



# STUDIO ITA

INGEGNERIA CIVILE E TECNOLOGIE ANTINCENDIO

## Comune di Cento

Provincia di Ferrara

**Manufatti di attraversamento di canali consortili con tubi  
multipiastra autoportanti a sezione ribassata**

**Proprietario**

**Consorzio di Bonifica della Pianura di Ferrara**

**VALUTAZIONE STATICA MANUFATTI ESISTENTI**

**RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO**

*Committente:*



*Progettista:*



ing. Elisa Maniezzo



*Elab. n.:*

**R01**

*Rev.:* 1°EMISS.

*Data:* 30.11.18

|              |             |                    |                 |                    |                  |
|--------------|-------------|--------------------|-----------------|--------------------|------------------|
| 1°emiss.     | 30.11.18    | 1° emissione       | BMVitelletti    | EManiezzo          | EManiezzo        |
| <i>Rev.:</i> | <i>Data</i> | <i>Descrizione</i> | <i>Eseguito</i> | <i>Controllato</i> | <i>Approvato</i> |



## **1. INDICE**

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>1.</b>  | <b>INDICE .....</b>   | <b>2</b>  |
| <b>2.</b>  | <b>PRINCIPALI FONTI BIBLIOGRAFICHE .....</b>                          | <b>3</b>  |
| <b>3.</b>  | <b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>                                 | <b>4</b>  |
| <b>4.</b>  | <b>PREMESSA .....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>5.</b>  | <b>INDAGINE IN SITO .....</b>   | <b>9</b>  |
| <b>6.</b>  | <b>RICOSTRUZIONE STATO DI FATTO .....</b>                             | <b>13</b> |
| <b>7.</b>  | <b>TARATURA DEL MODELLO .....</b>                                     | <b>17</b> |
| 7.1        | RICOSTRUZIONE DELLA SEZIONE DI PROGETTO DELL'EPOCA.....               | 17        |
| 7.2        | RAPPRESENTAZIONE DELLA SEZIONE IN PLAXIS.....                         | 19        |
| <b>8.</b>  | <b>VERIFICHE DI RESISTENZA .....</b>                                  | <b>22</b> |
| 8.1        | VERIFICA DI RESISTENZA DELL'EPOCA DI COSTRUZIONE.....                 | 22        |
| 8.2        | VERIFICA DI RESISTENZA ALLO STATO ATTUALE.....                        | 22        |
| <b>9.</b>  | <b>TUBO FINSIDER A CENTO IN LOC. DOSSO – VIA VERDI.....</b>           | <b>23</b> |
| 9.1        | PREMESSA.....   | 23        |
| 9.2        | ANALISI DEI CARICHI .....   | 23        |
| 9.3        | GEOMETRIA DELLA SEZIONE .....   | 24        |
| 9.4        | VERIFICA DI SICUREZZA .....   | 26        |
| <b>10.</b> | <b>TUBO FINSIDER A CENTO LOC. CORPORENO – SP6 VIA ALBERELLI .....</b> | <b>28</b> |
| 10.1       | PREMESSA .....  | 28        |
| 10.2       | GEOMETRIA DELLA SEZIONE .....   | 28        |
| 10.3       | VERIFICA DI RESISTENZA.....   | 30        |
| <b>11.</b> | <b>TUBO FINSIDER A CENTO .....</b>                                    | <b>35</b> |
| 11.1       | PREMESSA .....  | 35        |
| 11.2       | GEOMETRIA DELLA SEZIONE .....   | 35        |
| 11.3       | VERIFICA DI RESISTENZA.....   | 36        |
| <b>12.</b> | <b>CONCLUSIONI.....</b>   | <b>38</b> |

## ALLEGATI

ALLEGATO A: Indagini specialistiche laboratorio LifeLab;

ALLEGATO B: Progetto esecutivo dell'epoca di costruzione;



## **2. PRINCIPALI FONTI BIBLIOGRAFICHE**

- [1] Lancellotta R., “*Geotecnica*” – Ed. Zanichelli, Bologna (2000).
- [2] Jaeger C., “*Rock Mechanics and Engineering*” – Ed. Cambridge, London (1979).
- [3] Anderson M.G., Richards S., “*Slope stability*” – Ed. JWS, New York (1992).
- [4] Farulla C. A., “*Analisi di stabilità dei pendii*” – Ed. Hevelius, Napoli (2000).
- [5] Bowles J., “*Foundation analysis and design*” – Ed. McGrawHill, London (1998).
- [6] Viggiani C., “*Fondazioni*” – Ed. Hevelius, Napoli (2000).
- [7] Atkinson J., “*Geotecnica*” – Ed. McGraw-Hill, Milano (1997).
- [8] Nova R., “*Fondamenti di meccanica delle terre*” - Ed. McGraw-Hill, Milano (1997).
- [9] Pozzati P., Ceccoli C.: “*Teoria e tecnica delle costruzioni*” – Ed. Utet, Torino (1997);
- [10] M. Corrao, G. Coco Geofisica Applicata 2009 Dario Flaccovio Editore
- [11] M. Mele Interazione terreno-struttura in prospettiva sismica 1990 Dario Flaccovio Editore
- [12] T. Crespellani, J. Facciorusso Dinamica dei terreni per le applicazioni sismiche 2010 Dario Flaccovio Editore
- [13] RUE Ferrara 2013 Relazione Geologico Sismica. Prof. Ing. Vincenzo Fioravante, ing. Daniela Giretti
- [14] Gruppo di lavoro CPTI (2004). Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04), INGV, Bologna
- [15] Gutenberg B., Richter C.F. (1944). Frequency of earthquakes in California. Bulletin of the Seismological Society of America, 34(4), 1985-1988.
- [16] Associazione Geotecnica Italiana AGI (2005). Linee Guida “Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica”, Patron, Bologna



### **3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Le Normative di riferimento adottate sono le seguenti:

D.M. 20 febbraio 2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”

CIRCOLARE 2 febbraio 2009 , n. 617. Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.

Codici e Raccomandazioni:

A.G.I: Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche (1977);

A.G.I. Raccomandazioni sui pali di fondazione (1984);

A.G.I. Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio (1994);

A.I.C.A.P.: Raccomandazioni su Ancoraggi nei terreni e nelle rocce (1993);

Eurocodice EC7, parti 1,2,3.

Eurocodice EC8, parte 5.

#### 4. PREMESSA

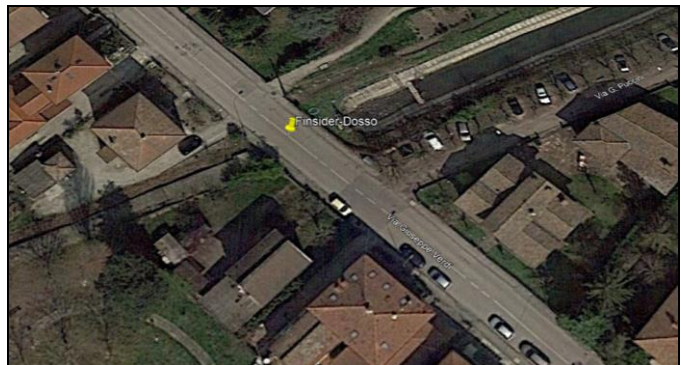
La sottoscritta Ing. Elisa Maniezzo è stata incaricata dal Consorzio di Bonifica della Pianura di Ferrara di eseguire la **VERIFICA STATICA** di manufatti di attraversamento con tubi a sezione ribassata multiplastra a giunti bullonati (tipo Armco-Finsider).

Si tratta di 4 attraversamenti idraulici che presentano situazioni di degrado e sono così ubicati:

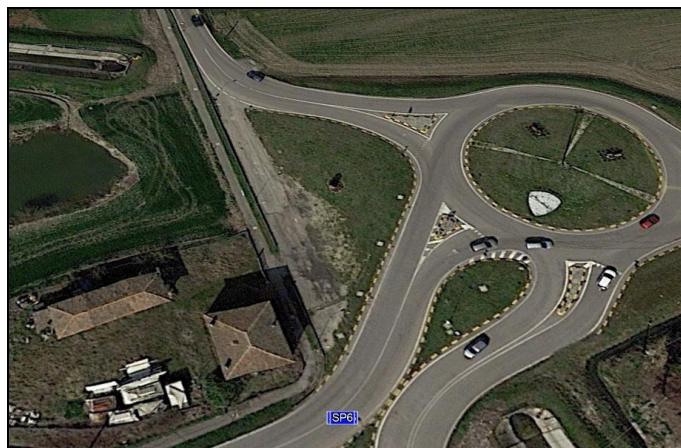
##### 1. Tubo Finsider a Cento Loc. Corporeno (via Statale SS255)



##### 2. Tubo Finsider a Cento in Loc. Dosso – Via Verdi

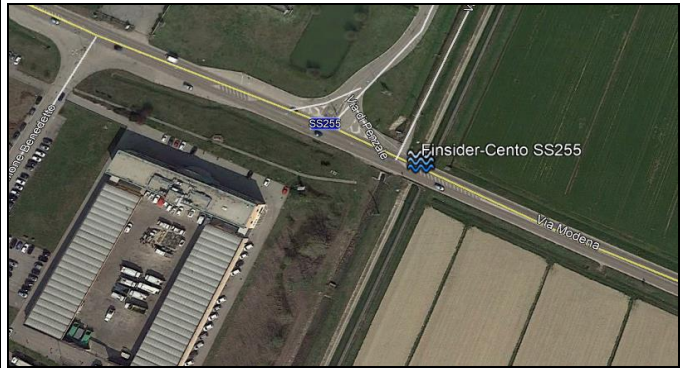


##### 3. Tubo Finsider a Cento Loc. Corporeno – SP6 Via Alberelli

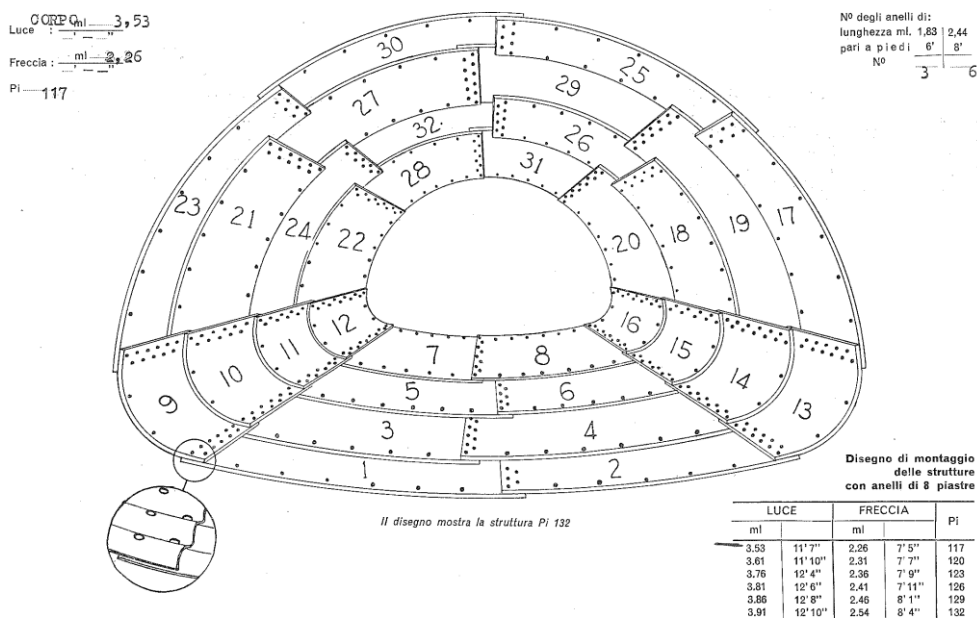




#### 4. Tubo Finsider a Cento



Tutti i manufatti afferiscono allo stesso progetto esecutivo datato 1963, che prevedeva l'utilizzo di piastre multiple a sezione ribassata.



#### Caratteristiche geometriche:

LUCE: 3.53m

FRECCIA: 2.26m

NUMERO PIASTRE: 8 elementi

SPESSORE PIASTRE: 4.2 mm

La relazione di calcolo, facente parte del progetto esecutivo, verifica l'idoneità della tubazione facendo riferimento alla resistenza del giunto bullonato delle piastre.

La sezione di calcolo considerata è la medesima per tutti i manufatti ed ipotizza un'altezza di ricoprimento del terreno pari a 70 cm.



Alcuni altri aspetti della progettazione, invece, non sono stati specificati, come ad esempio il tipo di materiale che costituisce la tubazione, e le caratteristiche geometriche della lamiera.

Al fine di conoscere le informazioni mancanti, sono state programmate delle indagini specialistiche in sito, che hanno permesso di conoscere:

- a. Gli spessori residui delle lamiere (ammalorati nel corso degli anni)
- b. La tipologia di materiale utilizzato
- c. La geometria dell'opera, della lunghezza e del rivestimento di terreno

Tutte le informazioni relative le indagini condotte saranno esplicitate nel capitolo 5, mentre in Allegato A è possibile leggere l'intero report fornito dal laboratorio.

Le indagini hanno interessato gli attraversamenti 2-3-4, le cui condizioni di conservazione consentivano di eseguire le indagini in sicurezza.

Altre informazioni non esplicitate nel progetto esecutivo, sono state reperite dai cataloghi di tubazioni analoghe attualmente in commercio, adottando il criterio di analogia con luce e freccia dell'epoca:

- d. Determinazione della geometria della lamiera

Si è fatto riferimento ad una sezione, attualmente presente sul mercato, avente dimensioni e spessore del tutto simili a quella di progetto.

➤ **onda 150 sezione ribassata**  
 tipo 1



| SPESSORE DELLA CONDOTTA mm |      |      |      |      |      | CARATTERISTICHE GEOMETRICHE |             |             |              | PESO TEORICO CON BULLONERIA kg/m |             |     |     |     |     |     |     |
|----------------------------|------|------|------|------|------|-----------------------------|-------------|-------------|--------------|----------------------------------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| altezza del rilevato m     |      |      |      |      |      | n°<br>di piastre            | n°<br>spazi | Luce<br>m   | Freccia<br>m | sezione<br>m²                    | spessore mm |     |     |     |     |     |     |
| min                        | 1,01 | 2,51 | 4,01 | 5,51 | 7,01 |                             |             |             |              |                                  | 2,5         | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,5 | 6,0 | 7,0 |
| +                          | +    | +    | +    | +    | +    |                             |             |             |              |                                  |             |     |     |     |     |     |     |
| 1,00                       | 2,50 | 4,00 | 5,50 | 7,00 | 8,50 |                             |             |             |              |                                  |             |     |     |     |     |     |     |
| 2,5                        | 2,5  | 2,5  | 2,5  | 2,5  | 3,5  | 22                          | <b>1,95</b> | <b>1,40</b> | 2,05         | 200                              | 246         | 286 | 308 | 399 | 422 | 467 |     |
| 2,5                        | 2,5  | 2,5  | 2,5  | 2,5  | 3,5  | 23                          | <b>1,93</b> | <b>1,45</b> | 2,25         | 207                              | 255         | 297 | 320 | 414 | 438 | 485 |     |
| 2,5                        | 2,5  | 2,5  | 2,5  | 3,5  | 3,5  | 24                          | <b>2,06</b> | <b>1,50</b> | 2,40         | 213                              | 264         | 307 | 332 | 428 | 454 | 504 |     |
| 2,5                        | 2,5  | 2,5  | 2,5  | 3,5  | 3,5  | 25                          | <b>2,13</b> | <b>1,55</b> | 2,60         | 220                              | 274         | 318 | 344 | 443 | 469 | 522 |     |
| 2,5                        | 2,5  | 2,5  | 2,5  | 3,5  | 3,5  | 26                          | <b>2,21</b> | <b>1,60</b> | 2,90         | 227                              | 283         | 329 | 356 | 457 | 485 | 540 |     |
| 3,5                        | 2,5  | 2,5  | 2,5  | 3,5  | 3,5  | 27                          | <b>2,34</b> | <b>1,65</b> | 3,05         | 234                              | 293         | 339 | 368 | 472 | 501 | 558 |     |
| 3,5                        | 2,5  | 2,5  | 2,5  | 3,5  | 3,5  | 28                          | <b>2,41</b> | <b>1,70</b> | 3,25         | 241                              | 302         | 350 | 380 | 486 | 517 | 576 |     |
| 3,5                        | 2,5  | 2,5  | 2,5  | 3,5  | 3,5  | 29                          | <b>2,49</b> | <b>1,75</b> | 3,55         | 248                              | 312         | 361 | 392 | 501 | 553 | 608 |     |
| 3,5                        | 2,5  | 2,5  | 2,5  | 3,5  | 3,5  | 30                          | <b>2,62</b> | <b>1,80</b> | 3,70         | 254                              | 321         | 372 | 404 | 515 | 569 | 626 |     |
| 3,5                        | 2,5  | 2,5  | 2,5  | 3,5  | 3,5  | 31                          | <b>2,69</b> | <b>1,85</b> | 4,00         | 261                              | 330         | 382 | 416 | 530 | 585 | 644 |     |
| 3,5                        | 2,5  | 2,5  | 2,5  | 3,5  | 3,5  | 32                          | <b>2,85</b> | <b>1,90</b> | 4,25         | 268                              | 340         | 393 | 428 | 545 | 621 | 676 |     |
| 3,5                        | 2,5  | 2,5  | 2,5  | 3,5  | 3,5  | 33                          | <b>2,90</b> | <b>1,95</b> | 4,55         | 275                              | 349         | 404 | 440 | 559 | 637 | 694 |     |
| 3,5                        | 2,5  | 2,5  | 2,5  | 3,5  | 3,5  | 34                          | <b>2,97</b> | <b>2,00</b> | 4,85         | 282                              | 359         | 415 | 452 | 574 | 653 | 712 |     |
| 3,5                        | 3,5  | 3,5  | 3,5  | 4,0  | 4,0  | 35                          | <b>3,12</b> | <b>2,06</b> | 5,10         | 289                              | 368         | 425 | 464 | 589 | 663 | 730 |     |
| 3,5                        | 3,5  | 3,5  | 3,5  | 4,0  | 4,5  | 36                          | <b>3,25</b> | <b>2,11</b> | 5,40         | 302                              | 385         | 444 | 485 | 613 | 675 | 749 |     |
| 3,5                        | 3,5  | 3,5  | 3,5  | 4,0  | 4,5  | 37                          | <b>3,33</b> | <b>2,16</b> | 5,70         | 315                              | 402         | 463 | 506 | 638 | 681 | 767 |     |
| 4,0                        | 3,5  | 3,5  | 3,5  | 4,0  | 4,5  | 38                          | <b>3,48</b> | <b>2,21</b> | 5,95         | 321                              | 411         | 474 | 518 | 652 | 697 | 785 |     |
| 4,0                        | 3,5  | 3,5  | 4,0  | 4,0  | 4,5  | 39                          | <b>3,53</b> | <b>2,26</b> | 6,20         | 328                              | 421         | 484 | 530 | 667 | 712 | 803 |     |
| 4,0                        | 3,5  | 3,5  | 4,0  | 4,0  | 4,5  | 40                          | <b>3,61</b> | <b>2,31</b> | 6,60         | 335                              | 430         | 495 | 541 | 681 | 728 | 821 |     |
| 4,0                        | 3,5  | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 5,5  | 41                          | <b>3,76</b> | <b>2,36</b> | 6,90         | 342                              | 440         | 505 | 553 | 695 | 744 | 839 |     |
| 4,0                        | 3,5  | 4,0  | 4,0  | 4,5  | 5,5  | 42                          | <b>3,81</b> | <b>2,41</b> | 7,25         | 348                              | 449         | 516 | 565 | 710 | 760 | 858 |     |
| 4,0                        | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 43                          | <b>3,87</b> | <b>2,46</b> | 7,50         | 357                              | 460         | 528 | 578 | 725 | 796 | 889 |     |
| 4,0                        | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 44                          | <b>3,91</b> | <b>2,51</b> | 7,90         | 362                              | 468         | 538 | 590 | 739 | 812 | 907 |     |
| 4,0                        | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 45                          | <b>3,95</b> | <b>2,56</b> | 8,30         | 369                              | 478         | 549 | 602 | 754 | 828 | 926 |     |
| 4,0                        | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 46                          | <b>3,99</b> | <b>2,62</b> | 8,65         | 376                              | 487         | 560 | 614 | 769 | 843 | 944 |     |
| 4,5                        | 4,0  | 4,0  | 4,5  | 5,5  | 6,0  | 47                          | <b>4,29</b> | <b>2,67</b> | 9,00         | 383                              | 497         | 570 | 626 | 784 | 850 | 962 |     |

**LUCE e FRECCIA come da progetto esecutivo!**

**Spessore < spessore progetto: non tiene conto della zincatura!**

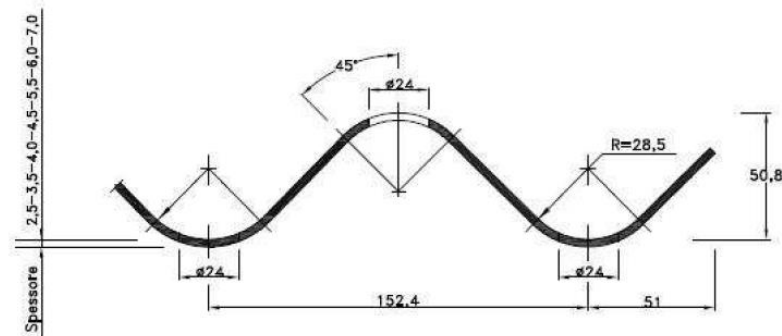


Figura 1: Geometria onda lamiera disponibile sul mercato

I manufatti 2-3-4 verranno verificati con le caratteristiche geometriche sopra descritte e con gli spessori attuali rilevati durante la campagna di indagini.

