beltrami   | 09/07/20 | Liani                   | 09/07/20 |   |
| C             |                   |           |          |            |          |                         |          |   |

CIG. 751447334A

File: INOR12EE2ROIV4000002B\_02.docx



Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea

CUP: F81H91000000008

**INDICE**

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1.     | PREMESSA.....                                   | 3  |
| 2.     | NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....                  | 4  |
| 3.     | DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....                   | 5  |
| 4.     | DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....                | 6  |
| 4.1.   | IL TRACCIATO .....                              | 6  |
| 4.2.   | LA SEZIONE TIPO.....                            | 7  |
| 4.3.   | LA SOVRASTRUTTURA .....                         | 8  |
| 4.4.   | DEVIAZIONE VIABILITÀ ESISTENTE .....            | 8  |
| 5.     | BARRIERE DI SICUREZZA.....                      | 8  |
| 6.     | SISTEMA DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE.....         | 9  |
| 6.1.   | MODELLAZIONE AFFLUSSI – DEFLUSSI.....           | 9  |
| 6.2.   | PIATTAFORMA STRADALE .....                      | 10 |
| 6.2.1. | <i>Cunette alla francese</i> .....              | 10 |
| 6.2.2. | <i>Caditoie grigliate</i> .....                 | 10 |
| 6.2.3. | <i>Collettori circolari in PEad</i> .....       | 11 |
| 6.3.   | CRITERI DI DIMENSIONAMENTO .....                | 11 |
| 6.3.1. | <i>Cunette alla francese</i> .....              | 11 |
| 6.3.2. | <i>Interasse delle caditoie grigliate</i> ..... | 12 |
| 6.4.   | CALCOLI .....                                   | 12 |

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 RO IV 400 0 002

Rev.  
B

Foglio  
3 di 16

## 1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è il progetto esecutivo della viabilità denominata: IV40 - CVF BRESCIA EST SU LINEA STORICA previsto nel comune di Mazzano, in provincia di Brescia, nell'ambito delle opere di attraversamento stradale connesse alla realizzazione della linea ferroviaria Torino – Venezia, tratta Milano – Verona.

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si elencano di seguito, a titolo indicativo e non esaustivo, alcune disposizioni di legge vigenti:

- D.M. 5 novembre 2001 – Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade
- D.M. 22 aprile 2004 – Modifica del decreto 5 novembre 2001, n. 6792, recante “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”
- D.M. 19/04/2006 – Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni Stradali
- Regolamento Regionale della Lombardia 24/04/2006 n.7 – Norme tecniche per la costruzione delle strade
- Decreto Legislativo 30 aprile 1992 n. 285– Nuovo codice della strada
- D.P.R. 16 dicembre 1992 n. 495 – Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada
- D.Lgs. 15 gennaio 2002 n. 9 – disposizioni integrative e correttive del nuovo codice della strada, a norma dell’articolo 1, comma 1, della L. 22 marzo 2001, n. 85
- D.L. 20 giugno 2002 n. 121 – disposizioni urgenti per garantire la sicurezza nella circolazione stradale
- L. 1 agosto 2002 n. 168 – conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 20 giugno 2002, n. 121, recante disposizioni urgenti per garantire la sicurezza nella circolazione stradale
- D.L. 27 giugno 2003 n. 151 – modifiche ed integrazioni al codice della strada
- L. 1 agosto 2003 n. 214 – conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 27 giugno 2003, n. 151, recante modifiche ed integrazioni al codice della strada
- D.M.LL.PP. 18 febbraio 1992, n. 223 (G.U. n. 139 del 16.6.95) – barriere stradali di sicurezza
- D.M.LL.PP. 15 ottobre 1996 (G.U. n. 283 del 3.12.96) – Aggiornamento del decreto ministeriale 18 febbraio 1992, n. 223, recante istruzioni tecniche per la progettazione, l’omologazione e l’impiego delle barriere stradali di sicurezza
- D.M.LL.PP. del 3 giugno 1998 – Ulteriore aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l’omologazione e l’impiego delle barriere stradali di sicurezza e delle prescrizioni tecniche per le prove ai fini dell’omologazione
- D.M.LL.PP. del 11 giugno 1999 – Integrazioni e modificazioni al decreto ministeriale 3 giugno 1998, recante “Aggiornamenti delle istruzioni tecniche per la progettazione, l’omologazione e l’impiego delle barriere stradali di sicurezza“
- D.M.LL.PP. 2 agosto 2001 (G.U. n. 301 del 29.12.01) – Proroga dei termini previsti dall’art. 3 del D.M. 11 giugno 1999, inerente le barriere stradali di sicurezza
- D.M.II.TT. 23 dicembre 2002 – Proroga dei termini previsti dall’articolo 1 del D.M. 02/08/2011, inerente le barriere stradali di sicurezza
- D.M.II.TT. 21 giugno 2004 n.2367 – Aggiornamento del D.M.LL.PP. n. 233/92 e successive modificazioni, recante istruzioni tecniche per la progettazione, l’omologazione e l’impiego delle barriere stradali di sicurezza

### 3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Nel seguito si riporta l'elenco elaborati della WBS IV40 da cui la presente relazione costituisce parte integrante.