Per quanto concerne l'attraversamento 1, invece, già nel 2016 presentava le condizioni di degrado maggiori, per questo è stato fatto un puntellamento di messa in sicurezza a carico del Consorzio ed è già stato stabilito che deve essere dismesso, sostituendolo con uno nuovo o facendo un relining con una condotta nuova. → **PER TALE OPERA SARÀ' QUINDI REDATTA UNA SPECIFICA RELAZIONE DI CALCOLO.**

**LA PRESENTE RELAZIONE DI CALCOLO SI CONCENTRERÀ' QUINDI  
ESCLUSIVAMENTE SULLA VERIFICA DEI MANUFATTI 2-3-4**

Osservazione sui carichi sismici:

In accordo con la Delibera D.G.R. 687/2011 il manufatto, avendo un diametro equivalente di 2.5m, rientra al punto A.2.6. tra gli interventi privi di rilevanza dal punto di vista sismico.

Per tale motivo non vengono assunte nel calcolo le azioni sismiche.





## 5. INDAGINE IN SITO

Come anticipato in premessa, le indagini specialistiche in sito avevano come obiettivo:

- a. definizione della qualità di materiale, definendone i parametri meccanici;
- b. determinazione dello stato manutentivo dei manufatti;
- c. determinazione della geometria dei manufatti metallici;

Relativamente al punto a. “determinazione della qualità dei materiali” sono stati prelevati 3 campioni (uno per ogni manufatto oggetto di analisi) che poi sono stati sottoposti a prova di trazione e composizione chimica:

| ID | Provino         |           |            |              |                             | Snervamento    | Rottura        |      |
|----|-----------------|-----------|------------|--------------|-----------------------------|----------------|----------------|------|
|    | Tipo di provino | Direzione | Largh. (a) | Spessore (b) | Sez. eff. (S <sub>o</sub> ) | f <sub>y</sub> | f <sub>t</sub> | A    |
|    |                 |           | [mm]       | [mm]         | [mm <sup>2</sup> ]          | [MPa]          | [MPa]          | [%]  |
| 1  | F               | L         | 20,5       | 4,0          | 82,0                        | 317,1          | 418,3          | 22,0 |
| 2  | F               | L         | 20,0       | 4,0          | 80,0                        | 393,8          | 518,8          | 26,0 |
| 3  | F               | L         | 20,0       | 4,0          | 80,0                        | 375,0          | 510,0          | 22,0 |

La composizione chimica ottenuta è la seguente

| No. | Descrizione campione      | COMPONENTI CHIMICI |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|-----|---------------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|     |                           | C                  | Cr      | Mo      | V       | Ni      | Mn      | Cu      | Si      | Al      | Ti      | Nb      | Co      | CEV     |
|     |                           | [% max]            | [% max] | [% max] | [% max] | [% max] | [% max] | [% max] | [% max] | [% max] | [% max] | [% max] | [% max] | [% max] |
| 1   | 1 - Tubo sito a Dosso     | 0,298              | 0,014   | <0,002  | <0,002  | 0,07    | 0,927   | 0,117   | 0,105   | 0,027   | 0,003   | <0,002  | <0,002  | 0,4678  |
| 2   | 2 - Tubo sito a Corporeno | 0,278              | 0,008   | <0,002  | <0,002  | 0,056   | 0,557   | <0,002  | 0,057   | 0,009   | <0,002  | <0,002  | <0,002  | 0,3762  |
| 3   | 3 - Tubo sito a Cento     | 0,149              | 0,015   | <0,002  | <0,002  | 0,056   | 0,506   | 0,008   | 0,024   | 0,011   | <0,002  | <0,002  | <0,002  | 0,2406  |

I risultati ottenuti sulla composizione chimica degli acciai permettono di rilevare un tenore di carbonio variabile tra 0.149% e 0.298%. Si trae pertanto la conclusione che si tratti di un acciaio dolce ( $0.15\% < C < 0.30\%$ ) e non di un acciaio armco ( $C < 0.01\%$ ).

La prova di trazione è stata eseguita in ottemperanza alla UNI 6892-1 e sulla base delle resistenze a rottura ottenute, si è proceduto alla classificazione degli acciai secondo la UNI 10025-2:2004 (S235/S355) anche se il corrispondente tenore di carbonio è leggermente fuori dal range previsto per le diverse tipologie di acciaio.



I risultati ottenuti per i 3 provini sono i seguenti:

Analizzando i risultati delle prove di trazione si ottiene:

- **Provino 1** → Classe di resistenza S235 (Fe360);
- **Provino 2** → Classe di resistenza S355 (Fe510);
- **Provino 3** → Classe di resistenza S355 (Fe510).

Le caratteristiche degli acciai riportati nella norma sono i seguenti:

|                          |                            |
|--------------------------|----------------------------|
| <b>Qualità materiale</b> | <b>S235JR</b> (Fe 360 BFN) |
| Norma di riferimento     | EN 10025-2: 2004           |
| Numero                   | 1.0038                     |

| Composizione chimica   |     |      |       |       |                     |      |                            |
|--|-----|------|-------|-------|---------------------|------|----------------------------|
| C%   | Si% | Mn%  | P%    | S%    | N%                  | Cu%  |                            |
| max  |     | max  | max   | max   | max                 | max  |                            |
| 0,17 <sup>c)</sup>   | --  | 1,40 | 0,035 | 0,035 | 0,012 <sup>a)</sup> | 0,40 | Analisi di <b>colata</b>   |
| 0,19 <sup>c)</sup>   | --  | 1,50 | 0,045 | 0,045 | 0,014 <sup>b)</sup> | 0,45 | Analisi di <b>prodotto</b> |
| Metodo di disossidazione FN acciaio effervescente non ammesso  |     |      |       |       |                     |      |                            |
| <sup>c)</sup> per spessori > 40 mm fino a 100 mm max 0.20 in colata / 0.23 sul prodotto                                      |     |      |       |       |                     |      |                            |
| <sup>c)</sup> per spessori > 100 mm il contenuto di C va concordato  |     |      |       |       |                     |      |                            |
| <sup>a)</sup> il valore max di N non si applica se la composizione chimica mostra un contenuto di Al (totale) $\geq 0.020\%$ |     |      |       |       |                     |      |                            |
| <sup>b)</sup> il valore max di N non si applica se la composizione chimica mostra un contenuto di Al (totale) $\geq 0.015\%$ |     |      |       |       |                     |      |                            |

|                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| <b>Qualità materiale</b> | <b>S275JR</b> (Fe 430 B) |
| Norma di riferimento     | EN 10025-2: 2004         |
| Numero                   | 1.0044                   |

| Composizione chimica   |     |      |       |       |                     |      |                            |
|--|-----|------|-------|-------|---------------------|------|----------------------------|
| C%   | Si% | Mn%  | P%    | S%    | N%                  | Cu%  |                            |
| max  |     | max  | max   | max   | max                 | max  |                            |
| 0,21 <sup>c)</sup>   | --  | 1,50 | 0,035 | 0,035 | 0,012 <sup>a)</sup> | 0,40 | Analisi di <b>colata</b>   |
| 0,24 <sup>c)</sup>   | --  | 1,60 | 0,045 | 0,035 | 0,014 <sup>b)</sup> | 0,45 | Analisi di <b>prodotto</b> |
| Metodo di disossidazione FN acciaio effervescente non ammesso  |     |      |       |       |                     |      |                            |
| <sup>c)</sup> per spessori > 40 mm fino a 100 mm max 0.22 in colata / 0.25 sul prodotto                                      |     |      |       |       |                     |      |                            |
| <sup>c)</sup> per spessori > 100 mm il contenuto di C va concordato  |     |      |       |       |                     |      |                            |
| <sup>a)</sup> il valore max di N non si applica se la composizione chimica mostra un contenuto di Al (totale) $\geq 0.020\%$ |     |      |       |       |                     |      |                            |
| <sup>b)</sup> il valore max di N non si applica se la composizione chimica mostra un contenuto di Al (totale) $\geq 0.015\%$ |     |      |       |       |                     |      |                            |

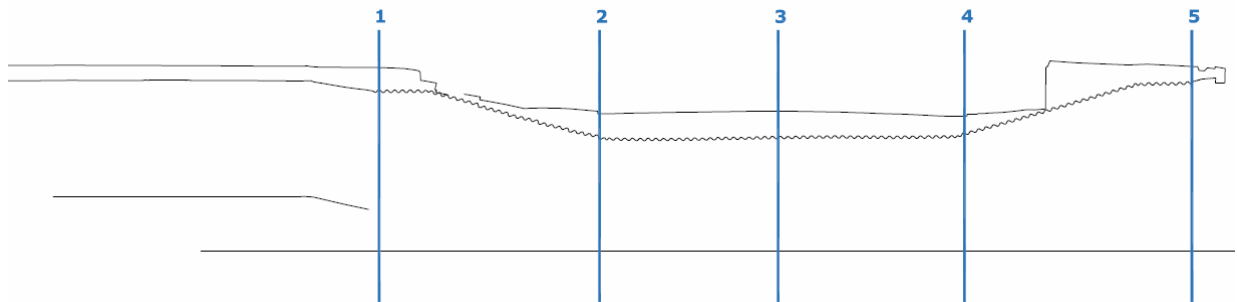
|                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| <b>Qualità materiale</b> | <b>S355J2</b> (Fe 510 D) |
| Norma di riferimento     | EN 10025-2: 2004         |
| Numero                   | 1.0577                   |

| Composizione chimica   |      |      |       |       |    |      |                            |
|--|------|------|-------|-------|----|------|----------------------------|
| C%   | Si%  | Mn%  | P%    | S%    | N% | Cu%  |                            |
| max  | max  | max  | max   | max   |    | max  |                            |
| 0,20 <sup>a)</sup>   | 0,55 | 1,60 | 0,025 | 0,025 | -- | 0,40 | Analisi di <b>colata</b>   |
| 0,23 <sup>a)</sup>   | 0,60 | 1,70 | 0,035 | 0,035 | -- | 0,45 | Analisi di <b>prodotto</b> |
| Metodo di disossidazione FF acciaio completamente calmato  |      |      |       |       |    |      |                            |
| <sup>a)</sup> max 0.22 per analisi di colata, max 0.24 per analisi di prodotto per spessori > 30 fino a 100 mm |      |      |       |       |    |      |                            |
| <sup>a)</sup> per spessori > 100 mm il contenuto di C va concordato  |      |      |       |       |    |      |                            |

Relativamente il punto **b**. “determinazione dello stato manutentivo dei manufatti” si è fatto specifico riferimento allo spessore residuo delle lamiere, misurato con spessimetro ultrasonico.



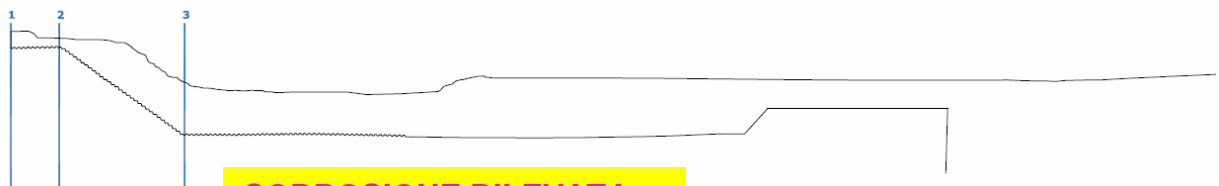
**TUBO FINSIDER A CENTO IN LOC. DOSSO – VIA VERDI**



| RILIEVO DEGLI SPESSORI DEL TUBO FINSIDER |      |      |      |      |      |      |
|--|------|------|------|------|------|------|
| misure in mm                             |      |      |      |      |      |      |
| SEZIONE                                  | A    | B    | C    | D    | E    | F    |
| 1  | 4,80 | 4,60 | 4,60 | 4,50 | 4,50 | 4,50 |
| 2  | 4,30 | 4,40 | 4,60 | 4,50 | 4,00 | —    |
| 3  | 4,10 | 4,40 | 4,50 | 4,40 | 4,10 | —    |
| 4  | 4,40 | 4,60 | 4,60 | 4,20 | 4,40 | —    |
| 5  | 4,60 | 4,60 | 4,60 | 4,50 | 3,80 | 3,80 |

**MINIMO SPESSORE RILEVATO**

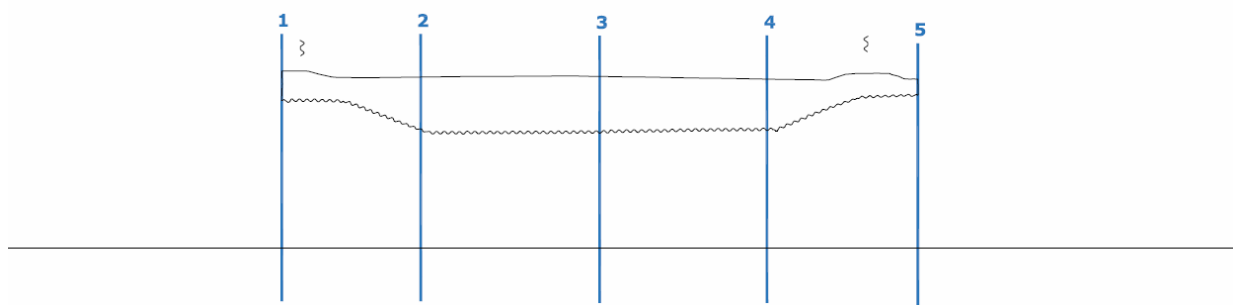
**TUBO FINSIDER A CENTO LOC. CORPORENO – SP6 VIA ALBERELLI**



**CORROSIONE RILEVATA**

| RILIEVO DEGLI SPESSORI DEL TUBO FINSIDER |                |      |      |      |      |      |
|--|----------------|------|------|------|------|------|
| misure in mm                             |                |      |      |      |      |      |
| SEZIONE                                  | A              | B    | C    | D    | E    | F    |
| 1  | 3,3<br>corroso | 4,60 | 4,60 | 4,50 | 4,20 | 4,20 |
| 2  | 4,50           | 4,40 | 4,60 | 4,10 | 4,60 | —    |
| 3  | 4,60           | 4,60 | 4,60 | 4,20 | 4,20 | —    |

**TUBO FINSIDER A CENTO**





| RILIEVO DEGLI SPESSORI DEL TUBO FINSIDER |      |      |      |      |      |      |
|--|------|------|------|------|------|------|
| misure in mm                             |      |      |      |      |      |      |
| SEZIONE                                  | A    | B    | C    | D    | E    | F    |
| 1  | 4,40 | 4,60 | 4,20 | 4,40 | 4,40 | —    |
| 2  | 4,60 | 4,60 | 4,60 | 4,60 | 4,20 | 4,20 |
| 3  | 4,00 | 4,20 | 4,50 | 4,00 | 4,10 | —    |
| 4  | 4,00 | 4,00 | 4,40 | 5,00 | 3,70 | —    |
| 5  | 4,60 | 4,30 | 4,90 | 4,50 | 4,40 | 3,80 |

**MINIMO SPESSORE  
RILEVATO**

Gli spessori rilevati sono in molti punti superiori ai 4.2 mm dichiarati nel progetto, probabilmente per effetto delle zone di sovrapposizione tra le piastre.

D'altro canto, in certi punti vengono rilevati spessori <4.2 mm, ma non si scende mai sotto i 3.7 mm fatta esclusione di un punto dove si arriva a 3.3mm e si segnala la presenza di corrosione.

Quella zona andrà riparata localmente mediante la saldatura di piatti metallici della stessa tipologia di acciaio rispetto a quella esistente.

Relativamente il punto c. "Determinazione della geometria dei manufatti metallici" è stato fatto un rilievo con laser scanner che ha permesso di individuare la geometria dell'opera e il ricoprimento di terreno esistente. Tutti i disegni ottenuti dal rilievo sono riportati in Allegato A alla presente relazione.

**6. RICOSTRUZIONE STATO DI FATTO**

Sulla base di quanto contenuto nel progetto esecutivo, nelle indagini specialistiche condotte in sito, e nelle indagini di letteratura e di mercato, è stato possibile ricostruire le sezioni trasversali di ogni singolo manufatto.

La sezione trasversale del tubo è la medesima per tutti i manufatti ed è stata ricostruita in Figura 2.

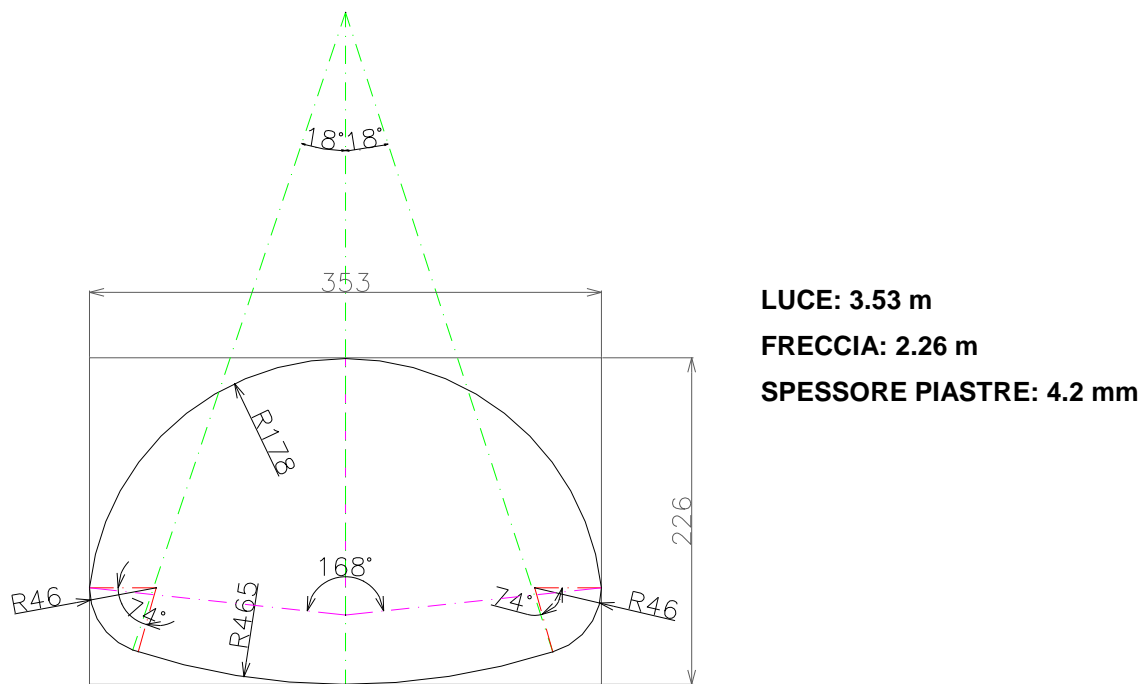
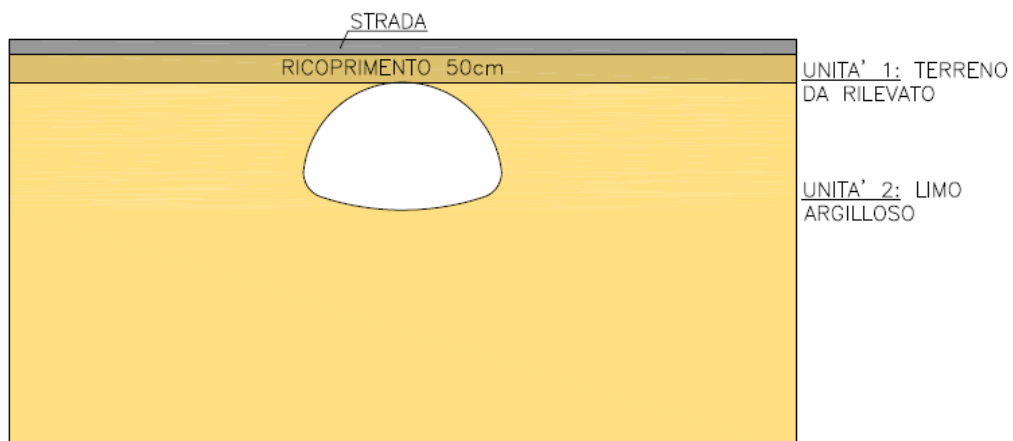


Figura 2: Sezione finsider di progetto - ricostruzione da progetto dell'epoca

Di seguito saranno invece rappresentate le sezioni trasversali di calcolo di ciascuno dei manufatti oggetto di verifica.

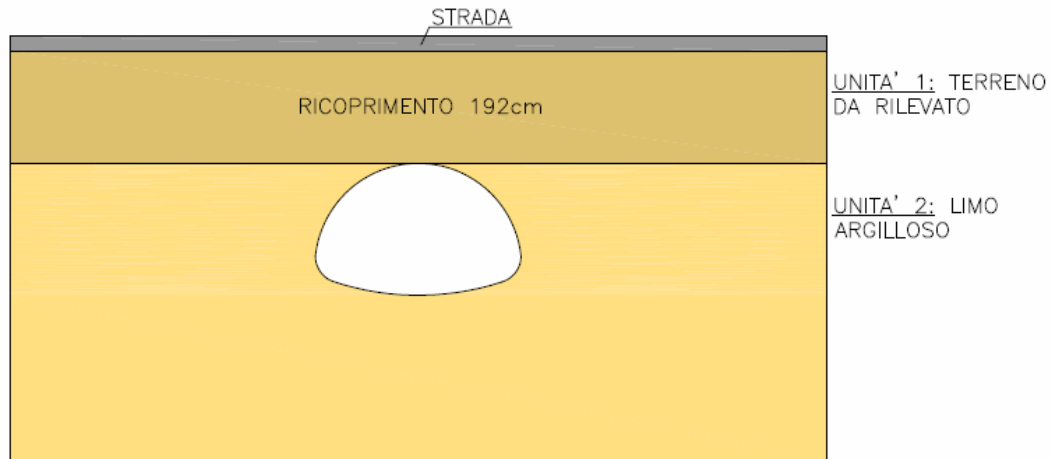
**TUBO FINSIDER A CENTO IN LOC. DOSSO – VIA VERDI**



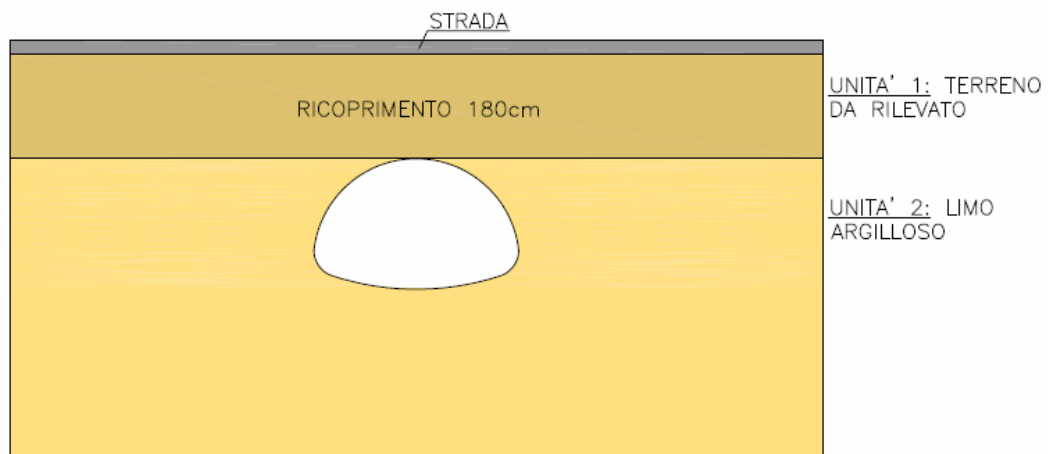


**TUBO FINSIDER A CENTO LOC. CORPORENO – SP6 VIA ALBERELLI**

**CASO 1**



**CASO 2**



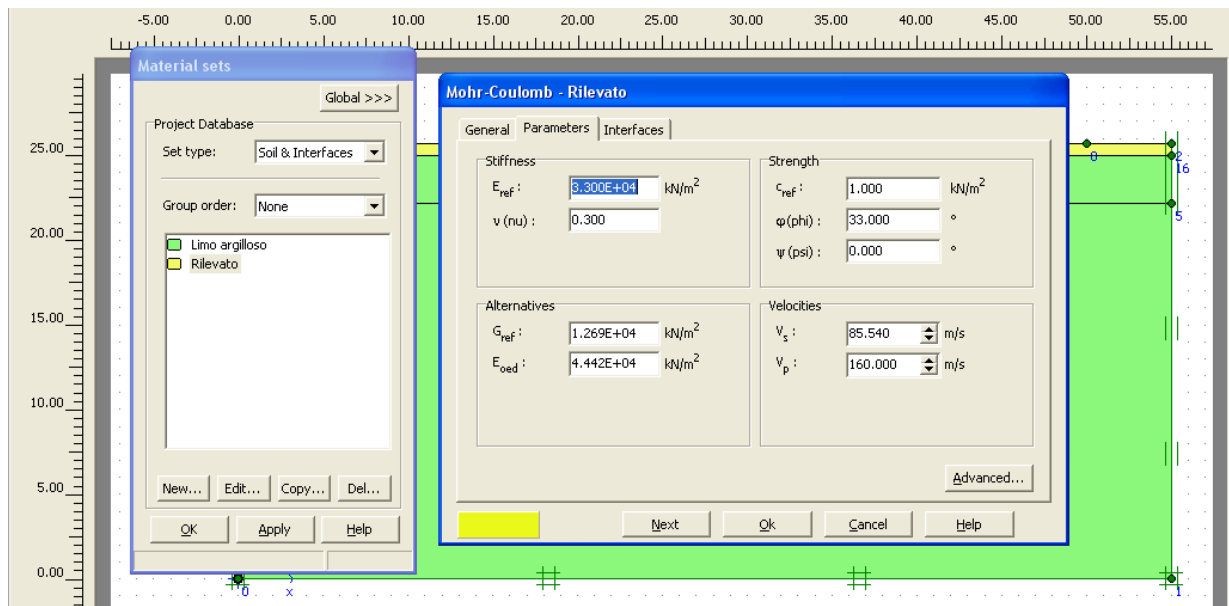
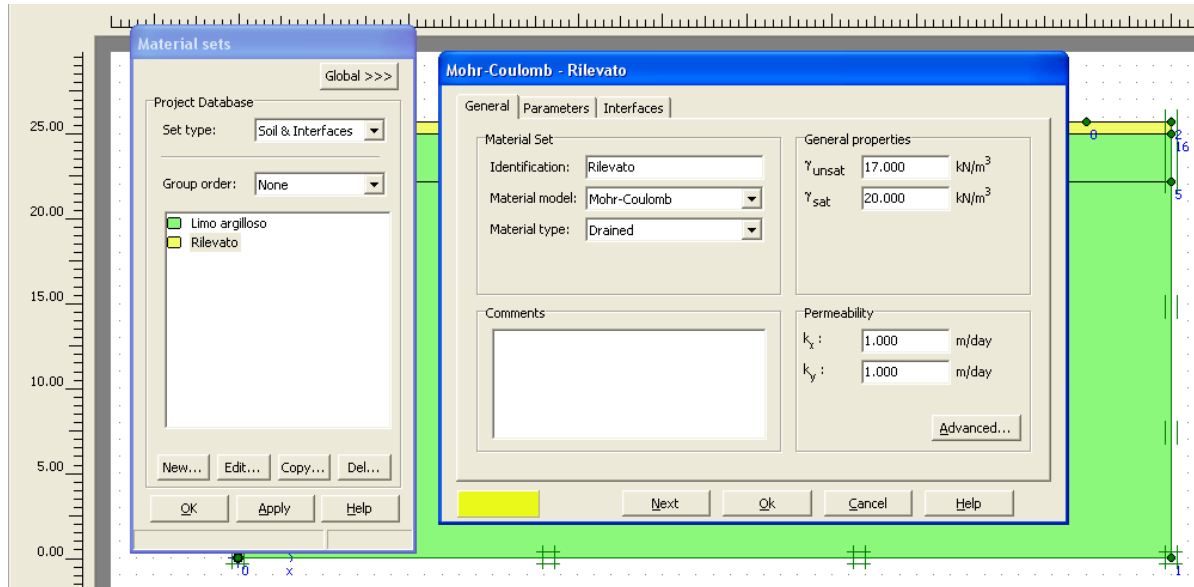
**TUBO FINSIDER A CENTO**





Per quanto concerne le caratteristiche del terreno esistente, è stato assunto un unico strato costituito da limo argilloso tipico delle zona in esame, mentre per il terreno di ricoprimento e allettamento si è fatto riferimento a quanto contenuto nel progetto esecutivo.

### UNITA' 1: RILEVATO (allettamento e ricoprimento tuto)





### UNITA' 2: limo argilloso - terreno in sito

The screenshot shows the 'Material sets' dialog box and the 'Mohr-Coulomb - Limo argilloso' parameter dialog. The 'Material sets' dialog is on the left, showing a list of material sets: 'Limo argilloso' (green) and 'Rilevato' (yellow). The 'Mohr-Coulomb - Limo argilloso' dialog is on the right, with the 'General' tab selected. It contains the following data:

| Property         | Value          | Unit              |
|------------------|----------------|-------------------|
| Identification   | Limo argilloso |                   |
| Material model   | Mohr-Coulomb   |                   |
| Material type    | Drained        |                   |
| $\gamma_{unsat}$ | 16.000         | kN/m <sup>3</sup> |
| $\gamma_{sat}$   | 18.000         | kN/m <sup>3</sup> |
| $k_x$            | 1.000E-03      | m/day             |
| $k_y$            | 1.000E-03      | m/day             |

The screenshot shows the 'Material sets' dialog box and the 'Mohr-Coulomb - Limo argilloso' parameter dialog. The 'Material sets' dialog is on the left, showing a list of material sets: 'Limo argilloso' (green) and 'Rilevato' (yellow). The 'Mohr-Coulomb - Limo argilloso' dialog is on the right, with the 'Parameters' tab selected. It contains the following data:

| Property     | Value     | Unit              |
|--------------|-----------|-------------------|
| $E_{ref}$    | 2.000E+04 | kN/m <sup>2</sup> |
| $\nu$ (nu)   | 0.350     |                   |
| $C_{ref}$    | 5.000     | kN/m <sup>2</sup> |
| $\phi$ (phi) | 25.000    | °                 |
| $\psi$ (psi) | 0.000     | °                 |
| $G_{ref}$    | 7407.407  | kN/m <sup>2</sup> |
| $E_{oed}$    | 3.210E+04 | kN/m <sup>2</sup> |
| $V_s$        | 67.360    | m/s               |
| $V_p$        | 140.200   | m/s               |



## 7. TARATURA DEL MODELLO

Si è scelto di analizzare il problema con il programma Plaxis, e si è resa necessaria una fase preliminare di taratura del modello, che consiste nella ricostruzione della sezione di calcolo dell'epoca e nell'ottenimento dei medesimi risultati di progetto (ved. relazione di calcolo Allegato B).

### 7.1 Ricostruzione della sezione di progetto dell'epoca

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE:** la sezione di progetto è caratterizzata da una altezza di ricoprimento del terreno pari a 70 cm.

**CARICHI STRADALI:** i carichi esplicitati nella relazione di calcolo dell'epoca sono i seguenti.

Rimorchio= 18 ton;

Area di applicazione del carico =  $(2.635+1.4) \cdot (0.23+1.4) = 6.58 \text{ mq}$  (ved. Figura 3)

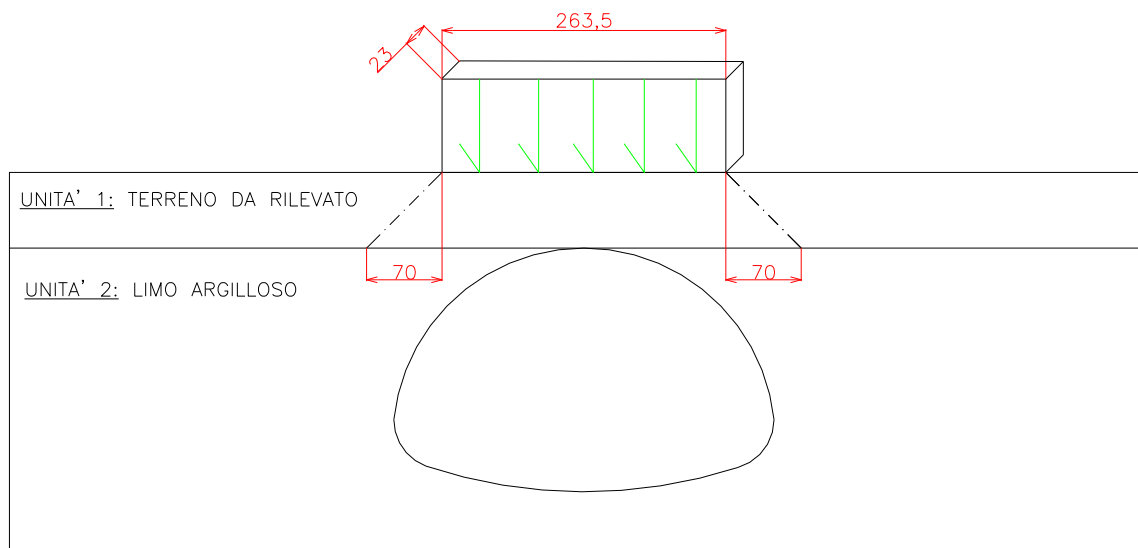


Figura 3: Applicazione carico stradale - rimorchio

Pertanto si ha:

$$18.000/6,58 = 2735,5 \text{ kg/mq} = 27 \text{ kN/mq}$$

$$2 \text{ assi affiancati} = 27 \times 2 = 54 \text{ kN/mq}$$

Poiché inoltre si tratta di azioni dinamiche, all'epoca di moltiplicava per un fattore 1,39 la sollecitazione ottenuta, pertanto:

$$54 \times 1,39 = 75,06 \text{ kN/mq}$$



La relazione dell'epoca fa anche riferimento alla teoria indefinita degli autocarri per cui si ha:

$$\text{Peso autocarro} = 4.170 \text{ kg/mq} = 41,7 \text{ kN/mq}$$

Carico permanentemente portato:

$$\text{Peso terreno portato} = 0,7 \times 18 = 12,6 \text{ kN/mq}$$

Pertanto si ha:

$$75,06 + 41,7 + 12,6 = 129,36 \text{ kN/mq}$$

Il calcolo della sollecitazione di compressione agente sulla struttura per unità di lunghezza è data dalla seguente relazione:

$$C = P \times L/2$$

Dove:

C: è la sollecitazione di compressione per unità di lunghezza;

L: luce della struttura;

P: pressione unitaria applicata;

Nel caso in oggetto si ha:

$$C = 129,36 \times 3,53/2 = 228,32 \text{ KN/M} \rightarrow \text{sollecitazione di compressione per u. di lunghezza}$$

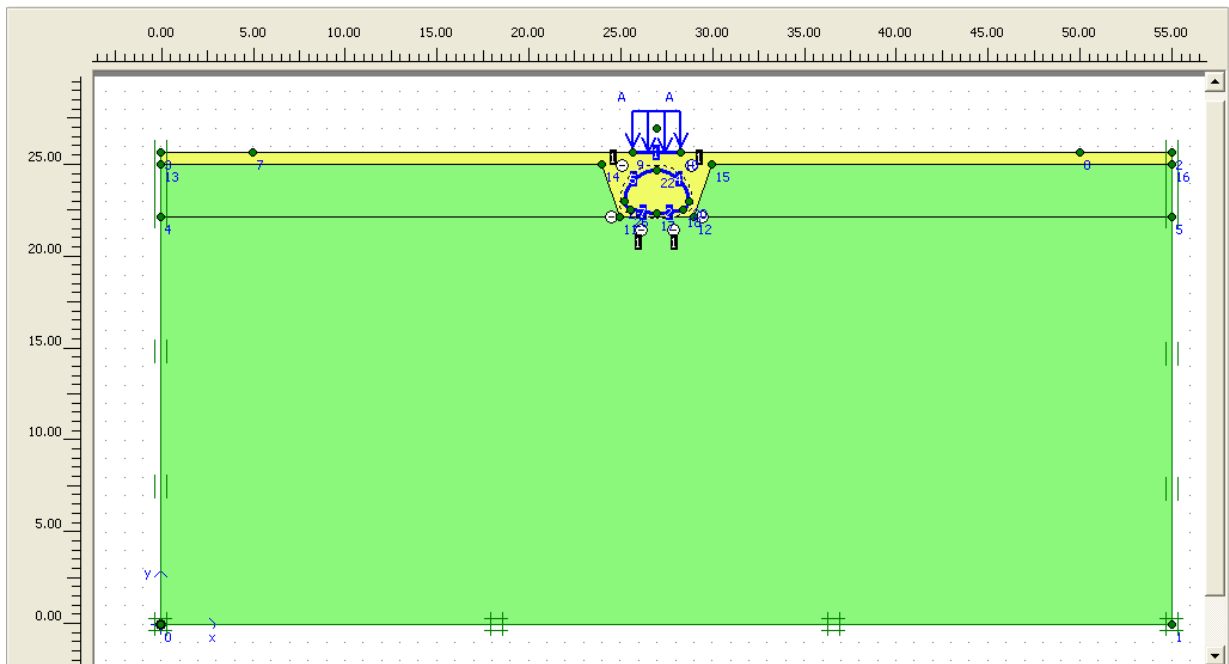


## 7.2 Rappresentazione della sezione in Plaxis

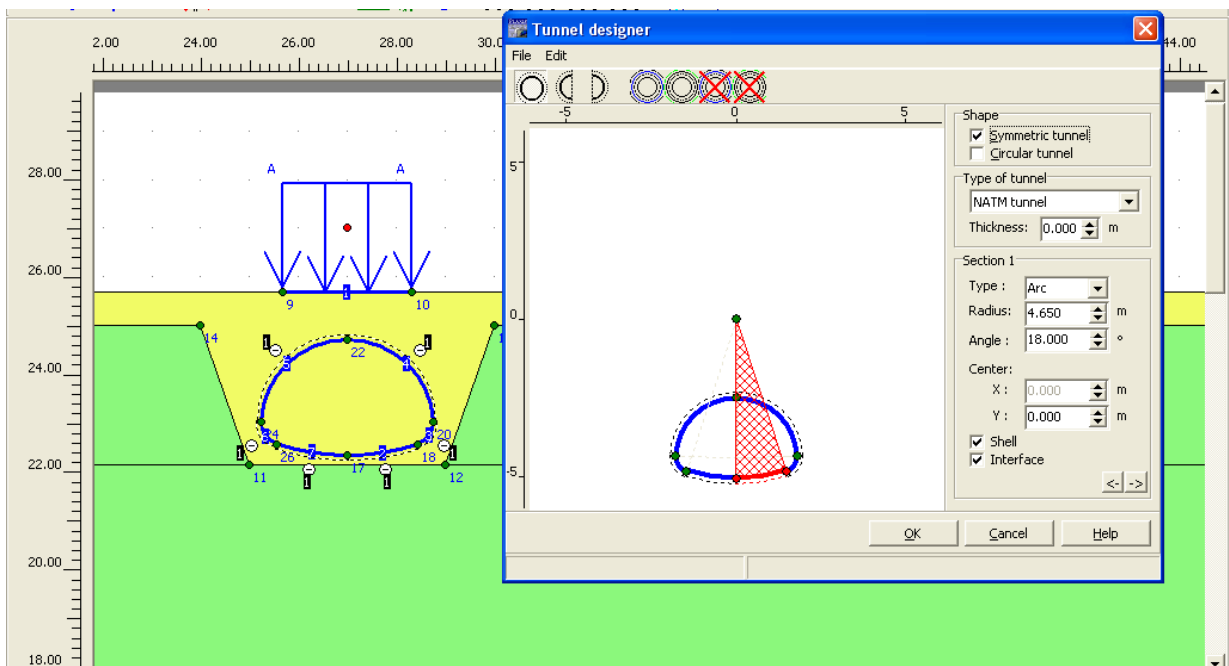
Plaxis è un codice di calcolo agli elementi finiti utilizzabile per eseguire analisi di stabilità e di deformazione nell'ambito di molteplici applicazioni geotecniche.

Il programma permette di simulare situazioni reali riconducibili a condizioni di deformazioni piane o a condizioni di assialsimmetria.