| CODICE |    |   |    |   |   |    |    |   |   |     | DESCRIZIONE  |
|--------|----|---|----|---|---|----|----|---|---|-----|--|
| IN0R   | 12 | E | E2 | R | O | IV | 40 | 0 | 0 | 001 | Relazione generale   |
| IN0R   | 12 | E | E2 | R | O | IV | 40 | 0 | 0 | 002 | Relazione tecnico-descrittiva  |
| IN0R   | 12 | E | E2 | R | O | IV | 40 | 0 | 0 | 003 | Relazione di confronto PD/PE   |
| IN0R   | 12 | E | E2 | R | B | IV | 40 | 0 | 0 | 001 | Relazione geotecnica   |
| IN0R   | 12 | E | E2 | C | L | IV | 40 | A | 0 | 001 | Relazione di calcolo strutture   |
| IN0R   | 12 | E | E2 | C | L | IV | 40 | A | 1 | 001 | Relazione di calcolo opere di sostegno degli scavi propedeutiche alla realizzazione della spalla |
| IN0R   | 12 | E | E2 | C | L | IV | 40 | A | 1 | 002 | Opere di sostegno degli scavi - Tabulati di calcolo  |
| IN0R   | 12 | E | E2 | 4 | T | IV | 40 | 0 | 0 | 001 | Tabella materiali  |
| IN0R   | 12 | E | E2 | P | 8 | IV | 40 | 0 | 0 | 001 | Planimetria di progetto  |
| IN0R   | 12 | E | E2 | P | 8 | IV | 40 | 0 | 0 | 002 | Planimetria di tracciamento  |
| IN0R   | 12 | E | E2 | F | 7 | IV | 40 | 0 | 0 | 001 | Profilo longitudinale generale dell'opera  |
| IN0R   | 12 | E | E2 | W | 9 | IV | 40 | C | 0 | 001 | Sezioni trasversali rampe - tav. 1/5   |
| IN0R   | 12 | E | E2 | W | 9 | IV | 40 | C | 0 | 002 | Sezioni trasversali rampe - tav. 2/5   |
| IN0R   | 12 | E | E2 | W | 9 | IV | 40 | C | 0 | 003 | Sezioni trasversali rampe - tav. 3/5   |
| IN0R   | 12 | E | E2 | W | 9 | IV | 40 | C | 0 | 004 | Sezioni trasversali rampe - tav. 4/5   |
| IN0R   | 12 | E | E2 | W | 9 | IV | 40 | C | 0 | 005 | Sezioni trasversali rampe - tav. 5/5   |
| IN0R   | 12 | E | E2 | W | 9 | IV | 40 | A | 5 | 001 | Sezioni trasversali impalcato  |
| IN0R   | 12 | E | E2 | W | Z | IV | 40 | C | 0 | 001 | Sezioni tipo rampe   |
| IN0R   | 12 | E | E2 | P | 8 | IV | 40 | 0 | B | 001 | Planimetria delle barriere di sicurezza e segnaletica  |
| IN0R   | 12 | E | E2 | P | Z | IV | 40 | 0 | 8 | 001 | Planimetria idraulica  |
| IN0R   | 12 | E | E2 | B | Z | IV | 40 | A | 1 | 001 | Opere di sostegno - Piante, sezioni e particolari  |
| IN0R   | 12 | E | E2 | F | 6 | IV | 40 | 0 | 0 | 001 | Profilo geotecnico   |
| IN0R   | 12 | E | E2 | B | A | IV | 40 | A | 5 | 001 | Piante, sezioni e particolari impalcato  |
| IN0R   | 12 | E | E2 | B | Z | IV | 40 | A | 5 | 002 | Impalcato carpenteria - Pianta e sezioni   |
| IN0R   | 12 | E | E2 | B | Z | IV | 40 | A | 5 | 003 | Armatura trave prefabbricate   |
| IN0R   | 12 | E | E2 | B | Z | IV | 40 | A | 5 | 004 | Armatura soletta e impalcato   |
| IN0R   | 12 | E | E2 | B | Z | IV | 40 | A | 5 | 001 | Armatura cordoli impalcato   |
| IN0R   | 12 | E | E2 | B | Z | IV | 40 | A | 1 | 002 | Pali tipo "2" e "3" - Armatura   |
| IN0R   | 12 | E | E2 | B | Z | IV | 40 | A | 1 | 003 | Armatura cordolo opere di sostegno   |
| IN0R   | 12 | E | E2 | B | B | IV | 40 | A | 6 | 001 | Carpenteria muri andatori  |
| IN0R   | 12 | E | E2 | B | B | IV | 40 | A | 6 | 002 | Carpenteria spalla   |
| IN0R   | 12 | E | E2 | B | Z | IV | 40 | A | 6 | 001 | Armatura muri Tav. 1/2   |
| IN0R   | 12 | E | E2 | B | Z | IV | 40 | A | 6 | 002 | Armatura muri Tav. 2/2   |
| IN0R   | 12 | E | E2 | B | B | IV | 40 | A | 6 | 003 | Armatura spalla  |
| IN0R   | 12 | E | E2 | B | Z | IV | 40 | A | 3 | 001 | Pali fondazione spalla - Armatura  |
| IN0R   | 12 | E | E2 | B | A | IV | 40 | A | 1 | 001 | Schema fasi costruttive - Tav 1/2  |
| IN0R   | 12 | E | E2 | B | A | IV | 40 | A | 1 | 002 | Schema fasi costruttive - Tav 2/2  |
| IN0R   | 12 | E | E2 | C | L | IV | 40 | A | 0 | 002 | Relazione di calcolo strutture - Tabulati di calcolo   |

#### 4. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'intervento si configura come un rifacimento della viabilità interferente con il tracciato ferroviario in progetto. Si tratta del progetto di "strade locali a destinazione particolare", come definite dal D.M. 5/11/2001 ovvero, "in ambito extraurbano, di strade agricole, forestali, consortili e simili, nelle quali le dimensioni della piattaforma vanno riferite in particolare all'ingombro dei veicoli di cui è previsto il transito". Per queste, le caratteristiche compositive fornite dalla tabella 3.4.a del D.M. e caratterizzate dal parametro "velocità di progetto" non sono applicabili. Si trascurano quindi le verifiche plano-altimetriche di composizione dell'asse, nonché i diagrammi di visibilità e di velocità, non applicabili al caso specifico.

L'immagine seguente rappresenta l'intervento in oggetto.

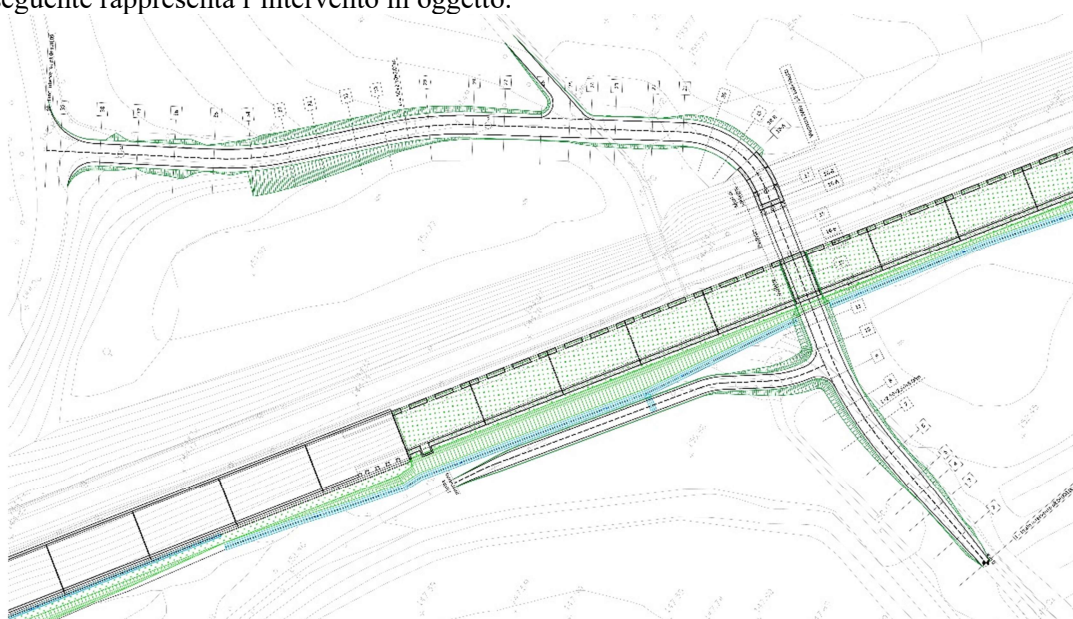


Figura 4.1 - Planimetria di progetto

##### 4.1. Il tracciato

L'asse ha inizio su viabilità poderale e finisce in corrispondenza di via Mazzucchelli, il tracciato ha uno sviluppo complessivo pari a circa 320m.