**Caratteristiche Geometriche** della sezione: Ricoprimento di progetto pari a 70 cm

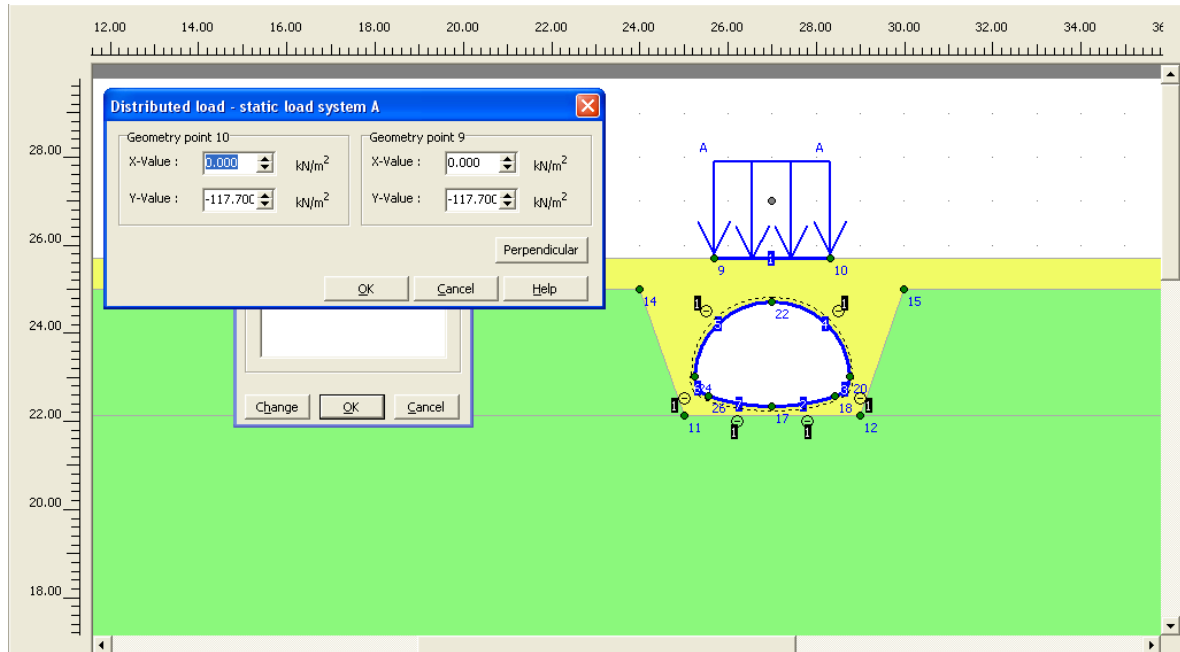


Sezione tipo Finsider come indicato in Figura 2.

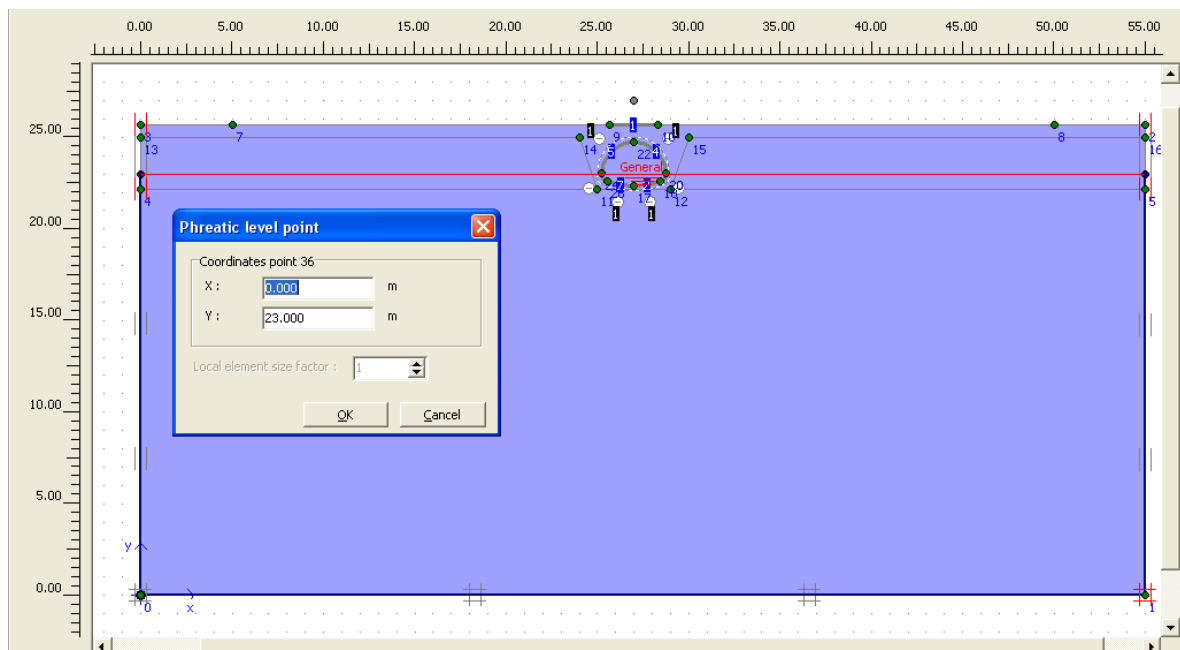


I **carichi** agenti sulla sezione sono modellati come “*Distributed loads*” e sono di seguito specificati:

### Carico Rimorchio+ Carico Autocarro

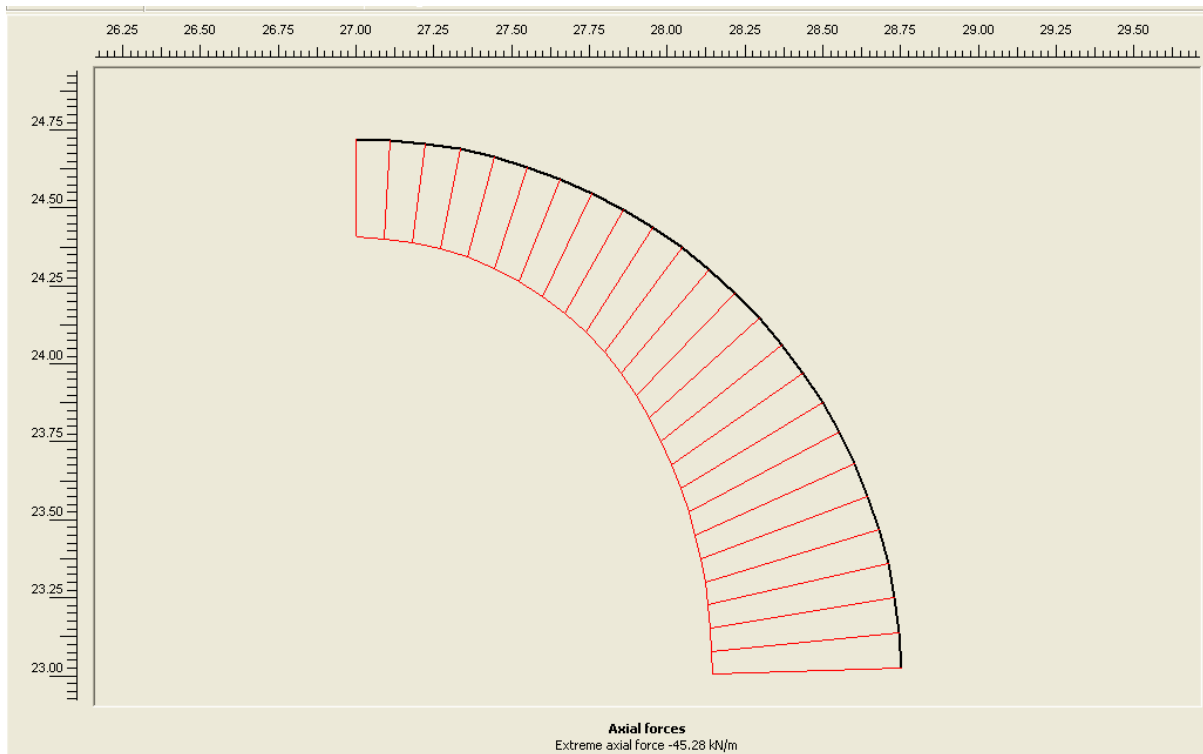


Dal punto di vista geotecnico, sono stati identificati i due strati di terreno di cui al capitolo 6 e la **falda** è stata impostata a una profondità di -2 m da p.c.

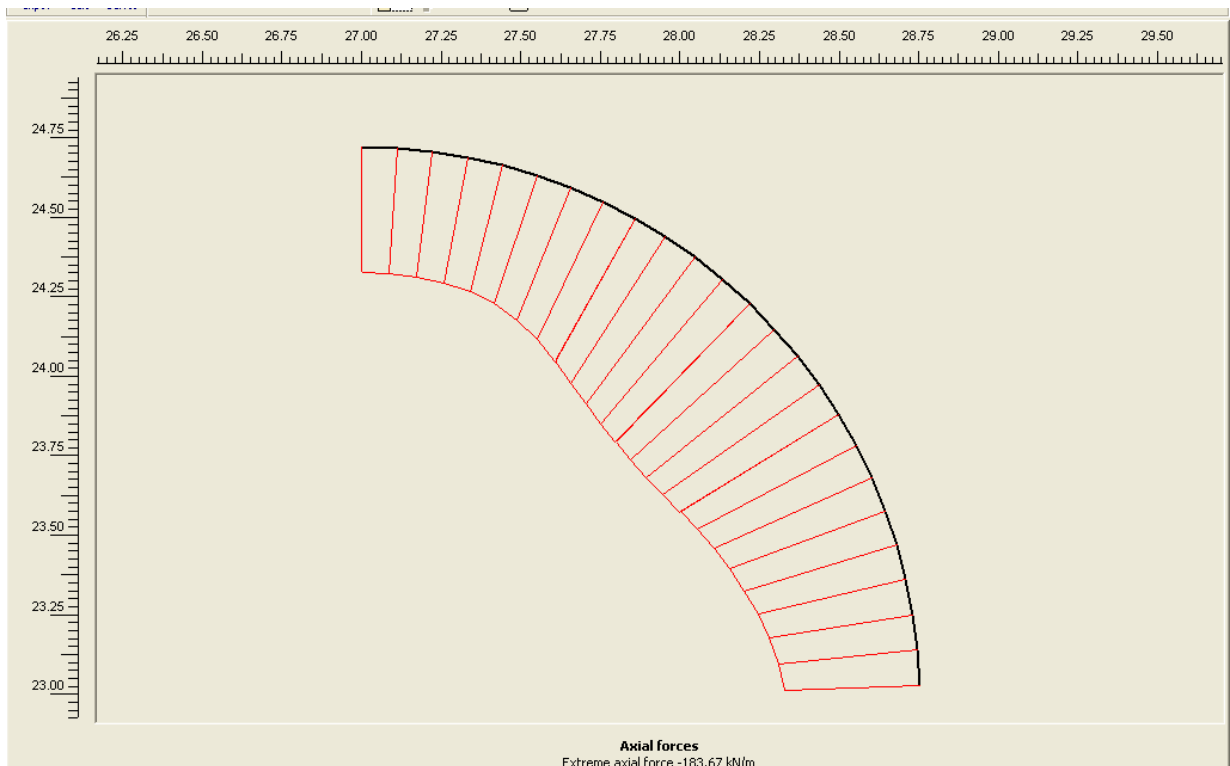


I risultati ottenuti dalla modellazione vengono valutati in relazione allo sforzo assiale registrato sulla parete del Finsider:

**Sforzo Assiale** dovuto al peso del terreno:



**Sforzo Assiale** dovuto al carico stradale:



Tali componenti devono essere sommate tra loro, pertanto si ha:

$46+183=229$  kN/m  $\rightarrow$  valore uguale a quanto ottenuto nel progetto dell'epoca.

La taratura è soddisfacente pertanto verranno usati i medesimi criteri per le sezioni di calcolo.



## **8. VERIFICHE DI RESISTENZA**

### **8.1 Verifica di resistenza dell'epoca di costruzione**

All'epoca di costruzione della struttura, è stata fatta una verifica basata sulla resistenza dei bulloni, che nel caso in oggetto è pari a 120.000 kg/m. Tale valore dipende sia dal tipo di bulloni, che dal numero di bulloni per metro lineare, che dallo spessore della piastra.

Per valutare il fattore di sicurezza, si è quindi fatto il rapporto tra resistenza dei bulloni e azione assiale agente sulla lamiera:

Fattore di sicurezza  $FS = 1.200/229 = 5,24$  – La sezione risultava **VERIFICATA**

### **8.2 Verifica di resistenza allo stato attuale**

Considerando lo stesso approccio utilizzato all'epoca di costruzione dei manufatti, a parità di tipo e numero di bulloni, la resistenza dei bulloni viene ridotta della stessa percentuale di riduzione dello spessore della lamiera.

Considerando la massima riduzione di spessore, si ha:

Spessore progetto dell'epoca: 4,2 mm

Spessore **minimo** condizione attuale: 3,7 mm

$3,7/4,2 = 0,88$  → la resistenza dei bulloni verrà quindi ridotta di un coefficiente pari a **0,88**

$120.000 \times 0,88 = 105.714$  kg/m → resistenza attuale dei bulloni

Nei prossimi capitoli, verrà fatta la modellazione delle sezioni indicate in premessa, con i carichi caratteristici delle NTC 2018. La verifica di resistenza sarà condotta in tensioni ammissibili confrontando le sollecitazioni ottenute con il valore di resistenza ridotto dei bulloni.



## 9. TUBO FINSIDER A CENTO IN LOC. DOSSO – VIA VERDI

### 9.1 Premessa

In questo capitolo verrà eseguita la modellazione del manufatto così come indicato nel capitolo 7, fatta esclusione per i carichi di progetto, per i quali si seguiranno le Norme Tecniche per le Costruzioni 2018.

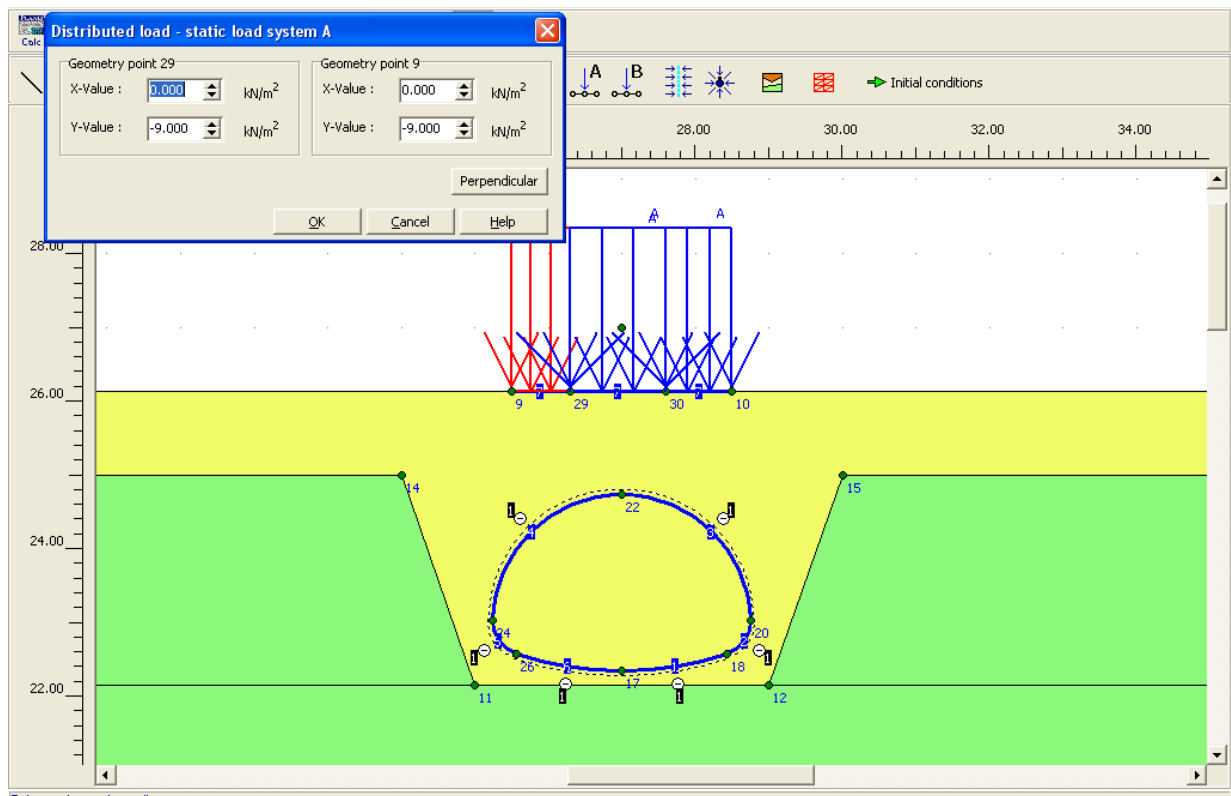
Va comunque specificato che l'analisi condotta si limita ai soli CARICHI STATICI, escludendo quindi l'azione dinamica dovuta al sisma.

### 9.2 Analisi dei carichi

I carichi di progetto sono quelli mobili indicati al capitolo 5.1.3.3.5 delle NTC 2018 per ponti di I categoria.

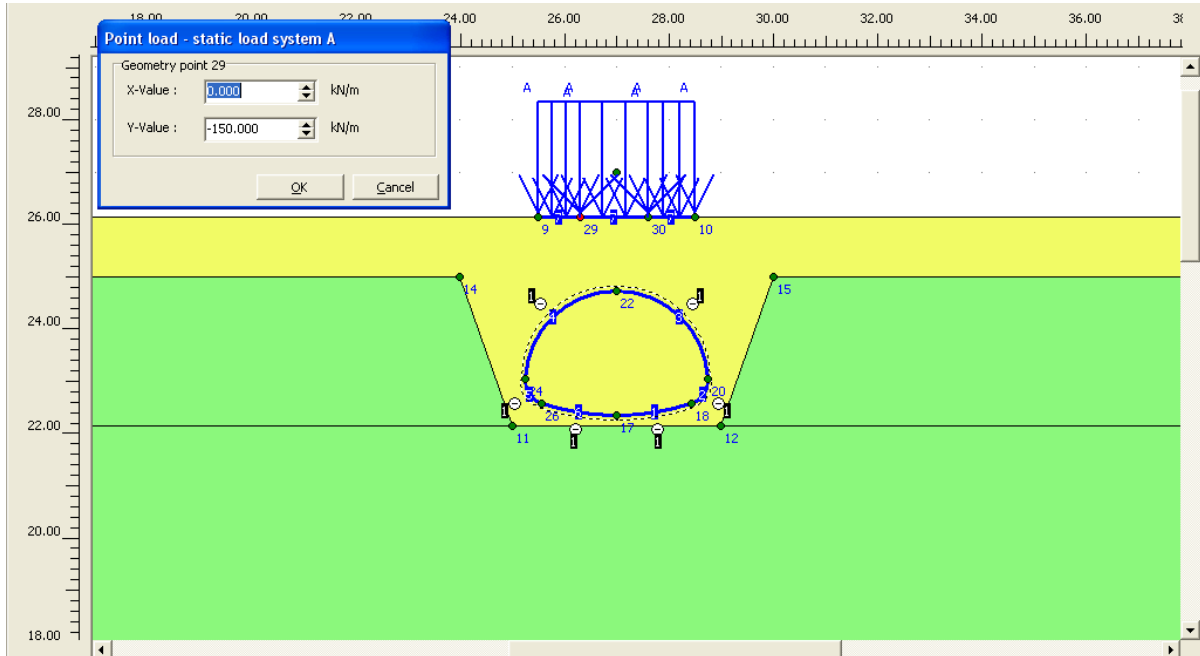
#### **CARICO DISTRIBUITO** → 9 kN/mq

Il carico è stato applicato per una lunghezza di  $L=3\text{m}$  in modo che venga applicato solo sulla parte superiore del tubo (considerando quindi la condizione più gravosa: se il carico fosse stato applicato per una lunghezza maggiore si sarebbero registrate delle spinte laterali).





**CARICO TANDEM** → Sono state applicate due forze  $F = 300 \text{ kN}$  ad interasse  $i = 1,2 \text{ m}$ , pertanto:  
 $P = 300/2 = 150 \text{ kN}$



### 9.3 Geometria della sezione

Per i ricoprimenti di terreno vale quanto specificato nel capitolo 6.

$H_{\text{ricoprimento}} = 50 \text{ cm}$

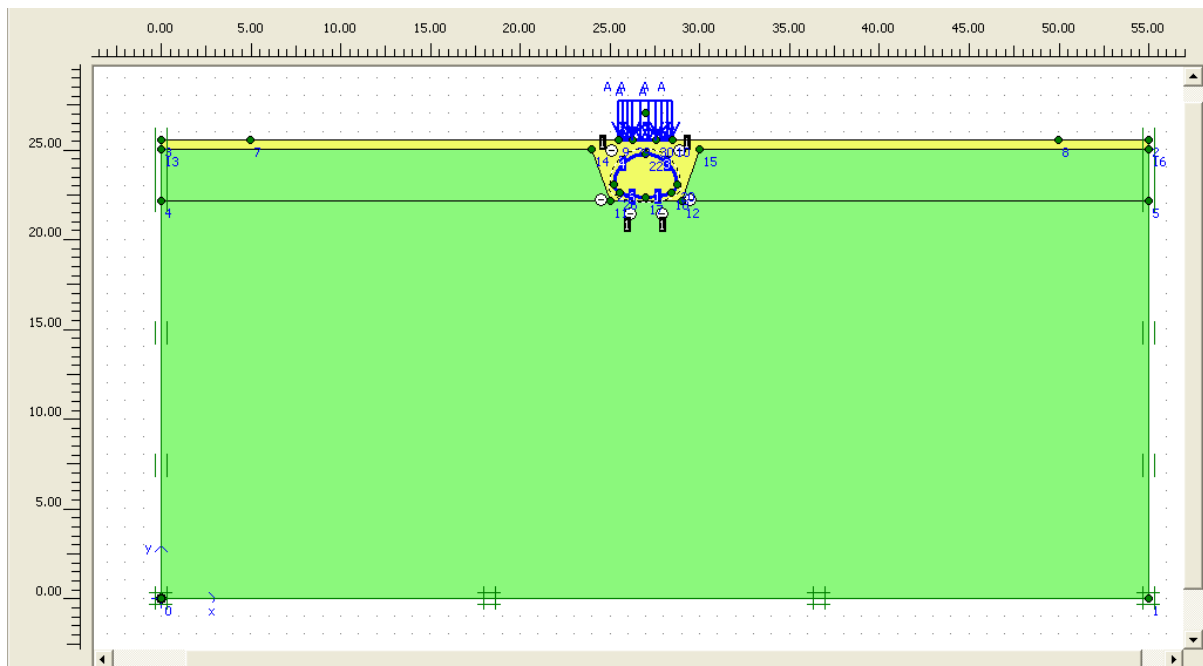


Figura 4: Modello geometrico manufatto località Dosso.





La falda è stata impostata a -2m da p.c.

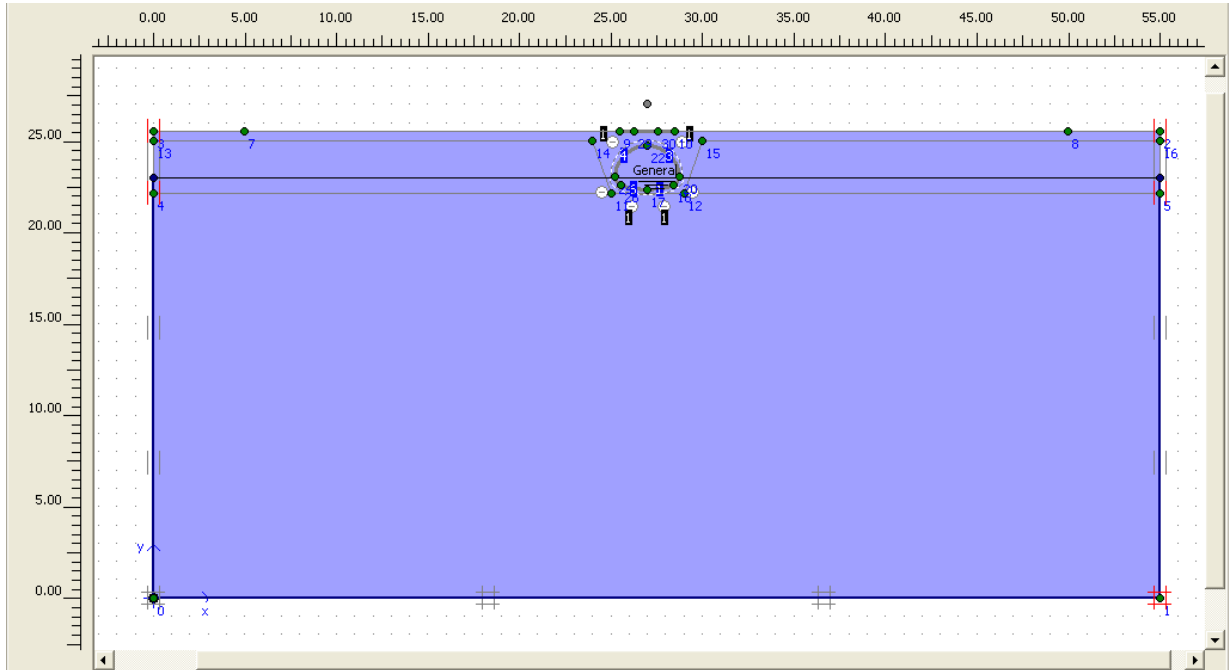


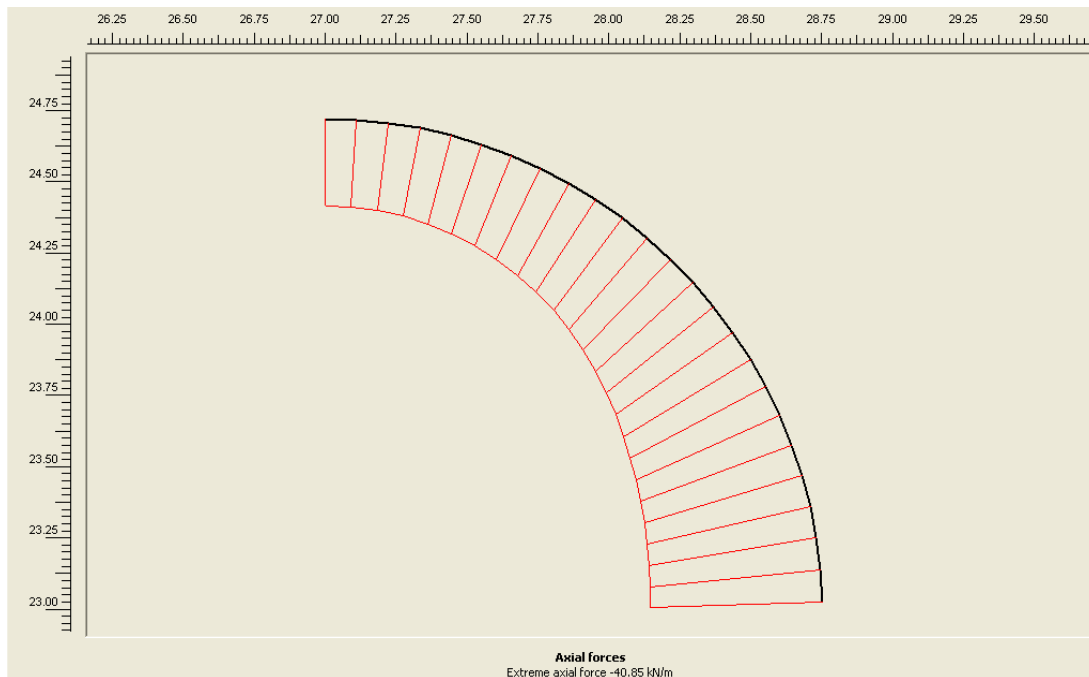
Figura 5: Posizione falda manufatto località Dosso.



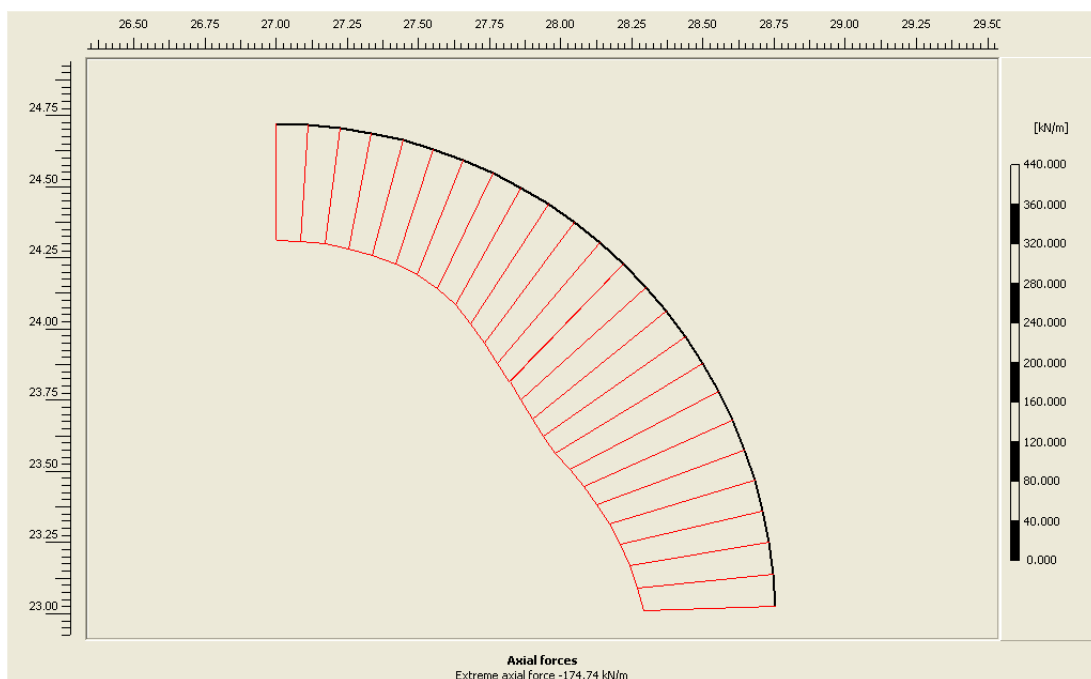
### 9.4 Verifica di sicurezza

Come anticipato, si confronta la resistenza dei bulloni, opportunamente ridotta, con lo sforzo assiale agente sulla tubazione.

#### SFORZO ASSIALE dovuto al peso del terreno



#### SFORZO ASSIALE dovuto al carico stradale



Sforzo assiale di progetto:



$40,85+174,74=215.59 \text{ kN/m} =21.559 \text{ kg/m}$

Resistenza dei bulloni ridotta (ved. capitolo 8.2)

105.714 kg/m

Fattore di sicurezza

$105.714 / 21.559=4,90 \rightarrow$  FATTORE DI SICUREZZA ACCETTABILE



## 10. TUBO FINSIDER A CENTO LOC. CORPORENO – SP6 VIA ALBERELLI

### 10.1 Premessa

Anche per tale manufatto valgono tutte le ipotesi di progetto di cui al capitolo 9.1 e 9.2.

### 10.2 Geometria della sezione

Per questo manufatto sono stati studiati due casi:

CASO 1: ricoprimento 192 cm

CASO 2: ricoprimento 180 cm

Entrambi sono stati modellati in Plaxis e per entrambi è stato eseguita la verifica di resistenza.

#### CASO 1

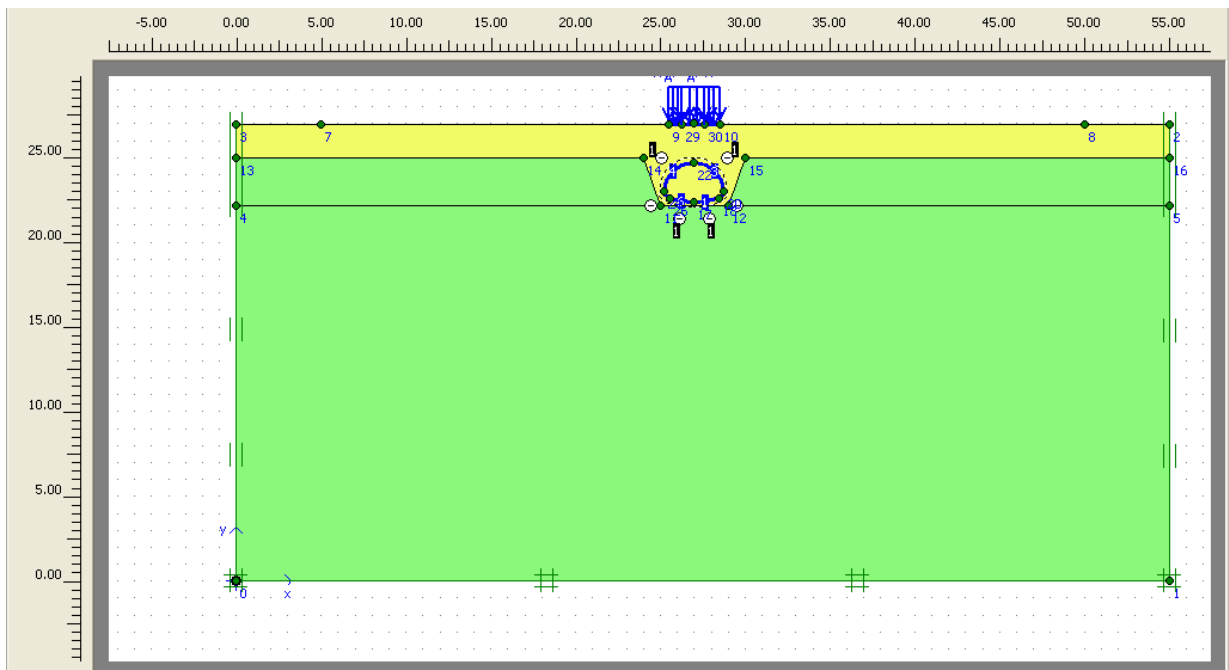


Figura 6: Modello geometrico manufatto località Corporeno – Caso 1



### CASO 2

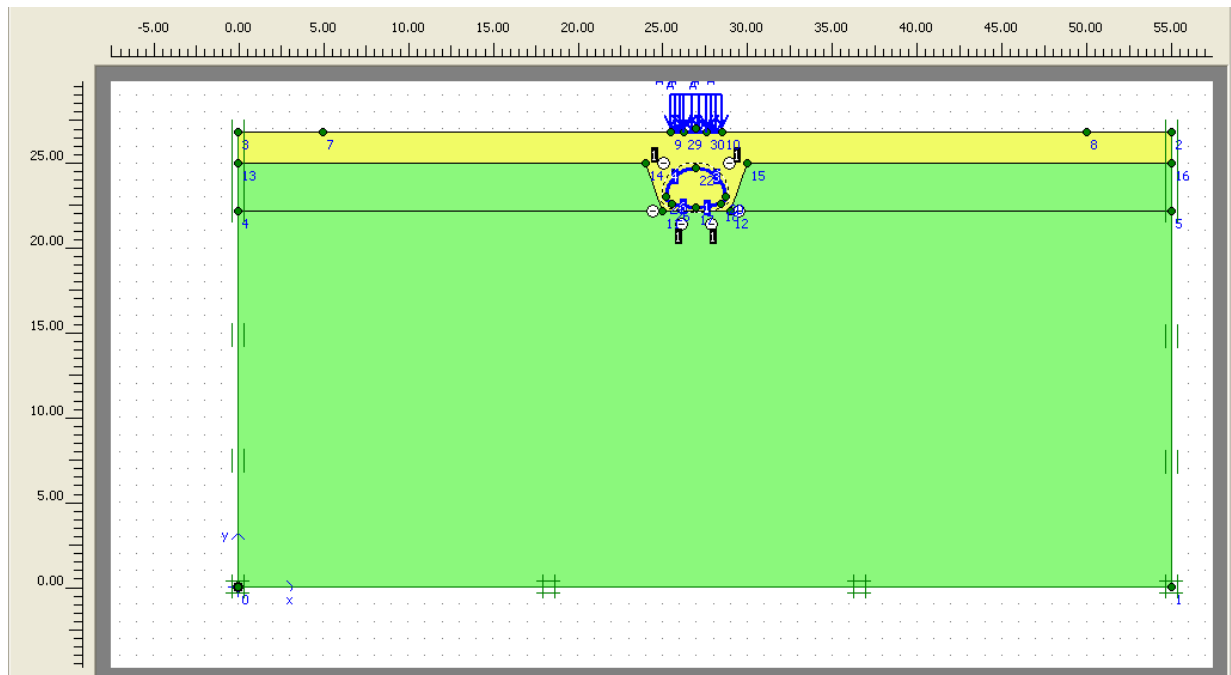


Figura 7: Modello geometrico manufatto località Corporeno – Caso 2

In entrambi i casi la falda è stata impostata a -2m da p.c.