Andamento planimetrico:

| ELEMENTO GEOMETRICO | SVILUPPO [m] | RAGGIO [m] | VERSO       |
|---------------------|--------------|------------|-------------|
| Rettifilo           | 39.18        |            |             |
| Curva               | 34.04        | 100        | Destrorsa   |
| Rettifilo           | 44.91        |            |             |
| Curva               | 29.16        | 25         | Sinistrorsa |
| Rettifilo           | 56.79        |            |             |
| Curva               | 23.94        | 100        | Sinistrorsa |
| Rettifilo           | 26.59        |            |             |
| Curva               | 20.30        | 80         | Destrorsa   |
| Rettifilo           | 45.17        |            |             |

Andamento altimetrico:

| ELEMENTO GEOMETRICO | SVILUPPO [m] | RAGGIO [m] | CONCAVO | PENDENZA [%] |
|---------------------|--------------|------------|---------|--------------|
| Livelletta          | 23.68        |            |         | 3.20         |
| Raccordo            | 8.41         | 300        | SI      |              |
| Livelletta          | 51.64        |            |         | 6.00         |
| Raccordo            | 16.50        | 300        | NO      |              |
| Livelletta          | 70.65        |            |         | 0.50         |
| Raccordo            | 28.28        | 300        | NO      |              |
| Livelletta          | 120.29       |            |         | -5.16        |
| Raccordo            | 15.03        | 500        | SI      |              |
| Livelletta          | 22.19        |            |         | -2.15        |
| Raccordo            | 11.75        | 500        | NO      |              |
| Livelletta          | 19.01        |            |         | -4.5         |
| Raccordo            | 8.73         | 500        | SI      |              |
| Livelletta          | 12.61        |            |         | -2.75        |

Il franco minimo sopra la ferrovia esistente risulta essere 7m.

#### 4.2. La sezione tipo

La sezione tipo degli assi in progetto è caratterizzata da una larghezza di careggiata pari a 5.00m.

Nelle zone in rilevato gli arginelli sono a piano viabile senza cordolature in calcestruzzo e terreno vegetale retrostante per una larghezza totale di 1.30m, mentre, nelle zone in trincea, sono costituiti da cunette alla "francese" di larghezza pari a 0.75m con terreno vegetale retrostante di larghezza di 0.25m.

Le scarpate sono tipicamente modellate con pendenza 2/3 e rivestite in terreno vegetale di spessore 0.30m.

Il piano di posa dei rilevati deve essere preparato mediante scotico della coltre vegetale, compattazione e successivo riempimento con materiale da rilevato.

La pendenza trasversale è costante ed ha una configurazione a doppia falda con pendenza pari a 2.50%

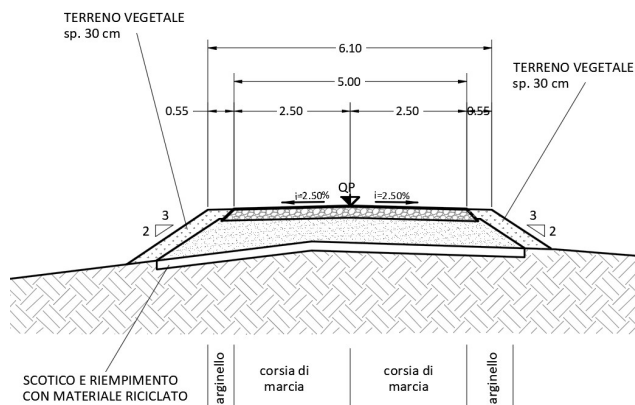


Figura 4.2.1 - Sezione tipo in rilevato

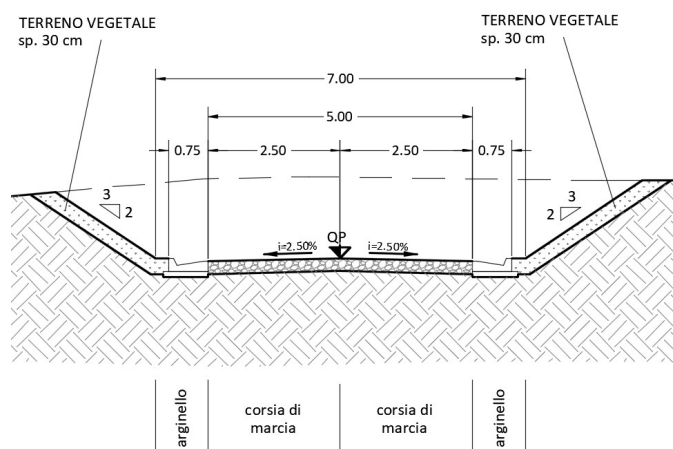


Figura 4.2.2 - Sezione tipo in trincea

### 4.3. La sovrastruttura

Al di fuori del cavalcavia, la sovrastruttura stradale è composta dalla seguente stratigrafia:

| Strato   | Spessore [cm] |
|--|---------------|
| Strato di fondazione (miscela di inerti stabilizzati per granulometria e compattati) | 25            |

In corrispondenza del cavalcavia, la sovrastruttura stradale è composta dalla seguente stratigrafia:

| Strato   | Spessore [cm] |
|--|---------------|
| Binder   | 4             |
| Strato di fondazione (miscela di inerti stabilizzati per granulometria e compattati) | 20            |
| Totale   | 24            |

### 4.4. Deviazione viabilità esistente

Si è reso necessario deviare la viabilità esistente ubicata a sud della linea ferroviaria, tra le progr. 106+000 e 106+067 in quanto, il rilevato della nuova galleria, avrebbe interrotto la continuità della strada.

Analogamente con quanto fatto per il lotto INX7 tra i rami B e C, la viabilità è stata posta ad 1.10m dalla testa del fosso di guardia. Altimetricamente, la viabilità sarà posta a piano campagna o in lieve rilevato.

## 5. BARRIERE DI SICUREZZA

Con riferimento alla vigente normativa, per le strade in progetto è necessario predisporre barriere di sicurezza nei tratti in cui il nuovo rilevato stradale supera l'altezza di 1.00 m sul piano campagna e dove viene scavalcata la ferrovia esistente.

Le barriere di sicurezza adottate in progetto dovranno avere le seguenti caratteristiche prestazionali:

| Tipo                    | bordo laterale    | bordo opera                      |
|-------------------------|-------------------|----------------------------------|
| Livello di contenimento | H3                | H4-con rete antilancio integrata |
| Severità dell'urto      | A                 | A                                |
| Larghezza operativa     | W7 (o minore)     | W6 (o minore)                    |
| Deflessione dinamica    | 2.11 m (o minore) | 1.10 m (o minore)                |



## 6. SISTEMA DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE

Nel presente capitolo si espongono i criteri generali attuati nella progettazione in merito al dimensionamento ed alla verifica dei manufatti preposti al drenaggio del corpo stradale (cunette, pozzetti, ecc.) e di quelli adibiti all'allontanamento delle acque meteoriche così raccolte in direzione del recapito finale.