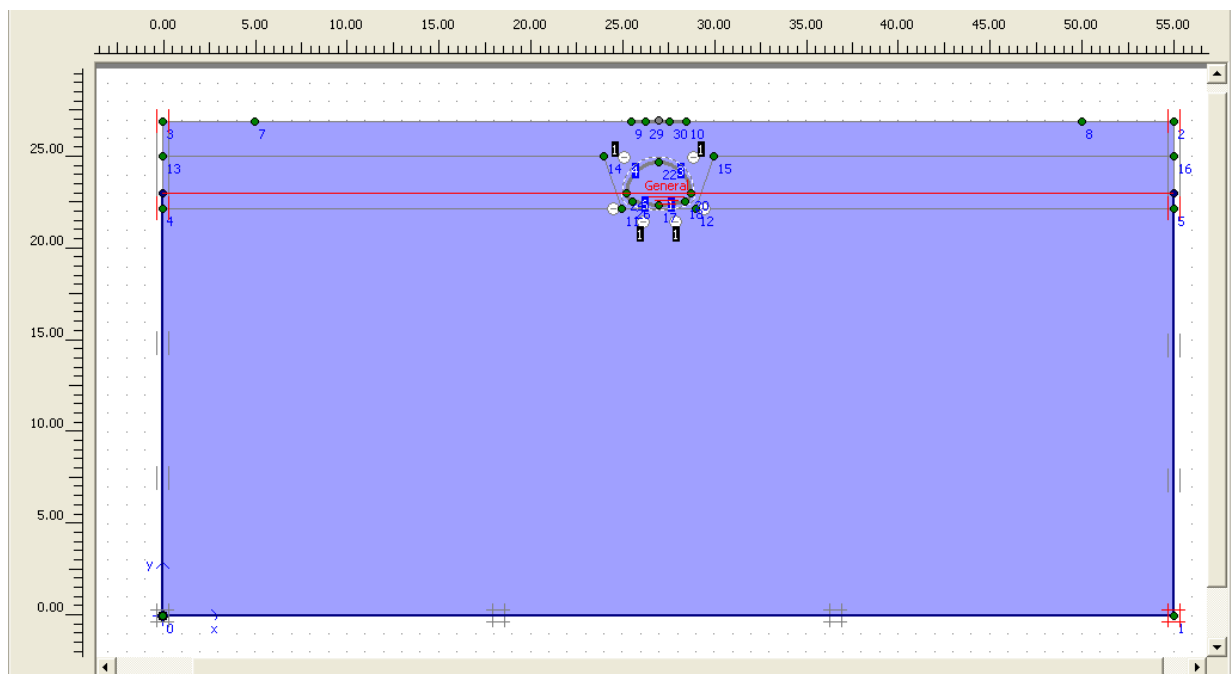


Figura 8: Posizione falda manufatto località Corporeno – Caso 1 Caso 2

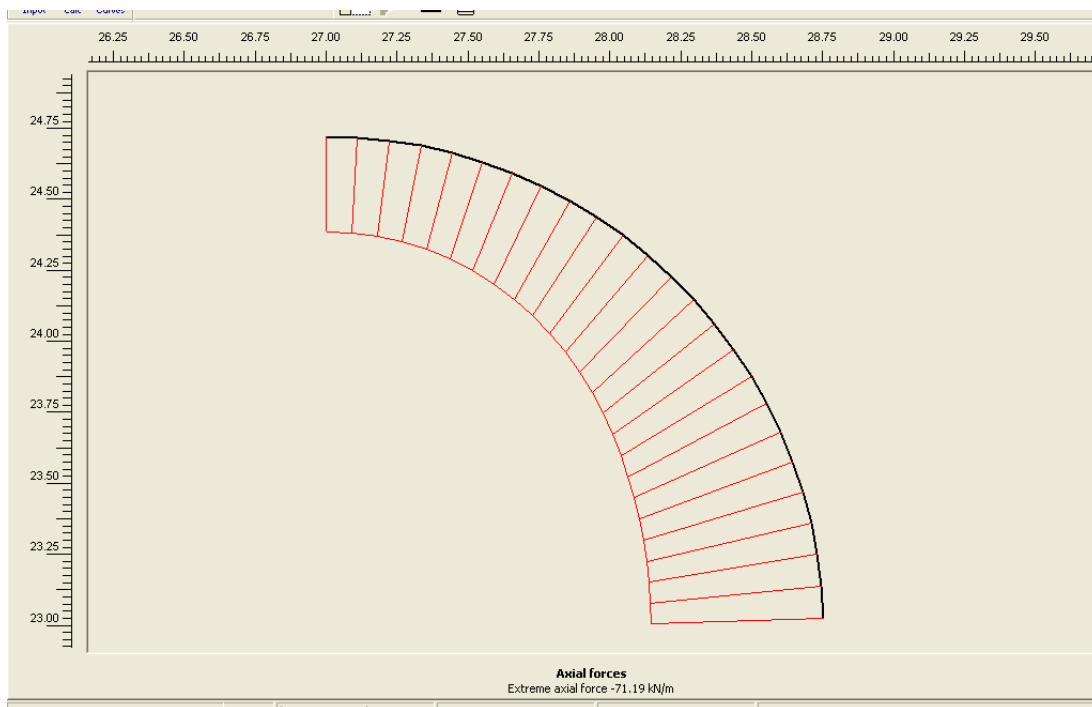


### 10.3 Verifica di resistenza

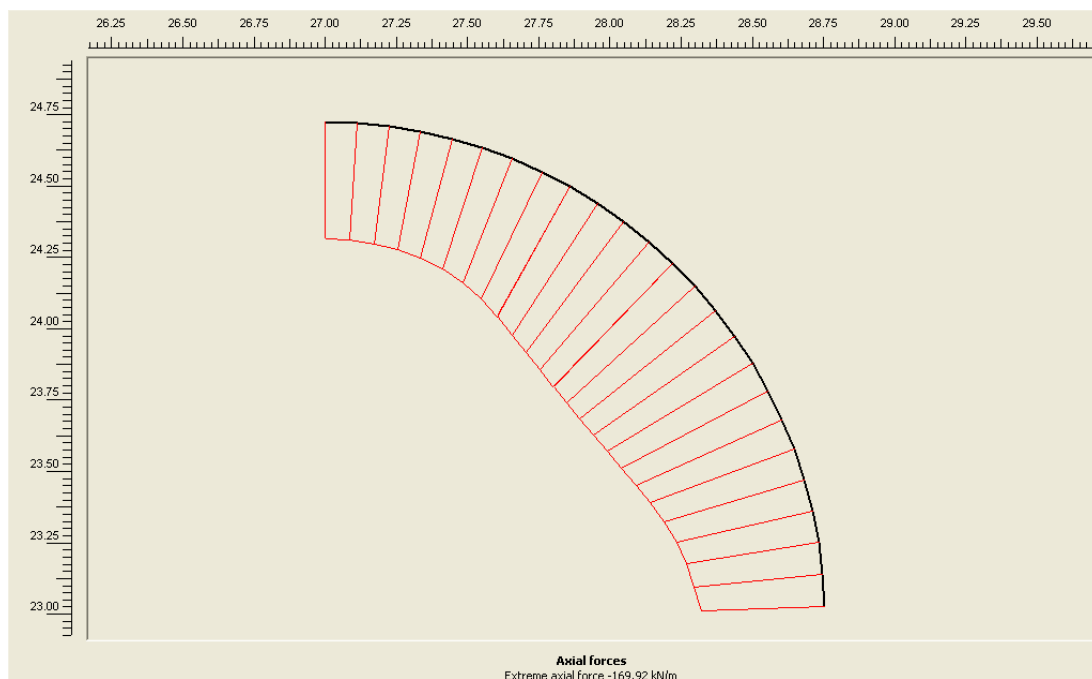
Come anticipato, si confronta la resistenza dei bulloni, opportunamente ridotta, con lo sforzo assiale agente sulla tubazione.

#### CASO 1

#### SFORZO ASSIALE dovuto al peso del terreno



#### SFORZO ASSIALE dovuto al carico stradale





Sforzo assiale di progetto:

$$71,19+192,92=264,11 \text{ kN/m} = 26.411 \text{ kg/m}$$

Resistenza dei bulloni ridotta (ved. capitolo 8.2)

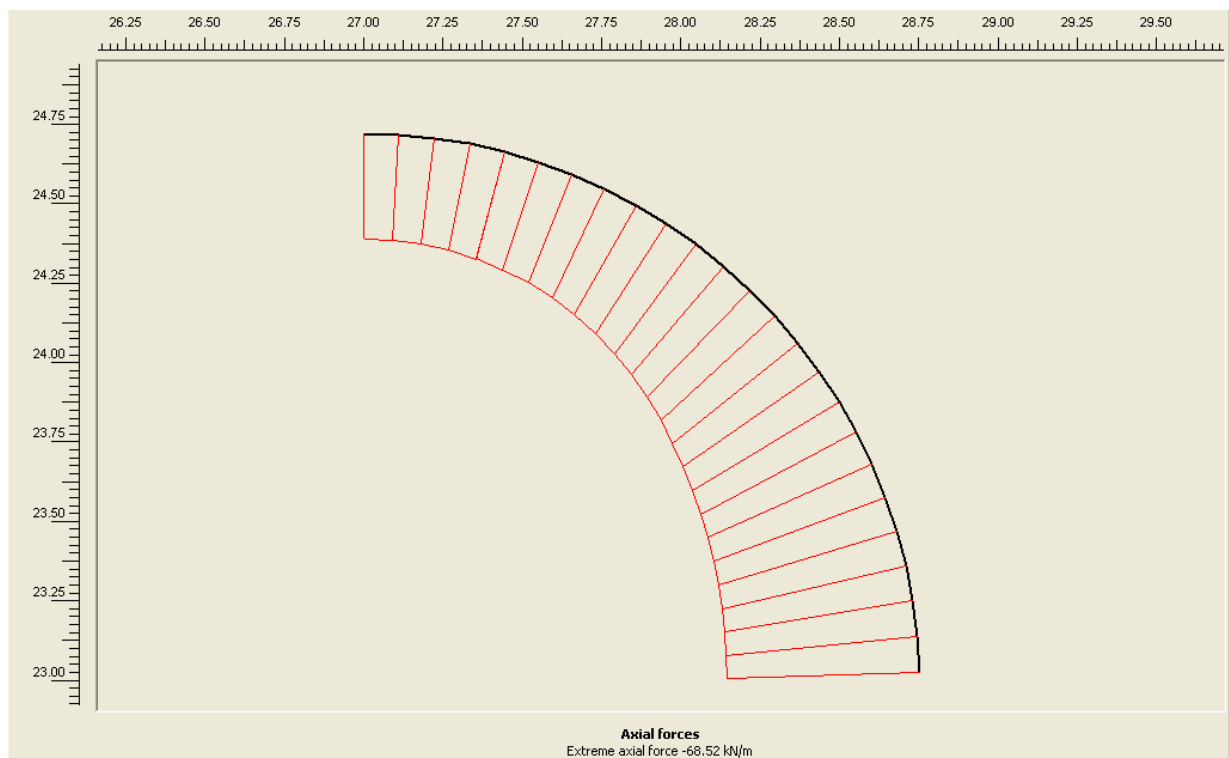
$$105.714 \text{ kg/m}$$

Fattore di sicurezza

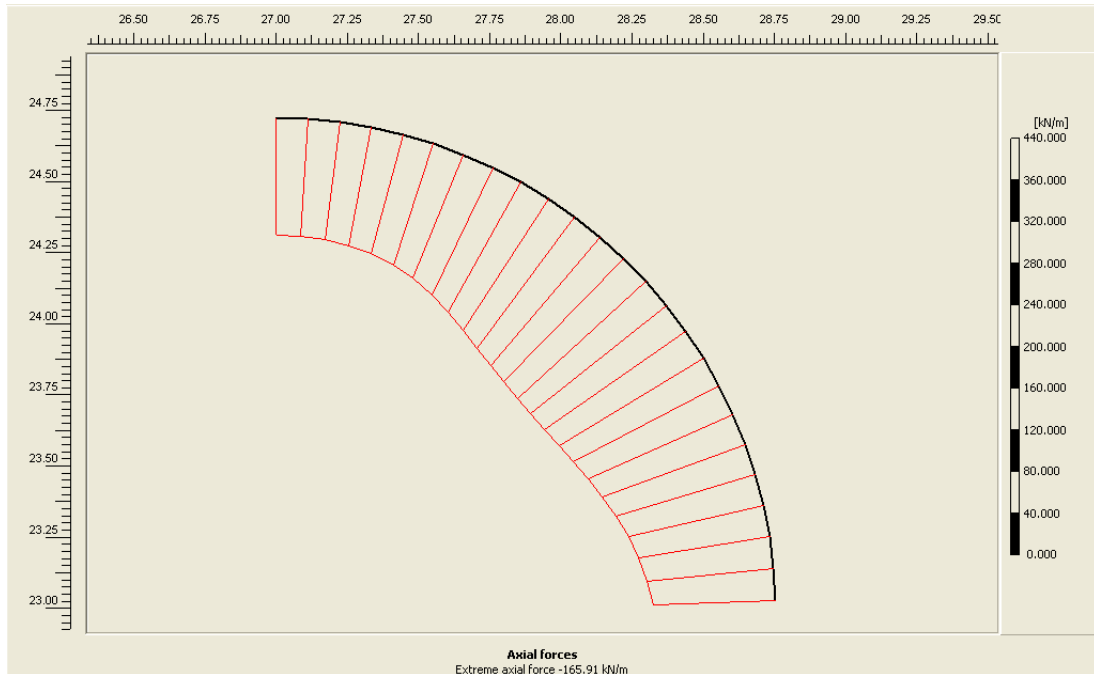
$$105.714/26.411 = 4 \rightarrow \text{FATTORE DI SICUREZZA ACCETTABILE}$$

## CASO 2

**SFORZO ASSIALE** dovuto al peso del terreno



### SFORZO ASSIALE dovuto al carico stradale



Sforzo assiale di progetto:

$$68,52 + 165,91 = 234,43 \text{ kN} = 23.443 \text{ kg}$$

Resistenza dei bulloni ridotta (ved. capitolo 8.2)

$$105.714 \text{ kg/m}$$

Fattore di sicurezza

$$105.714 / 23.443 = 4,5 \rightarrow \text{FATTORE DI SICUREZZA ACCETTABILE}$$

#### 10.4 Intervento di riparazione locale

Nella Sezione 1 punto A del manufatto è stata rilevata la corrosione del tubo: è quindi necessario prevedere un intervento di riparazione locale urgente caratterizzato come di seguito.

Nel punto dove si è verificata la corrosione, è necessario definire il tipo di SABBIAATURA necessario. Si fa quindi riferimento alla ISO 8501.



## **FASE 1- INTERVENTO DI PULIZIA E SABBIAURA**

**GRADO DI RUGGINE** → Esistono 4 categorie, ma nel nostro caso si considera il **Grado D**



**GRADO DI PREPARAZIONE** → Si considera Raschiatura e spazzolatura **Grado D St2**

Prima del trattamento, la superficie in acciaio deve essere pulita da sporco, grasso e impurità, gli strati più pesanti di ruggine devono essere rimossi mediante raschiatura e spazzolatura.

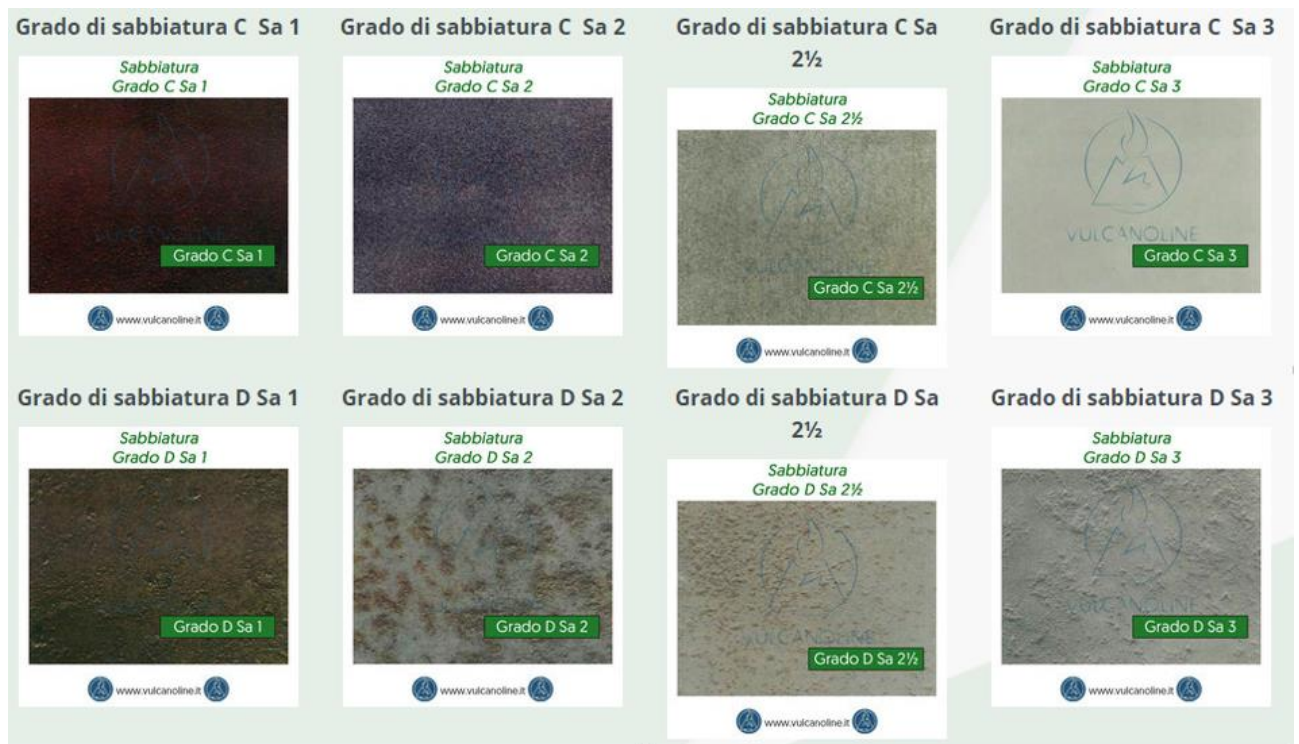
Nel caso del trattamento prescelto, si esegue una spazzolatura completa, anche con l'utilizzo di utensili elettrici come le smerigliatrici.

Il trattamento rimuove le incrostazioni, ruggine e corpi estranei; al termine si conclude la pulizia con aspiratori, aria compressa e spazzole pulite.

Al termine della pulitura, la superficie dovrebbe presentare una lieve lucentezza metallica.

**GRADO DI SABBIAURA** → **Grado D Sa 2.5**





Si tratta di una pulizia molto accurata, eliminando quasi tutte le materie estranee presenti sulla superficie metallica come ad esempio calamina, ruggine, sporcizia ecc...

### **FASE 2 – APPLICAZIONE ANTIRUGGINE**

Applicazione di anti ruggine nella zona trattata.

### **FASE 3 - RIPARAZIONE DELL'APERTURA**

In base alla dimensione dei fori lasciati dalla ruggine, si predisporranno delle piastrine in acciaio Fe510 Sp. 5mm da saldare al tubo. Dove i fori sono di dimensioni limitate, si possono chiudere direttamente con il materiale di apporto della saldatura.

### **PROTEZIONE DELLA SUPERFICIE TRATTATA**

Al termine delle operazioni di pulizia, è possibile proteggere la parte trattata con zinco spray a freddo.



## 11. TUBO FINSIDER A CENTO

### 11.1 Premessa

Anche per tale manufatto valgono tutte le ipotesi di progetto di cui al capitolo 10.19.1 e 9.2.

### 11.2 Geometria della sezione

Per i ricoprimenti, vale quanto indicato nel capitolo 6.

$H_{\text{ricoprimento}} = 113 \text{ cm}$

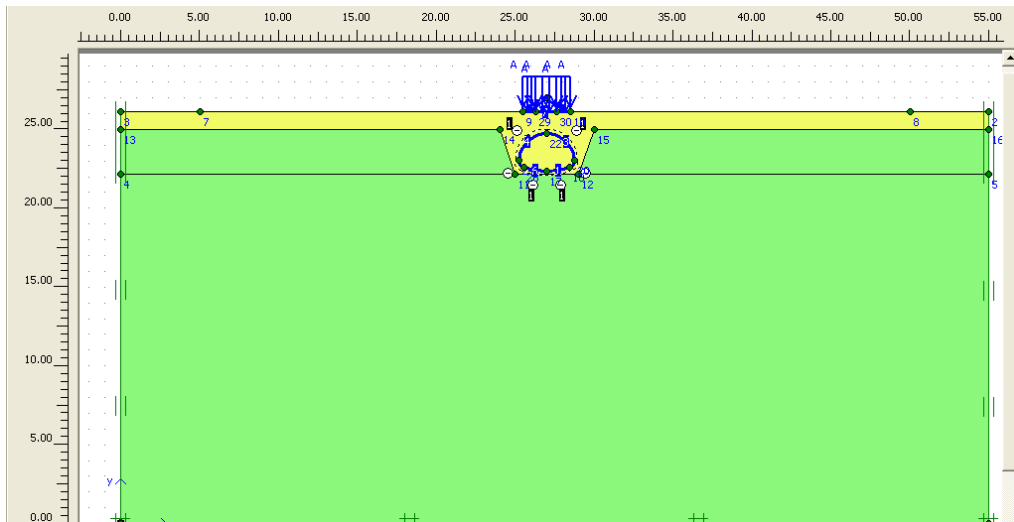


Figura 9: Modello geometrico manufatto località Cento

La falda è stata impostata a -2m da p.c.

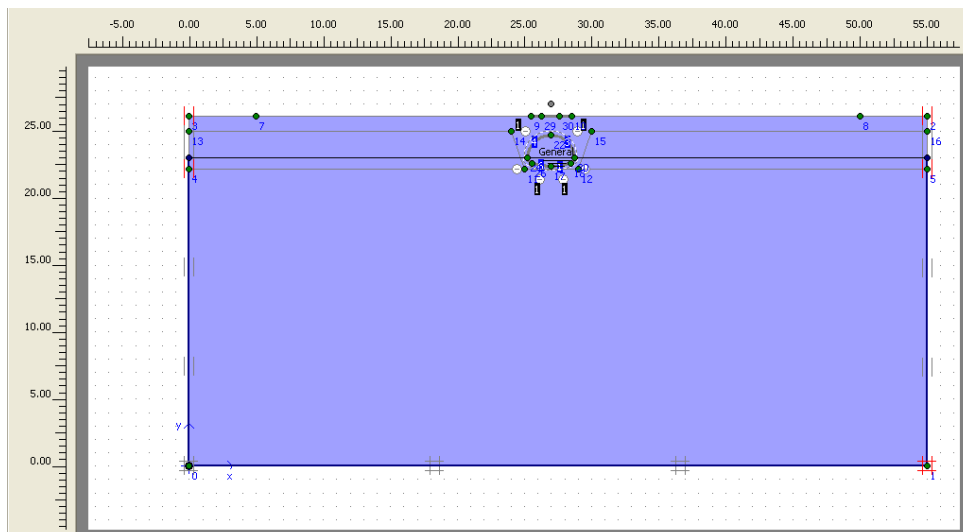


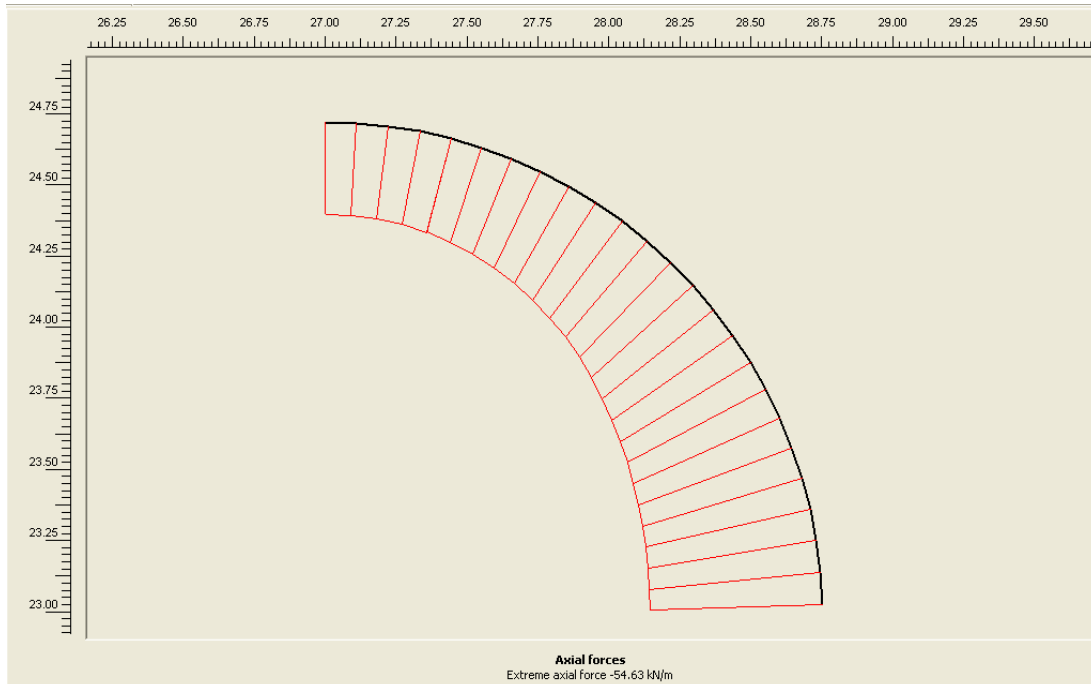
Figura 10: Posizione falda manufatto località Cento



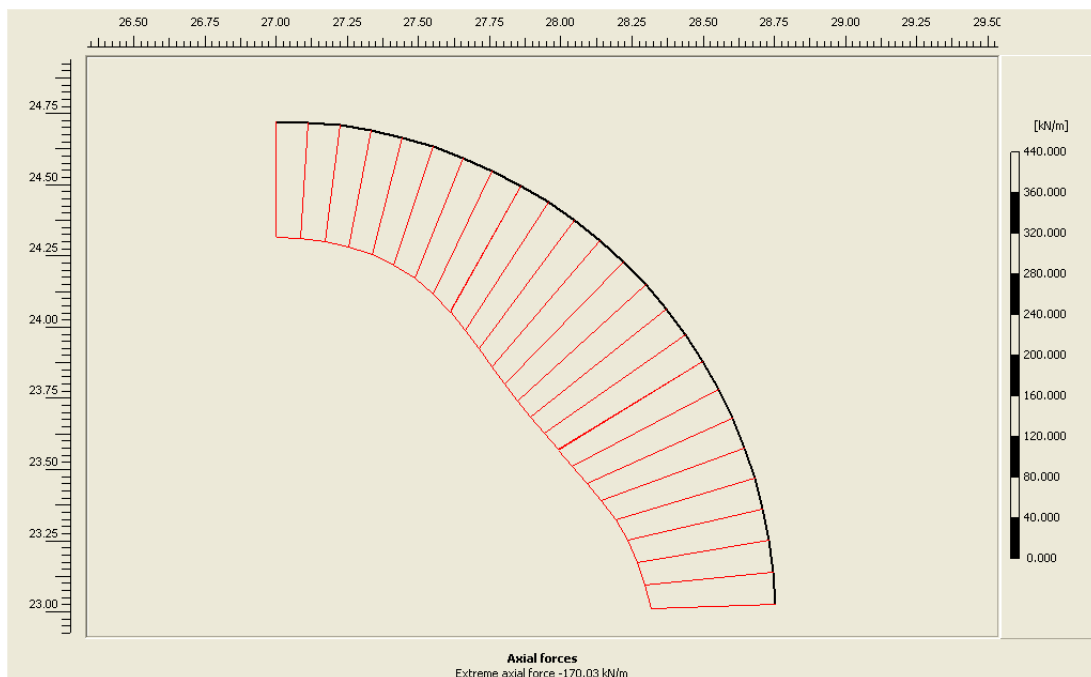
### 11.3 Verifica di resistenza

Come anticipato, si confronta la resistenza dei bulloni, opportunamente ridotta, con lo sforzo assiale agente sulla tubazione.

#### SFORZO ASSIALE dovuto al peso del terreno



#### SFORZO ASSIALE dovuto al carico stradale





Sforzo assiale di progetto:

$$54,63+170,03=224,66 \text{ kN/m} = 22.466 \text{ kg/m}$$

Resistenza dei bulloni ridotta (ved. capitolo 8.2)

$$105.714 \text{ kg/m}$$

Fattore di sicurezza

$$105.714/22.466 = 4,7 \rightarrow \text{FATTORE DI SICUREZZA ACCETTABILE}$$



## **12. CONCLUSIONI**

Sulla base di quanto esposto nella presente relazione e delle informazioni contenute nel progetto esecutivo dell'epoca, si può concludere che il livello di sicurezza dei tre manufatti è ancora **ACCETTABILE**.

Si ritiene comunque necessario provvedere con la massima urgenza alla riparazione del punto dove si è verificata la corrosione della tubazione: nella Sezione 1 punto A del manufatto sito in località Corporeno, via Alberelli.

In quel caso specifico dovrà essere posta in opera una nuova lamiera con le medesime caratteristiche di quella esistente al fine di evitare fenomeni di corrosione galvanica.

Ciononostante, prendendo atto che è in essere un ammaloramento dei manufatti, e tenendo conto della loro epoca di costruzione, si ritiene essenziale programmare delle indagini periodiche su tutti i manufatti, al fine di monitorare lo stato di conservazione degli stessi.

Si prescrivono quindi i seguenti controlli:

a cadenza **ANNUALE** → controlli visivi in corrispondenza delle sezioni di imbocco e sbocco della tubazione possibilmente negli stessi punti verificati durante la campagna di indagini qui allegata. I controlli potranno essere eseguiti dal personale del Consorzio di Bonifica in occasione dei quali verrà raccolta opportuna documentazione fotografica che permetta di descrivere la eventuale progressione nel tempo dei possibili fenomeni corrosivi;

a cadenza **QUINQUENNALE** → indagine in sito, eseguita da laboratorio specializzato, finalizzata alla misurazione degli spessori delle lamiere, nei medesimi punti indagati nella campagna di indagini qui riportata;

Sulla base di quanto sopra si precisa quindi che:

**LA PRESENTE RELAZIONE TECNICA HA VALENZA 5 ANNI A DECORRERE DALLA  
DATA DI EMISSIONE INDICATA IN CALCE.**

Rovigo, 30/11/2018



Ing. Elisa Maniezzo



ALLEGATO A  
Indagini specialistiche laboratorio LifeLab



Laboratori Ingegneria Ferrara s.r.l.

sede legale: via Palestro 25 - 44121 Ferrara (FE) - Italy  
sede operativa: via Ascari 6 - 44019 Gualdo di Voghiera (FE) - Italy  
ufficio 0532.1673129 – fax +39.0532.473486 - mobile +39.320.6651813  
web: [www.lifelab.it](http://www.lifelab.it) - mail: [info@lifelab.it](mailto:info@lifelab.it) - pecmail: [lifecert@pec.it](mailto:lifecert@pec.it)



Management  
System  
ISO 9001:2008

[www.tuv.com](http://www.tuv.com)  
ID 9105086584

Committente

CONSORZIO DI BONIFICA DELLA PIANURA DI FERRARA

Oggetto

INDAGINI SPECIALISTICHE SULLE STRUTTURE METALLICHE (TUBI FINSIDER) NEI MANUFATTI DI  
ATTRAVERSAMENTO DI CANALI IN LOCALITA' DOSSO, CORPORENO E CENTO



Titolo

RAPPORTO CONCLUSIVO DI INDAGINE

Emesso:

ing. Rachele Ferioli

Approvato:

LABORATORI INGEGNERIA  
FERRARA S.R.L.  
Partita IVA 041904060389

Ing. Sergio Tralli

| Commissa  | Codice - Documento          | Revisione | Motivazione     | Data       | Nome file                             |
|-----------|-----------------------------|-----------|-----------------|------------|---------------------------------------|
| 1329 - 18 | Doc13 - Rapporto conclusivo | 00        | Prima emissione | 03/05/2018 | comm1329-18-doc13-rev00-tubi finsider |





**INDICE**

|   |    |
|---|----|
| 1. PREMESSA.....                                      | 4  |
| 2. PIANIFICAZIONE CAMPAGNA DI INDAGINE .....          | 7  |
| 3. INDAGINI SULLE STRUTTURE METALLICHE.....           | 9  |
| 3.1 Prova di trazione e di composizione chimica ..... | 9  |
| 3.2 Rilievo degli spessori residui.....               | 10 |
| 4. ELENCO ALLEGATI.....                               | 10 |

**INDICE DELLE FIGURE**

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: vista aerea – Tubo finsider sito in località Dosso .....                                    | 4  |
| Figura 2: Tubo finsider sito in località Dosso.....   | 5  |
| Figura 3: vista aerea – Tubo finsider sito in località Corporeno.....                                 | 5  |
| Figura 4: Tubo finsider sito in località Corporeno .....  | 5  |
| Figura 5: vista aerea – Tubo finsider sito in Cento .....   | 6  |
| Figura 6: Tubo finsider sito in Cento.....  | 6  |
| Figura 7: rilievo laser scanning - Tubo Finsider in località Cento .....                              | 7  |
| Figura 8: rilievo laser scanning - Tubo Finsider in località Corporeno .....                          | 7  |
| Figura 9: rilievo laser scanning - Tubo Finsider in località Corporeno .....                          | 8  |
| Figura 10: risultati della prova di trazione su campioni di acciaio.....                              | 9  |
| Figura 11: risultati della prova di composizione chimica.....   | 9  |
| Figura 12: rilievo dello spessore di elementi metallici utilizzando uno spessimetro ultrasonico ..... | 10 |

## 1. Premessa

Su incarico della Committenza, **CONSORZIO DI BONIFICA DELLA PIANURA DI FERRARA**, la scrivente società ha eseguito una campagna di indagini specialistiche sulle strutture metalliche di tre manufatti di tombamento di canali in località Dosso, Corporeno e Cento.



Figura 1: vista aerea – Tubo finsider sito in località Dosso



Figura 2: Tubo finsider sito in località Dosso



Figura 3: vista aerea – Tubo finsider sito in località Corporeno



Figura 4: Tubo finsider sito in località Corporeno



Figura 5: vista aerea – Tubo finsider sito in Cento



Figura 6: Tubo finsider sito in Cento

## 2. Pianificazione campagna di indagine

La campagna di indagine, pianificata in accordo con la Committenza e con i Progettisti incaricati delle verifiche, ha previsto sia attività da eseguire in situ sia attività di laboratorio.

Obiettivo della campagna di indagine è definire la qualità dei materiali, definendo dei parametri meccanici, e il loro stato manutentivo, inoltre definire la geometria dei manufatti metallici.

La presente relazione tecnica descrive prevalentemente le fasi di lavoro svolto e riassume i risultati ottenuti. Per le modalità di esecuzione delle prove si rimanda alle relative normative di riferimento.

In ognuno dei tre manufatti metallici sono state eseguite le seguenti indagini:

- Rilievo laser scanning – *Allegato 5*



Figura 7: rilievo laser scanning - Tubo Finsider in località Cento



Figura 8: rilievo laser scanning - Tubo Finsider in località Corporeno



Figura 9: rilievo laser scanning - Tubo Finsider in località Corporeno

- Rilievo degli spessori dei Tubi Finsider
- Prove di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche meccaniche degli acciai e della loro composizione chimica su campioni prelevati in situ

### 3. Indagini sulle strutture metalliche

#### 3.1 Prova di trazione e di composizione chimica

Dalle strutture metalliche dei tre Tubi Finsider sono stati prelevati altrettanti campioni così identificati:

- ID1 – Tubo Finsider località Dosso
- ID2 – Tubo Finsider località Corporeno
- ID3 – Tubo Finsider località Cento

Da tali campioni sono state ricavate tre provette che sono poi state sottoposte a prova di trazione per la determinazione delle caratteristiche meccaniche del materiale.

| ID | Provino         |           |            |              |                     | Snervamento | Rottura |      |
|----|-----------------|-----------|------------|--------------|---------------------|-------------|---------|------|
|    | Tipo di provino | Direzione | Largh. (a) | Spessore (b) | Sez. eff. ( $S_o$ ) | $f_y$       | $f_t$   | A    |
|    |                 |           | [mm]       | [mm]         | [mm <sup>2</sup> ]  | [MPa]       | [MPa]   | [%]  |
| 1  | F               | L         | 20,5       | 4,0          | 82,0                | 317,1       | 418,3   | 22,0 |
| 2  | F               | L         | 20,0       | 4,0          | 80,0                | 393,8       | 518,8   | 26,0 |
| 3  | F               | L         | 20,0       | 4,0          | 80,0                | 375,0       | 510,0   | 22,0 |

Figura 10: risultati della prova di trazione su campioni di acciaio

La prova è stata eseguita secondo quanto prescritto dalla norma UNI EN 6892-1.

Sono state inoltre eseguite tre prove di composizione chimica secondo la norma UNI 10025-2:

| No. | Descrizione campione      | COMPONENTI CHIMICI |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|-----|---------------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|     |                           | C                  | Cr      | Mo      | V       | Ni      | Mn      | Cu      | Si      | Al      | Ti      | Nb      | Co      | CEV     |
|     |                           | [% max]            | [% max] | [% max] | [% max] | [% max] | [% max] | [% max] | [% max] | [% max] | [% max] | [% max] | [% max] | [% max] |
| 1   | 1 - Tubo sito a Dosso     | 0,298              | 0,014   | <0,002  | <0,002  | 0,07    | 0,927   | 0,117   | 0,105   | 0,027   | 0,003   | <0,002  | <0,002  | 0,4678  |
| 2   | 2 - Tubo sito a Corporeno | 0,278              | 0,008   | <0,002  | <0,002  | 0,056   | 0,557   | <0,002  | 0,057   | 0,009   | <0,002  | <0,002  | <0,002  | 0,3762  |
| 3   | 3 - Tubo sito a Cento     | 0,149              | 0,015   | <0,002  | <0,002  | 0,056   | 0,506   | 0,008   | 0,024   | 0,011   | <0,002  | <0,002  | <0,002  | 0,2406  |

Figura 11: risultati della prova di composizione chimica

Analizzando i risultati delle prove di trazione si ottiene:

- **Provino 1** → Classe di resistenza S235 (Fe360);
- **Provino 2** → Classe di resistenza S355 (Fe510);
- **Provino 3** → Classe di resistenza S355 (Fe510).

I rapporti di prova sono riportati in *Allegato 4*.



### 3.2 Rilievo degli spessori residui

Si è proceduto con il rilievo degli spessori residui delle lamiere costituenti i Tubi Finsider.

Per il rilievo dello spessore è stato utilizzato uno spessimetro ultrasonico *DIO-570 LC*, come mostrato nella figura riportata di seguito.



Figura 12: rilievo dello spessore di elementi metallici utilizzando uno spessimetro ultrasonico

I valori degli spessori residui rilevati in cantiere sono riportati integralmente negli elaborati grafici contenuti negli *Allegati 1, 2 e 3*.

## 4. Elenco allegati

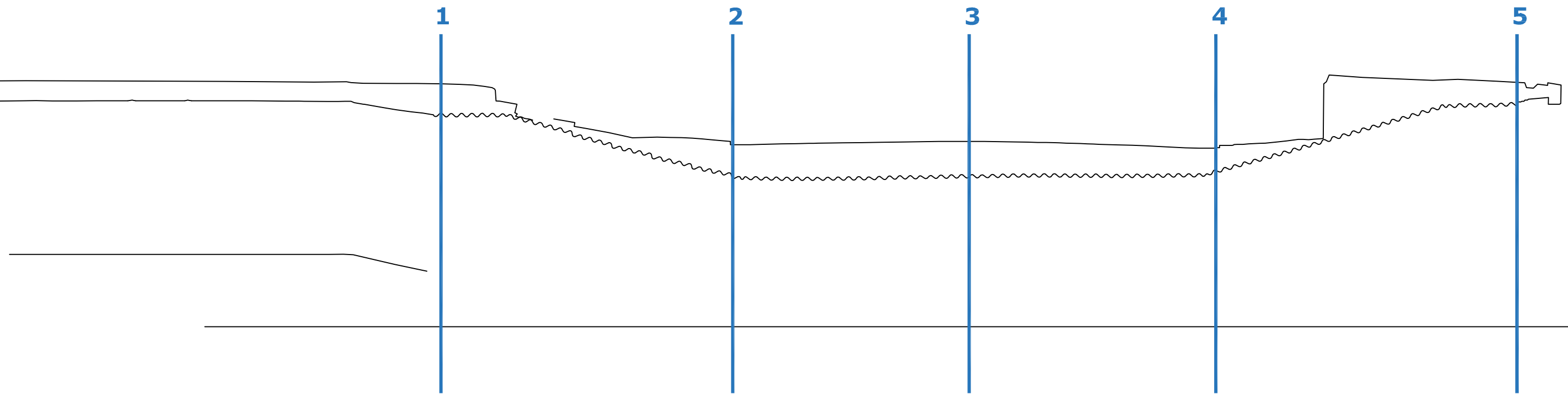
|            |   |
|------------|---|
| Allegato 1 | Elaborati grafici: Tubo Finsider – località Dosso     |
| Allegato 2 | Elaborati grafici: Tubo Finsider – località Corporeno |
| Allegato 3 | Elaborati grafici: Tubo Finsider – località Cento     |
| Allegato 4 | Rapporti di prova                                     |
| Allegato 5 | Rilievi laser scanning                                |

# ALLEGATO 1

Elaborati grafici: Tubo Finsider – località Dosso

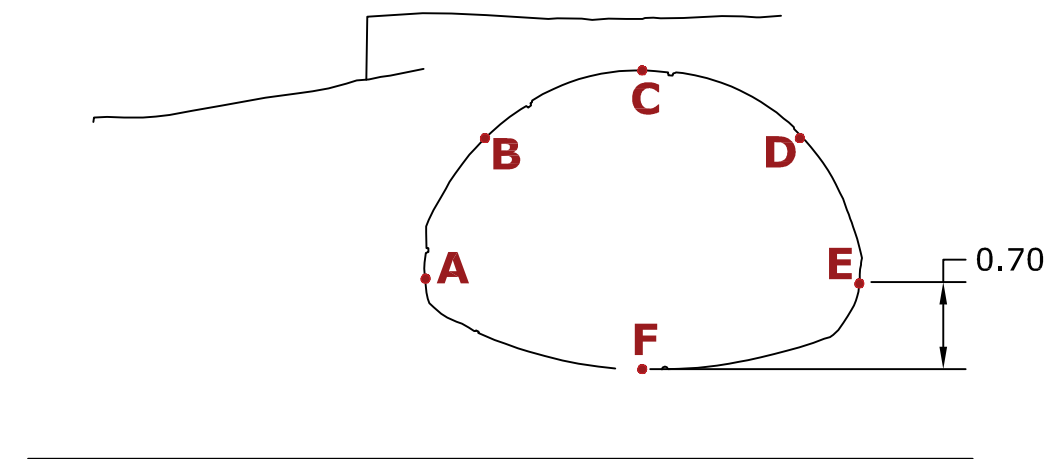
**SEZIONE LONGITUDINALE**

*Individuazione delle sezioni verticali indagate*



**SEZIONE TRASVERSALE TIPO**

*Individuazione dei punti indagati in corrispondenza delle varie sezioni*



**RILIEVO DEGLI SPESSORI DEL TUBO FINSIDER**

misure in mm

| SEZIONE | A    | B    | C    | D    | E    | F    |
|---------|------|------|------|------|------|------|
| 1       | 4.80 | 4.60 | 4.60 | 4.50 | 4.50 | 4.50 |
| 2       | 4.30 | 4.40 | 4.60 | 4.50 | 4.00 | --   |
| 3       | 4.10 | 4.40 | 4.50 | 4.40 | 4.10 | --   |
| 4       | 4.40 | 4.60 | 4.60 | 4.20 | 4.40 | --   |
| 5       | 4.60 | 4.60 | 4.60 | 4.50 | 3.80 | 3.80 |

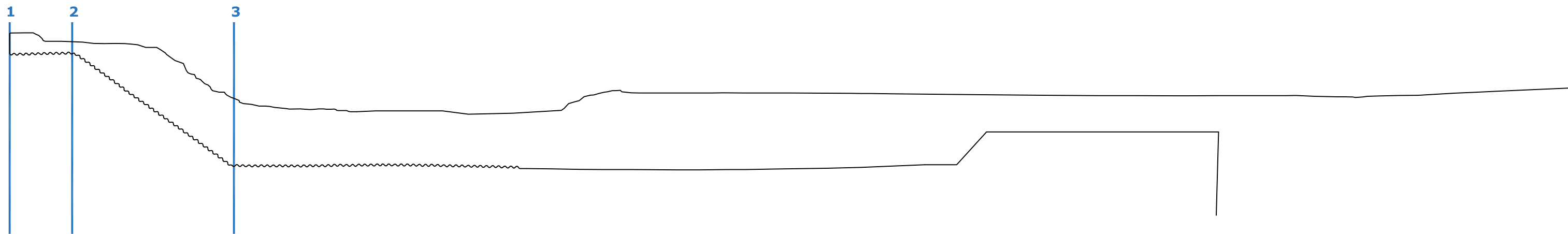


## **ALLEGATO 2**

Elaborati grafici: Tubo Finsider – località Corporeno

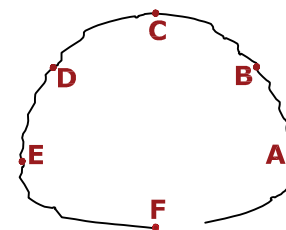
## SEZIONE LONGITUDINALE

Individuazione delle sezioni verticali indagate



## SEZIONE TRASVERSALE TIPO

Individuazione dei punti indagati in corrispondenza delle varie sezioni



## RILIEVO DEGLI SPESSORI DEL TUBO FINSIDER

misure in mm

| SEZIONE | A              | B    | C    | D    | E    | F    |
|---------|----------------|------|------|------|------|------|
| 1       | 3.3<br>corroso | 4.60 | 4.60 | 4.50 | 4.20 | 4.20 |
| 2       | 4.50           | 4.40 | 4.60 | 4.10 | 4.60 | --   |
| 3       | 4.60           | 4.60 | 4.60 | 4.20 | 4.20 | --   |