Per tali manufatti sono state effettuate verifiche adeguate con l'ausilio del "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" (RFI) aggiornato all'anno 2016, adoperando i parametri idrologici tipici del settore di progetto in esame e corrispondenti ad un tempo di ritorno pari a 25 anni. I parametri  $a$  ed  $n$  sono stati ricavati dal portale dell'ARPA Lombardia.

| pK<br>START | pK<br>END | a (TR25) | n      |
|-------------|-----------|----------|--------|
| 105+814     | 106+304   | 48.89    | 0.2691 |

Le acque che defluiscono nelle suddette opere vengono raccolte e recapitate ai ricettori finali.

### 6.1. Modellazione afflussi – deflussi

La portata del deflusso superficiale che si innesca a seguito della precipitazione meteorica sulle superfici di progetto è valutata tramite il Metodo Razionale, alla base del quale sussistono le seguenti ipotesi:

- Altezza di pioggia dell'evento di progetto costante e uniformemente distribuita su tutta la superficie scolante;
- Durata dell'evento di progetto pari al Tempo di corrivazione della superficie scolante, inteso come il tempo necessario affinché la particella d'acqua caduta nel punto idraulicamente più lontano dalla sezione di chiusura raggiunga il recapito finale.

Il Tempo di corrivazione è stimato con la seguente formulazione:

$$T_C = T_A + T_R = T_A + \sum_{i=1}^N \frac{L_i}{v_i}$$

Nella quale  $T_R$  rappresenta il tempo di percorrenza all'interno dell'elemento di convogliamento,  $L_i$  rappresenta la lunghezza del tronco dell'elemento  $i$ -esimo espresso in [m],  $v_i$  corrisponde al valore della velocità di deflusso all'interno del tronco  $i$ -esimo espressa in [m/s],  $N$  è il numero di tronchi della rete a monte della generica sezione, facenti parte dell'asta principale e infine  $T_A$  rappresenta il tempo di afflusso (o di ruscellamento), ovvero il massimo tempo che impiegano le particelle di pioggia a raggiungere l'elemento partendo dal punto di caduta; Deflusso superficiale efficace calcolato tramite l'utilizzo di un coefficiente di deflusso  $\varphi$  che esprime l'attitudine della superficie a trasmettere interamente o parzialmente il deflusso a valle ed è indipendente dall'intensità di precipitazione. Questo coefficiente tiene conto in maniera globale delle perdite idrologiche del bacino, ovvero i fenomeni di riduzione delle portate dovuti all'idrogramma di forma triangolare in ingresso al manufatto, con portata nulla all'istante iniziale.

È possibile dunque valutare la portata di deflusso superficiale tramite la formulazione:

$$Q_C = 0.278 * \frac{\varphi * h_C(T_C) * A}{T_C} = 0.278 * \varphi * i_C(T_C) * A$$

Nella quale l'altezza di pioggia  $h_C(T_C)$  è misurata in [mm] (si adopera alternativamente l'intensità di pioggia  $i_C(T_C)$  misurata in [mm/h]), la superficie scolante  $A$  è indicata in [km<sup>2</sup>], il coefficiente di deflusso  $\varphi$  è adimensionale e la portata  $Q_C$  ottenuta è in [m<sup>3</sup>/s].

## 6.2. Piattaforma stradale

### 6.2.1. Cunette alla francese

Per quanto riguarda la raccolta delle acque di piattaforma nei tratti in trincea, questa avviene tramite l'utilizzo di cunette "alla francese" realizzate in calcestruzzo (Figura 6.1), in grado di intercettare le acque che ruscellano sulla piattaforma per effetto della sua pendenza trasversale.

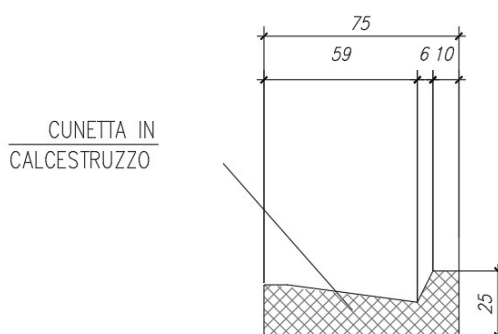


Figura 6.1: Cunetta alla francese

Il recapito delle cunette alla francese avviene all'interno di caditoie grigliate connesse da un collettore di diametro opportuno.

Di seguito si riporta una rappresentazione grafica dell'elemento di raccolta, che fa riferimento alle situazioni in cui è necessario prevedere l'installazione di un ulteriore elemento sottostante, ovvero tubazioni in PEad a diametro variabile in grado di raccogliere le acque piovane mediante caditoie grigliate poste ad un interasse opportuno.

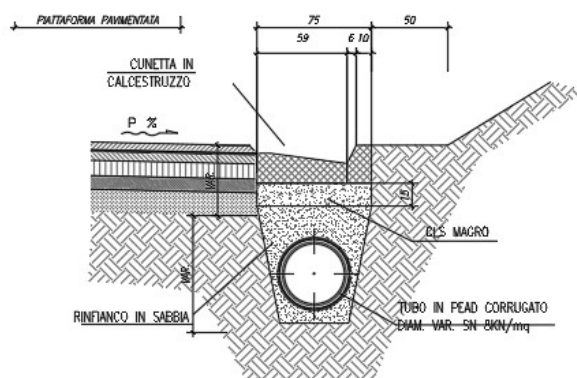


Figura 6.2: Cunetta alla francese con tubazione in PEad

### 6.2.2. Caditoie grigliate

Nei casi in cui si riscontra l'insufficienza idraulica e geometrica delle cunette alla francese, è previsto l'inserimento di elementi di scarico (Figura 6.3) posti ad un interasse opportuno, al fine di garantire il collettamento dei volumi in eccesso, defluenti longitudinalmente lungo l'asse stradale, all'interno di tubazioni sottostanti di diametro variabile.

Gli elementi di scarico in questo caso sono costituiti da caditoie del tipo a salto sul fondo, in grado di scaricare la portata in un pozzetto alla cui sommità è posta una griglia carrabile le cui barre vengono poste in senso longitudinale, al fine di aumentare l'efficienza idraulica di intercettazione delle acque defluenti.

In questa configurazione, infatti, corrispondono coefficienti di efflusso molto più alti rispetto a quelli riscontrati in caditoie con barre poste in senso trasversale.

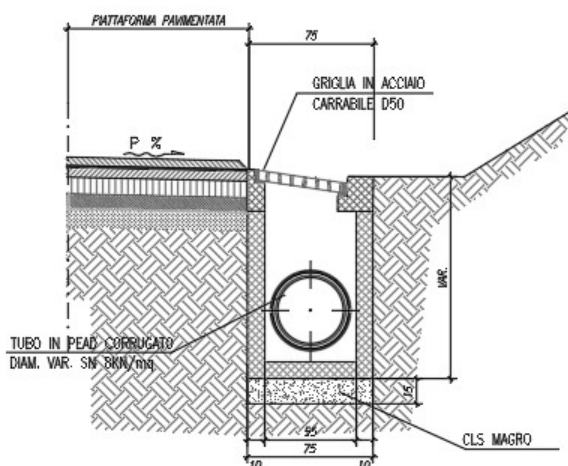


Figura 6.3: Cunetta alla francese con tubazione in PEad

### 6.2.3. Collettori circolari in PEad

Le tubazioni sono realizzate in PEad (Polietilene ad alta densità), adatti per condotte interrate a superficie libera e sia per tratti di collegamento longitudinale che per attraversamenti trasversali.

Di seguito si riporta la Tabella 6.1 dove sono state riassunte le dimensioni adoperate nella progettazione:

| $\Phi$ ESTERNO | $\Phi$ INTERNO |
|----------------|----------------|
| mm             | mm             |
| 200            | 176            |
| 250            | 220            |
| 315            | 278            |
| 400            | 353            |
| 500            | 440            |

Tabella 6.1: Cunetta alla francese con tubazione in PEad

## 6.3. Criteri di dimensionamento

### 6.3.1. Cunette alla francese

Per verificare idraulicamente le cunette alla francese è necessario dapprima calcolare, tramite la formula Razionale, il valore di portata derivante dall'afflusso meteorico precipitato sulla piattaforma: il valore della superficie da considerare nei calcoli non è più quella compresa tra due elementi contigui di raccolta, bensì quello cumulato in direzione del recapito finale della canalizzazione.

|         |                  |             |  |           |                    |
|---------|------------------|-------------|--|-----------|--------------------|
| Doc. N. | Progetto<br>INOR | Lotto<br>12 | Codifica Documento<br>E E2 RO IV 400 0 002 | Rev.<br>B | Foglio<br>12 di 16 |
|---------|------------------|-------------|--|-----------|--------------------|

Al contributo areale della piattaforma viene aggiunto quello derivante dalle scarpate confluenti a bordo sezione, valutato tramite il prodotto della lunghezza del tratto in esame e la larghezza della scarpata, e quello derivante dalle aree esterne se presenti.

Successivamente viene effettuato il calcolo della portata all'interno del manufatto attraverso la formula di Chezy, descritta di seguito:

$$Q_{CHEZY} = X * A * \sqrt{R * i}$$

Nella quale A rappresenta l'area bagnata della sezione espressa in [m<sup>2</sup>], R il raggio idraulico espresso in [m], i è la pendenza longitudinale del tratto in esame e  $\varphi$  rappresenta il coefficiente di scabrezza, espresso in [m<sup>1/2</sup>/s] e calcolato adoperando il coefficiente di Gauckler-Strickler:

$$X = K_S * R^{1/6}$$

Infine è possibile eguagliare analiticamente le portate calcolate precedentemente permettendo al tirante idrico di variare, valutando così l'effettiva sufficienza idraulica delle cunette e verificando il grado di riempimento al loro interno. Nel caso in cui si riscontrasse l'insufficienza idraulica delle cunette alla francese, è possibile installare delle caditoie grigliate, poste ad un interasse opportuno, al fine di recapitare le acque così raccolte alle tubazioni in PEad sottostanti, tramite un pozzetto di collegamento in calcestruzzo del tipo a salto sul fondo. La verifica della sufficienza idraulica dei collettori che recapiteranno le acque piovane al ricettore finale viene effettuata uguagliando il valore massimo di portata che scorrerebbe all'interno delle tubazioni (corrispondente al massimo valore di portata in transito nell'elemento sovrastante, ovvero la cunetta alla francese) con quello in grado di transitare al suo interno senza superare un determinato grado di riempimento accettabile del manufatto, qui considerato pari al 70%.

### 6.3.2 Interasse delle caditoie grigliate

Al fine di verificare idraulicamente le caditoie grigliate e poter definire un opportuno interasse tra essi, è necessario dapprima calcolare la portata massima smaltibile per unità di lunghezza, data dalla formula:

$$q_0 = \varphi * B * i_c(T_c)$$

Nella quale  $\varphi$  rappresenta il coefficiente di deflusso, B è la sezione equivalente in [m] e  $i_c$  rappresenta l'intensità dell'evento pluviometrico in [mm/h]. Successivamente viene calcolato il rapporto tra la portata massima in transito nell'elemento che convoglia le acque nella caditoia, ovvero la cunetta alla francese, e la portata massima smaltibile per unità di lunghezza valutata precedentemente, al fine di ottenere il massimo valore che l'interasse può assumere. Questa verifica viene effettuata in quelle sezioni stradali che presentano la massima larghezza scolante nell'elemento di raccolta congiuntamente alla massima larghezza della scarpata esterna, al fine di cogliere la condizione idraulica più gravosa.

## 6.4. Calcoli

Vengono di seguito riportate delle immagini in cui è possibile vedere il sistema di drenaggio individuato per il viadotto IV40 e i relativi calcoli.

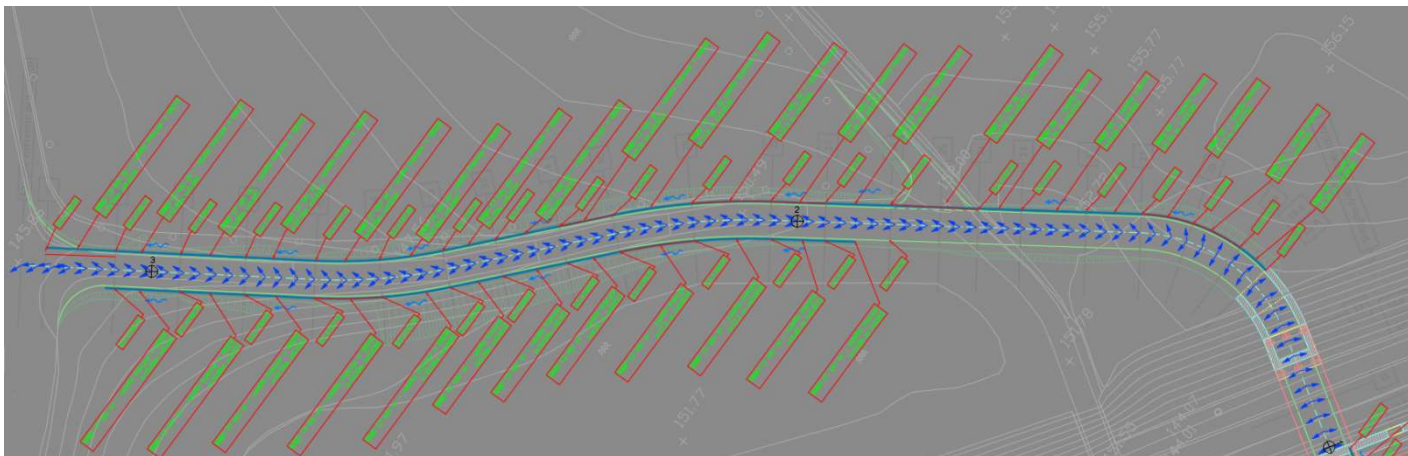


Figura 6.4: Sistema di drenaggio lato nord

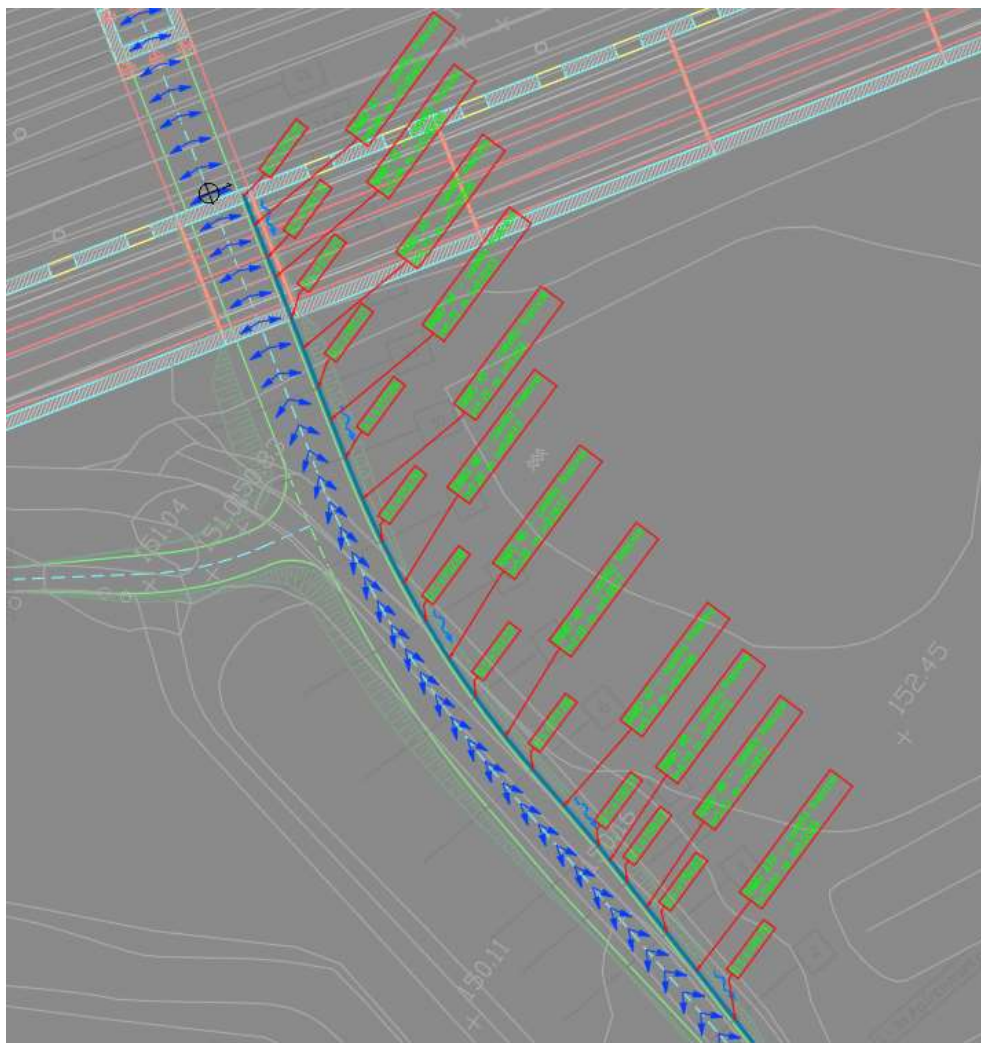


Figura 6.5: Sistema di drenaggio lato sud

Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
12Codifica Documento  
E E2 RO IV 400 0 002Rev.  
BFoglio  
14 di 16

| Tratto                               | Lunghezza | Totale area sottesa al ramo | Area sottesa 1 al ramo | Area sottesa 2 al ramo | Area sottesa 3 al ramo | Area totale sottesa | Φ medio | Pendenza |
|--------------------------------------|-----------|-----------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------|---------|----------|
|                                      | (m)       | (Km <sup>2</sup> )          | (m <sup>2</sup> )      | (m <sup>2</sup> )      | (m <sup>2</sup> )      | (Km <sup>2</sup> )  |         | calcolo  |
|                                      |           |                             |                        |                        |                        |                     |         | (m/m)    |
| RAMO A1 pK 98.76 → 92.71             | 6.06      | 0.000015                    | 15.15                  | 0.00                   | 0.00                   | 0.000015            | 0.90    | 0.00495  |
| RAMO A2 pK 92.71 → 86.66             | 5.94      | 0.000015                    | 14.85                  | 0.00                   | 0.00                   | 0.000030            | 0.90    | 0.00505  |
| RAMO A3 pK 86.66 → 80.00             | 6.77      | 0.000017                    | 16.93                  | 0.00                   | 0.00                   | 0.000047            | 0.90    | 0.00886  |
| RAMO A4 pK 80.00 → 73.22             | 6.72      | 0.000027                    | 26.88                  | 0.00                   | 0.00                   | 0.000074            | 0.90    | 0.0283   |
| RAMO A5 pK 73.22 → 64.71             | 8.26      | 0.000021                    | 20.65                  | 0.00                   | 0.00                   | 0.000094            | 0.90    | 0.054    |
| RAMO A6 pK 64.71 → 39.18             | 24.78     | 0.000235                    | 74.34                  | 0.00                   | 161.07                 | 0.000330            | 0.56    | 0.0617   |
| RAMO A7 pK 39.18 → 30.00             | 9.19      | 0.000091                    | 27.57                  | 22.98                  | 40.44                  | 0.000421            | 0.68    | 0.0598   |
| RAMO A8 pK 30.00 → 25.82             | 4.19      | 0.000041                    | 12.57                  | 14.25                  | 14.46                  | 0.000041            | 0.72    | 0.05730  |
| RAMO A9 pK 25.82 → 20.00             | 5.82      | 0.000058                    | 17.46                  | 23.28                  | 17.46                  | 0.000099            | 0.75    | 0.0412   |
| RAMO A10 pK 20.00 → 10.00            | 10.01     | 0.000103                    | 30.03                  | 50.05                  | 23.02                  | 0.000203            | 0.79    | 0.0309   |
| RAMO B1 pK 127.96 → 132.71           | 5.3       | 0.000052                    | 15.90                  | 10.60                  | 25.97                  | 0.000052            | 0.65    | 0.00566  |
| RAMO B2 pK 132.71 → 140.00           | 8.07      | 0.000072                    | 20.18                  | 9.68                   | 41.96                  | 0.000124            | 0.61    | 0.00372  |
| RAMO B3 pK 140.00 → 147.29           | 8.13      | 0.000057                    | 20.33                  | 12.20                  | 24.39                  | 0.000181            | 0.69    | 0.01722  |
| RAMO B4 pK 147.29 → 155.69           | 8.4       | 0.000058                    | 25.20                  | 10.08                  | 22.68                  | 0.000239            | 0.70    | 0.0345   |
| RAMO B5 pK 155.69 → 165.69           | 10        | 0.000060                    | 25.00                  | 0.00                   | 35.00                  | 0.000299            | 0.61    | 0.049    |
| RAMO B6 pK 165.69 → 172.25           | 6.56      | 0.000059                    | 16.40                  | 0.00                   | 42.64                  | 0.000358            | 0.54    | 0.0518   |
| RAMO C1 pK 172.25 → 185.69 - lato dx | 13.44     | 0.000122                    | 33.60                  | 52.42                  | 36.29                  | 0.000122            | 0.64    | 0.05134  |
| RAMO C2 pK 185.69 → 216.05 - lato dx | 30.7      | 0.000239                    | 76.75                  | 24.56                  | 138.15                 | 0.000239            | 0.61    | 0.05     |
| RAMO C3 pK 216.05 → 254.61 - lato dx | 38.16     | 0.000355                    | 95.40                  | 76.32                  | 183.17                 | 0.000594            | 0.64    | 0.05     |
| RAMO C4 pK 254.61 → 264.77 - lato dx | 10.5      | 0.000097                    | 26.25                  | 28.35                  | 42.00                  | 0.000691            | 0.68    | 0.0467   |
| RAMO C5 pK 264.77 → 274.92 - lato dx | 10.5      | 0.000102                    | 31.50                  | 21.00                  | 49.35                  | 0.000793            | 0.66    | 0.0286   |
| RAMO C6 pK 274.92 → 285.66 - lato dx | 10.74     | 0.000038                    | 32.22                  | 5.37                   | 0.00                   | 0.000830            | 0.90    | 0.0223   |
| RAMO C7 pK 285.66 → 295.66 - lato dx | 10        | 0.000030                    | 30.00                  | 0.00                   | 0.00                   | 0.000860            | 0.90    | 0.037    |
| RAMO C8 pK 295.66 → 305.66 - lato dx | 10        | 0.000030                    | 30.00                  | 0.00                   | 0.00                   | 0.000890            | 0.90    | 0.044    |
| RAMO C9 pK 305.66 → 316.40 - lato dx | 10.74     | 0.000059                    | 32.22                  | 26.85                  | 0.00                   | 0.000949            | 0.90    | 0.0214   |
| RAMO C1 pK 185.69 → 216.05 - lato sx | 30.7      | 0.000077                    | 76.75                  | 0.00                   | 0.00                   | 0.000077            | 0.90    | 0.05     |
| RAMO C2 pK 216.05 → 254.61 - lato sx | 38.16     | 0.000176                    | 114.48                 | 61.06                  | 0.00                   | 0.000252            | 0.90    | 0.05     |
| RAMO C3 pK 254.61 → 264.77 - lato sx | 10.5      | 0.000105                    | 73.50                  | 31.50                  | 0.00                   | 0.000357            | 0.90    | 0.0467   |
| RAMO C4 pK 264.77 → 274.92 - lato sx | 10.5      | 0.000118                    | 86.10                  | 31.50                  | 0.00                   | 0.000475            | 0.90    | 0.0286   |
| RAMO C5 pK 274.92 → 285.66 - lato sx | 10.74     | 0.000032                    | 32.22                  | 0.00                   | 0.00                   | 0.000507            | 0.90    | 0.0223   |
| RAMO C6 pK 285.66 → 295.66 - lato sx | 10        | 0.000091                    | 30.00                  | 61.00                  | 0.00                   | 0.000598            | 0.90    | 0.037    |
| RAMO C7 pK 295.66 → 305.66 - lato sx | 10        | 0.000095                    | 30.00                  | 65.00                  | 0.00                   | 0.000693            | 0.90    | 0.044    |

Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
12Codifica Documento  
E E2 RO IV 400 0 002Rev.  
BFoglio  
15 di 16

| Tratto                                  | Perimetro | Raggio idraulico | Sezione idraulica | t     | h      | i       | Qtot                | Tipo Canaletta           | Tirante | Velocità | Grado riemp. [y/H] |
|---|-----------|------------------|-------------------|-------|--------|---------|---------------------|--------------------------|---------|----------|--------------------|
|   | (m)       | (m)              | (m <sup>2</sup> ) | (h)   | (mm)   | (mm/h)  | (m <sup>3</sup> /s) |                          | (m)     | (m/s)    | (%)                |
| RAMO A1 pK 98.76<br>→ 92.71             | 0.36      | 0.013            | 0.005             | 0.091 | 25.620 | 282.803 | 0.00107             | Cunetta francese         | 0.0246  | 0.23     | 35.13%             |
| RAMO A2 pK 92.71→<br>86.66              | 0.46      | 0.017            | 0.008             | 0.089 | 25.518 | 285.858 | 0.00215             | Cunetta francese         | 0.0318  | 0.28     | 45.41%             |
| RAMO A3 pK 86.66 →<br>80.00             | 0.50      | 0.018            | 0.009             | 0.088 | 25.438 | 288.333 | 0.00339             | Cunetta francese         | 0.0339  | 0.38     | 48.49%             |
| RAMO A4 pK 80.00 →<br>73.22             | 0.48      | 0.017            | 0.008             | 0.086 | 25.273 | 293.450 | 0.00542             | Cunetta francese         | 0.0326  | 0.67     | 46.53%             |
| RAMO A5 pK 73.22 →<br>64.71             | 0.46      | 0.017            | 0.008             | 0.086 | 25.253 | 294.102 | 0.00695             | Cunetta francese         | 0.0317  | 0.91     | 45.25%             |
| RAMO A6 pK 64.71 →<br>39.18             | 0.60      | 0.021            | 0.013             | 0.089 | 25.523 | 285.718 | 0.01462             | Cunetta francese         | 0.0408  | 1.15     | 58.32%             |
| RAMO A7 pK 39.18 →<br>30.00             | 0.72      | 0.026            | 0.018             | 0.085 | 25.211 | 295.438 | 0.02343             | Cunetta francese         | 0.0490  | 1.28     | 70.02%             |
| RAMO A8 pK 30.00<br>→ 25.82             | 0.31      | 0.011            | 0.003             | 0.085 | 25.181 | 296.385 | 0.00246             | Cunetta francese         | 0.0212  | 0.72     | 30.34%             |
| RAMO A9 pK 25.82→<br>20.00              | 0.46      | 0.017            | 0.008             | 0.085 | 25.214 | 295.345 | 0.00613             | Cunetta francese         | 0.0318  | 0.79     | 45.40%             |
| RAMO A10 pK 20.00<br>→ 10.00            | 0.65      | 0.023            | 0.015             | 0.087 | 25.308 | 292.353 | 0.01298             | Cunetta francese         | 0.0445  | 0.86     | 63.50%             |
| RAMO B1 pK 127.96<br>→ 132.71           | 0.50      | 0.018            | 0.009             | 0.088 | 25.428 | 288.617 | 0.00275             | Cunetta francese         | 0.0341  | 0.31     | 48.77%             |
| RAMO B2 pK 132.71<br>→ 140.00           | 0.72      | 0.026            | 0.019             | 0.090 | 25.601 | 283.375 | 0.00595             | Cunetta francese         | 0.0494  | 0.32     | 70.00%             |
| RAMO B3 pK 140.00<br>→ 147.29           | 0.66      | 0.024            | 0.016             | 0.087 | 25.328 | 291.737 | 0.01008             | Cunetta francese         | 0.0451  | 0.65     | 64.44%             |
| RAMO B4 pK 147.29<br>→ 155.69           | 0.65      | 0.023            | 0.015             | 0.086 | 25.256 | 294.014 | 0.01377             | Cunetta francese         | 0.0445  | 0.91     | 63.60%             |
| RAMO B5 pK 155.69<br>→ 165.69           | 0.63      | 0.022            | 0.014             | 0.086 | 25.260 | 293.860 | 0.01487             | Cunetta francese         | 0.0429  | 1.06     | 61.29%             |
| RAMO B6 pK 165.69<br>→ 172.25           | 0.64      | 0.023            | 0.014             | 0.085 | 25.184 | 296.301 | 0.01590             | Cunetta francese         | 0.0435  | 1.10     | 62.20%             |
| RAMO C1 pK 172.25<br>→ 185.69 - lato dx | 0.18      | 0.026            | 0.005             | 0.086 | 25.273 | 293.468 | 0.00639             | Cunetta francese + DN200 | 0.0441  | 1.34     | 25.04%             |
| RAMO C2 pK 185.69<br>→ 216.05 - lato dx | 0.22      | 0.034            | 0.007             | 0.089 | 25.478 | 287.097 | 0.01169             | Cunetta francese + DN200 | 0.0606  | 1.58     | 34.41%             |
| RAMO C3 pK 216.05<br>→ 254.61 - lato dx | 0.31      | 0.049            | 0.015             | 0.089 | 25.466 | 287.471 | 0.03049             | Cunetta francese + DN200 | 0.1048  | 2.02     | 59.56%             |
| RAMO C4 pK 254.61<br>→ 264.77 - lato dx | 0.34      | 0.054            | 0.019             | 0.085 | 25.162 | 296.991 | 0.03894             | Cunetta francese + DN250 | 0.1079  | 2.10     | 49.06%             |
| RAMO C5 pK 264.77<br>→ 274.92 - lato dx | 0.39      | 0.061            | 0.024             | 0.085 | 25.182 | 296.360 | 0.04296             | Cunetta francese + DN250 | 0.1334  | 1.78     | 60.62%             |
| RAMO C6 pK 274.92<br>→ 285.66 - lato dx | 0.47      | 0.074            | 0.035             | 0.085 | 25.185 | 296.264 | 0.06155             | Cunetta francese + DN315 | 0.1541  | 1.78     | 55.44%             |
| RAMO C7 pK 285.66<br>→ 295.66 - lato dx | 0.43      | 0.068            | 0.029             | 0.085 | 25.153 | 297.284 | 0.06400             | Cunetta francese + DN315 | 0.1355  | 2.18     | 48.76%             |
| RAMO C8 pK 295.66<br>→ 305.66 - lato dx | 0.42      | 0.067            | 0.028             | 0.085 | 25.146 | 297.516 | 0.06628             | Cunetta francese + DN315 | 0.1316  | 2.34     | 47.32%             |
| RAMO C9 pK 305.66<br>→ 316.40 - lato dx | 0.50      | 0.078            | 0.039             | 0.085 | 25.183 | 296.324 | 0.07039             | Cunetta francese + DN315 | 0.1702  | 1.81     | 61.22%             |
| RAMO C1 pK 185.69<br>→ 216.05 - lato sx | 0.42      | 0.015            | 0.006             | 0.094 | 25.853 | 275.930 | 0.00530             | Cunetta francese         | 0.0290  | 0.82     | 41.47%             |
| RAMO C2 pK 216.05<br>→ 254.61 - lato sx | 0.66      | 0.024            | 0.016             | 0.093 | 25.792 | 277.690 | 0.01753             | Cunetta francese         | 0.0455  | 1.11     | 64.94%             |
| RAMO C3 pK 254.61<br>→ 264.77 - lato sx | 0.30      | 0.047            | 0.014             | 0.085 | 25.173 | 296.628 | 0.02652             | Cunetta francese + DN200 | 0.0980  | 1.90     | 55.70%             |
| RAMO C4 pK 264.77<br>→ 274.92 - lato sx | 0.36      | 0.057            | 0.021             | 0.085 | 25.188 | 296.164 | 0.03519             | Cunetta francese + DN250 | 0.1176  | 1.70     | 53.45%             |
| RAMO C5 pK 274.92<br>→ 285.66 - lato sx | 0.39      | 0.061            | 0.024             | 0.085 | 25.203 | 295.689 | 0.03752             | Cunetta francese + DN250 | 0.1324  | 1.57     | 60.18%             |
| RAMO C6 pK 285.66<br>→ 295.66 - lato sx | 0.38      | 0.059            | 0.022             | 0.085 | 25.163 | 296.965 | 0.04444             | Cunetta francese + DN250 | 0.1255  | 1.98     | 57.03%             |
| RAMO C7 pK 295.66<br>→ 305.66 - lato sx | 0.39      | 0.061            | 0.023             | 0.085 | 25.152 | 297.309 | 0.05156             | Cunetta francese + DN250 | 0.1305  | 2.19     | 59.33%             |

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 RO IV 400 0 002

Rev.  
B

Foglio  
16 di 16

Dai risultati sopra riportati si osserva che tutti i manufatti sono verificati garantendo il grado di riempimento sempre minore di 0.7.

Viene infine riportato il calcolo dell'interasse delle caditoie grigliate:

| min | mm/h | m                                     | l/s            | l/s/m      | l/s           | m                     | m                    |
|-----|------|---------------------------------------|----------------|------------|---------------|-----------------------|----------------------|
| Tc  | iC   | Larghezza<br>piattaforma +<br>cunetta | Q<br>razionale | q0 lineare | Q<br>caditoia | Interasse<br>progetto | Interasse<br>calcolo |
| 5   | 300  | 3.2                                   | 70             | 0.5        | 60            | 15                    | 140                  |