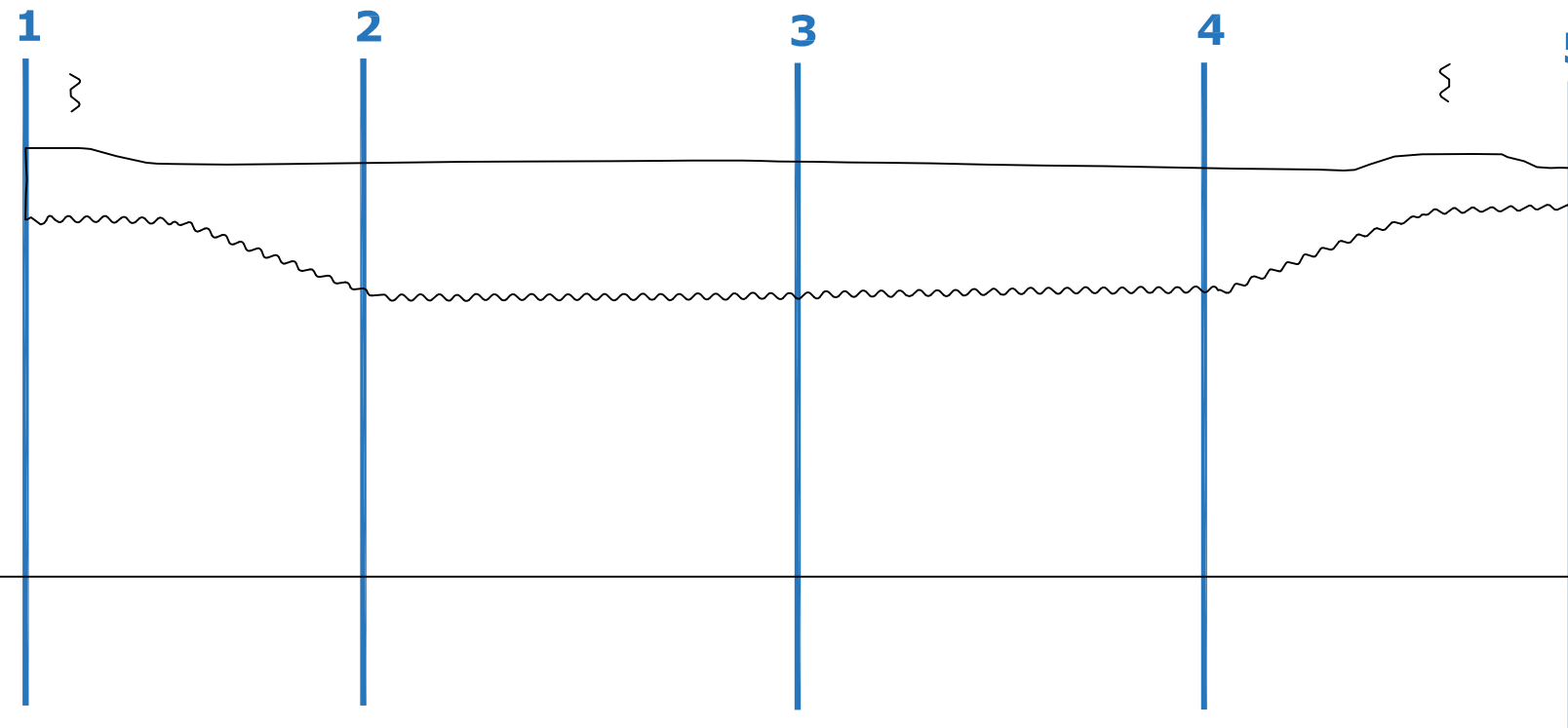


## **ALLEGATO 3**

Elaborati grafici: Tubo Finsider – località Cento

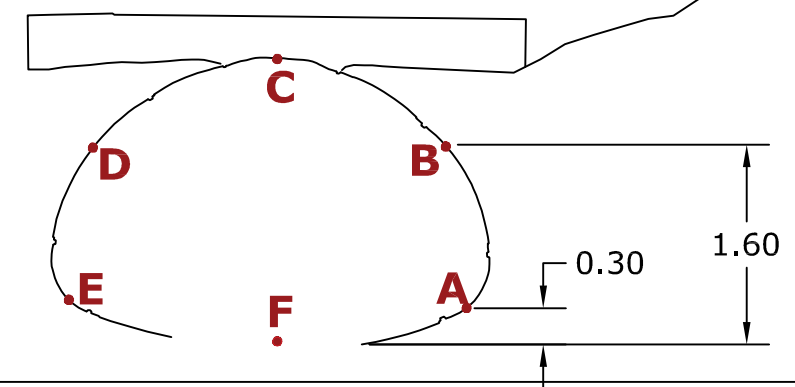
**SEZIONE LONGITUDINALE**

*Individuazione delle sezioni verticali indagate*



**SEZIONE TRASVERSALE TIPO**

*Individuazione dei punti indagati in corrispondenza delle varie sezioni*



**RILIEVO DEGLI SPESSORI DEL TUBO FINSIDER**

misure in mm

| SEZIONE | A    | B    | C    | D    | E    | F    |
|---------|------|------|------|------|------|------|
| 1       | 4.40 | 4.60 | 4.20 | 4.40 | 4.40 | --   |
| 2       | 4.60 | 4.60 | 4.60 | 4.60 | 4.20 | 4.20 |
| 3       | 4.00 | 4.20 | 4.50 | 4.00 | 4.10 | --   |
| 4       | 4.00 | 4.00 | 4.40 | 5.00 | 3.70 | --   |
| 5       | 4.60 | 4.30 | 4.90 | 4.50 | 4.40 | 3.80 |



# **ALLEGATO 4**

## Rapporti di prova



## Prova di Composizione chimica degli acciai - UNI 10025-2

RAPPORTO DI PROVA n° 0318/2018 Rev.00 del 08/05/2018

Committente: Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara  
 Indirizzo: Via Borgo dei Leoni 28 - 44121 Ferrara  
 Cantiere: Comune di Cento  
 Opera: Tubi Finsider  
 Proprietà: Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara  
 Impresa: --  
 Attrezzature: --  
 Prelievo: 06/04/2018  
 Commessa: 1329/18  
 Richiedente: Ing. Simona Pusinanti

Data prove: 04/05/2018

| No. | Descrizione campione      | COMPONENTI CHIMICI |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|-----|---------------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|     |                           | C                  | Cr      | Mo      | V       | Ni      | Mn      | Cu      | Si      | Al      | Ti      | Nb      | Co      | CEV     |
|     |                           | [% max]            | [% max] | [% max] | [% max] | [% max] | [% max] | [% max] | [% max] | [% max] | [% max] | [% max] | [% max] | [% max] |
| 1   | 1 - Tubo sito a Dosso     | 0,298              | 0,014   | <0,002  | <0,002  | 0,07    | 0,927   | 0,117   | 0,105   | 0,027   | 0,003   | <0,002  | <0,002  | 0,4678  |
| 2   | 2 - Tubo sito a Corporeno | 0,278              | 0,008   | <0,002  | <0,002  | 0,056   | 0,557   | <0,002  | 0,057   | 0,009   | <0,002  | <0,002  | <0,002  | 0,3762  |
| 3   | 3 - Tubo sito a Cento     | 0,149              | 0,015   | <0,002  | <0,002  | 0,056   | 0,506   | 0,008   | 0,024   | 0,011   | <0,002  | <0,002  | <0,002  | 0,2406  |
| 4   | --                        | --                 | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      |
| 5   | --                        | --                 | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      |
| 6   | --                        | --                 | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      |
| 7   | --                        | --                 | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      |
| 8   | --                        | --                 | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      |
| 9   | --                        | --                 | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      |
| 10  | --                        | --                 | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      | --      |

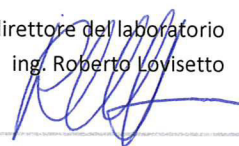
CAMPIONAMENTO: a cura dei tecnici di Life Srl

**N.B.:** Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

Lo sperimentatore  
 Massimiliano Fabbri




Il direttore del laboratorio  
 ing. Roberto Lovisetto




## Prova di Trazione a Temperatura Ambiente UNI EN 6892-1

**RAPPORTO DI PROVA n° 0313/2018 Rev.00 del 03/05/2018**

**Committente:** Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara  
**Indirizzo:** Via Borgo dei Leoni 28 - 44121 Ferrara  
**Cantiere:** Comune di Cento  
**Opera:** Tubi Finsider  
**Proprietà:** Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara  
**Impresa:** --  
**Attrezzature:** Macchina universale (cod.088-150) - Estensimetro TRF600 (cod.096) - Estensimetro MFX200 (cod.223) - Bilancia(cod.027) - Calibro centesimale analogico(cod.246)  
**Prelievo:** 06/04/2018  
**Commessa:** 1329/18  
**Richiedente:** Ing. Simona Pusinanti

**Data prove:** 18/04/2018 **Verbale di prelievo:** TRL41 del 06/04/18

| <b>SIGLA:</b> 1 - 2 - 3                      |                 | <b>ETICHETTA IDENTIFICATIVA:</b> |            |             |                    |                             |                |                |
|--|-----------------|----------------------------------|------------|-------------|--------------------|-----------------------------|----------------|----------------|
| <b>CAMPIONE 1:</b> Tubo finsider a Dosso     |                 |                                  |            |             |                    |                             |                |                |
| <b>CAMPIONE 2:</b> Tubo finsider a Corporeno |                 |                                  |            |             |                    |                             |                |                |
| <b>CAMPIONE 3:</b> Tubo finsider a Cento     |                 |                                  |            |             |                    |                             |                |                |
| <b>Classe:</b> --                            |                 |                                  |            |             |                    |                             |                |                |
| ID   | Provino         |                                  |            | Snervamento | Rottura            |                             |                |                |
|  | Tipo di provino | Direzione                        | Largh. (a) |             | Spessore (b)       | Sez. eff. (S <sub>0</sub> ) | f <sub>y</sub> | f <sub>t</sub> |
|  |                 |                                  | [mm]       | [mm]        | [mm <sup>2</sup> ] | [MPa]                       | [MPa]          | [%]            |
| 1  | F               | L                                | 20,5       | 4,0         | 82,0               | 317,1                       | 418,3          | 22,0           |
| 2  | F               | L                                | 20,0       | 4,0         | 80,0               | 393,8                       | 518,8          | 26,0           |
| 3  | F               | L                                | 20,0       | 4,0         | 80,0               | 375,0                       | 510,0          | 22,0           |

**Data prove:** -- **Verbale di prelievo:** -- del --

| <b>SIGLA:</b> --                  |                 | <b>ETICHETTA IDENTIFICATIVA:</b> |            |             |                    |                             |                |                |
|-----------------------------------|-----------------|----------------------------------|------------|-------------|--------------------|-----------------------------|----------------|----------------|
| <b>CAMPIONE:</b> --               |                 |                                  |            |             |                    |                             |                |                |
| <b>Produttore:</b> --             |                 |                                  |            |             |                    |                             |                |                |
| <b>Att. di qualificazione:</b> -- |                 |                                  |            |             |                    |                             |                |                |
| <b>Classe:</b> --                 |                 |                                  |            |             |                    |                             |                |                |
| ID                                | Provino         |                                  |            | Snervamento | Rottura            |                             |                |                |
|                                   | Tipo di provino | Posizione                        | Largh. (a) |             | Spessore (b)       | Sez. eff. (S <sub>0</sub> ) | f <sub>y</sub> | f <sub>t</sub> |
|                                   |                 |                                  | [mm]       | [mm]        | [mm <sup>2</sup> ] | [MPa]                       | [MPa]          | [%]            |
| 4                                 | --              | --                               | --         | --          | --                 | --                          | --             | --             |
| 5                                 | --              | --                               | --         | --          | --                 | --                          | --             | --             |
| 6                                 | --              | --                               | --         | --          | --                 | --                          | --             | --             |

**CAMPIONAMENTO:** a cura dei tecnici di Life Srl

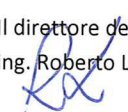
**PARAMETRI:** F: provino piatto - C: provino Cilindrico - T: Trasversale - L: Longitudinale - a: larghezza provetta - b: Spessore provetta - S<sub>0</sub>: Sezione effettiva provetta - f<sub>y</sub>: tensione di snervamento - f<sub>t</sub>: tensione di rottura - A: allungamento dopo rottura

**N.B:** Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

Lo sperimentatore  
 Massimiliano Fabbri




Il direttore del laboratorio  
 ing. Roberto Lovisetto




# ALLEGATO 5

## Rilievi laser scanning

**Committente.**

LiFE S.r.l.

**Oggetto.**

Rilievo laser scanning dei tubi Finsider in canali della rete del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara



**Titolo.**

Relazione tecnica

Emesso:

Ing. Furini Alessio

Approvato:

Ing. Ercolin Luca

|          |                  |           |                 |          |                  |
|----------|------------------|-----------|-----------------|----------|------------------|
|          |                  |           |                 |          |                  |
| 730-18   | 01               | 00        | Prima emissione | mag. '18 | rel-730-18-rev00 |
| Commessa | Codice documento | Revisione | Motivazione     | Data     | Nome file        |



## INDICE

|  |   |
|--|---|
| 1. PREMESSA.....                                       | 1 |
| 2. ESECUZIONE DELLE MISURE.....                        | 1 |
| 2.1. Tecnologia laser scanning .....                   | 1 |
| 2.2. Procedura operativa .....                         | 1 |
| 3. RESTITUZIONE DEL RILIEVO .....                      | 2 |
| 3.1. Registrazione delle scansioni Laser scanner ..... | 2 |
| 3.2. Pulizia della nube di punti .....                 | 4 |
| 4. RESTITUZIONE GRAFICA .....                          | 4 |
| 5. ALLEGATI.....                                       | 5 |



## 1. Premessa

I giorni 04 e 06 aprile 2018 su incarico del Laboratorio LiFE S.r.l. è stato svolto il rilievo laser scanning di tubi Finsider siti in canali della rete del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara all'intersezione con via G. Verdi (Dosso), Via Modena (Cento) e Via Alberelli (Corporeno).

## 2. Esecuzione delle misure

### 2.1. Tecnologia laser scanning

Il laser scanner 3D è uno strumento di recente introduzione, in grado di rilevare oggetti a scale e risoluzioni differenti, in tempi assai ridotti. Le sue caratteristiche principali sono quindi la velocità di acquisizione e la versatilità delle applicazioni, adattandosi al rilevamento sia di piccoli manufatti sia di grandi opere o di porzioni di territorio. I laser scanner utilizzati nel rilevamento dell'ambiente costruito sfruttano la tecnologia del tempo di volo e sono pertanto dotati di un distanziometro laser ad impulsi ad alta precisione e di uno specchio servo motorizzato: la sorgente emette un impulso laser che, in seguito alla riflessione sulla superficie di un oggetto, ritorna al ricevitore dello strumento, dove un cronometro di elevata precisione misura il tempo intercorso tra emissione e ricezione dell'impulso, determinando così la distanza tra strumento e punto rilevato. Quindi ad ogni misurazione lo strumento rileva e memorizza le coordinate del punto collimato in un sistema di riferimento cartesiano ortogonale, per poi procedere all'acquisizione di un nuovo punto secondo una griglia proiettiva la cui spaziatura è definibile in relazione al grado di dettaglio ricercato. Il risultato del rilievo è un database di coordinate tridimensionali di punti appartenenti alle superfici degli oggetti rilevati, visualizzabile in un ambiente digitale virtuale come un insieme di punti, denominato di nuvola di punti, inseriti in uno spazio tridimensionale metrico.

Per il rilevamento in oggetto è stata utilizzata una Scan Station Leica P30 (vedi Allegato 1), la cui caratteristica principale è la presenza di un compensatore biassiale che garantisce la verticalità dell'asse generale dello strumento e che quindi rende lo strumento particolarmente adatto alla verifica della verticalità degli elementi costruttivi. La precisione sul posizionamento di ogni punto appartenente alla nuvola si attesta tra i 2 mm e i 4 mm, in base alla distanza di esso dallo strumento e alla complessità del rilievo.

### 2.2. Procedura operativa

Il rilevamento è stato eseguito con strumentazione ScanStation Leica P30 montata su treppiede topografico, sfruttando il principale vantaggio della tecnica laser scanning che consiste nella possibilità di acquisire un elevatissimo numero di punti appartenenti alla superficie dell'oggetto da rilevare in un intervallo di tempo e con precisioni confrontabili a quelle fondamentali ad acquisire, utilizzando una delle migliori stazioni totali, il numero di punti strettamente necessario a descrivere la geometria del manufatto. Per ciascun tubo sono state eseguite scansioni da più punti di stazione, acquisendo informazioni sia sulla geometria del tubo che sull'ambiente circostante (in particolare per ricavare lo spessore tra tubo e piano stradale).





Figura 1 - Esecuzione del rilievo laser scanning

### 3. Restituzione del rilievo

#### 3.1. Registrazione delle scansioni Laser scanner

Terminato il rilievo e lo scaricamento dei dati dallo strumento, il loro trattamento prevede la creazione con software proprietario Cyclone v 9.2.1 di un progetto in cui vengono importate e decodificate tutte le scansioni effettuate. La fase successiva consiste nella registrazione delle scansioni, vale a dire nell'unione in un unico sistema di riferimento cartesiano ortogonale di tutti i dati acquisiti, avvenuta tramite l'algoritmo ICP di riconoscimento delle forme uguali nelle diverse scansioni: il software analizza le nubi per ogni coppia di punti di stazione (le due nubi devono avere almeno un 60-80% di sovrapposizione), cercando tutte le forme omologhe e minimizzando i residui rototraslandone una sull'altra.

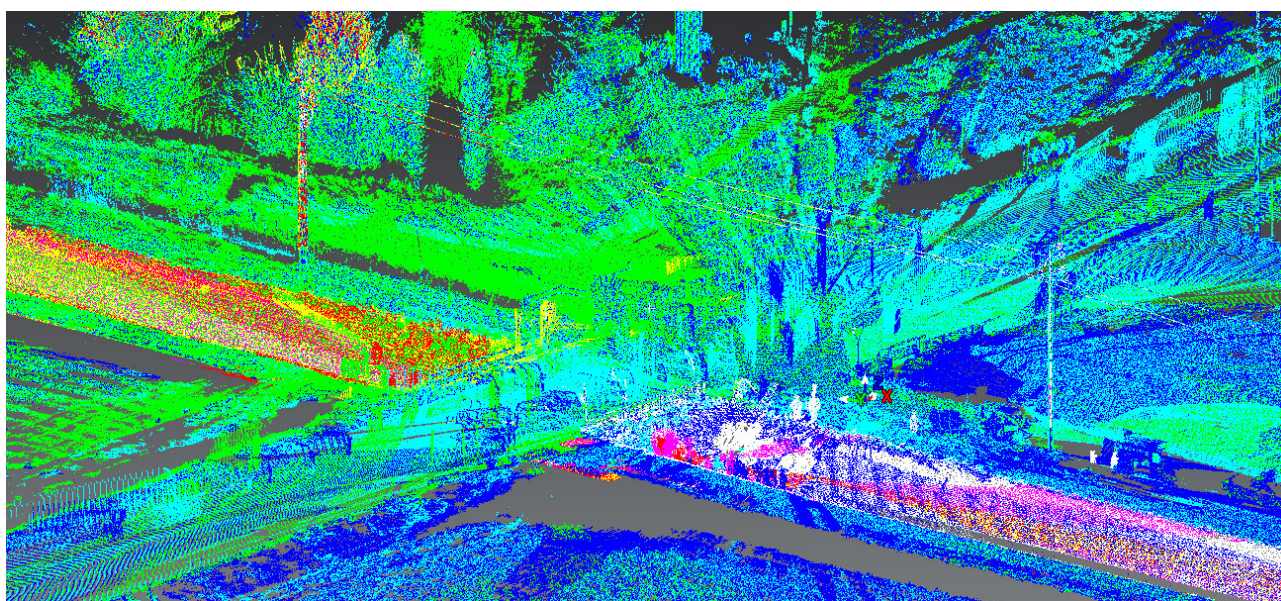


Figura 2 – Vista complessiva con singolo colore per ciascuna scansione del canale a Cento

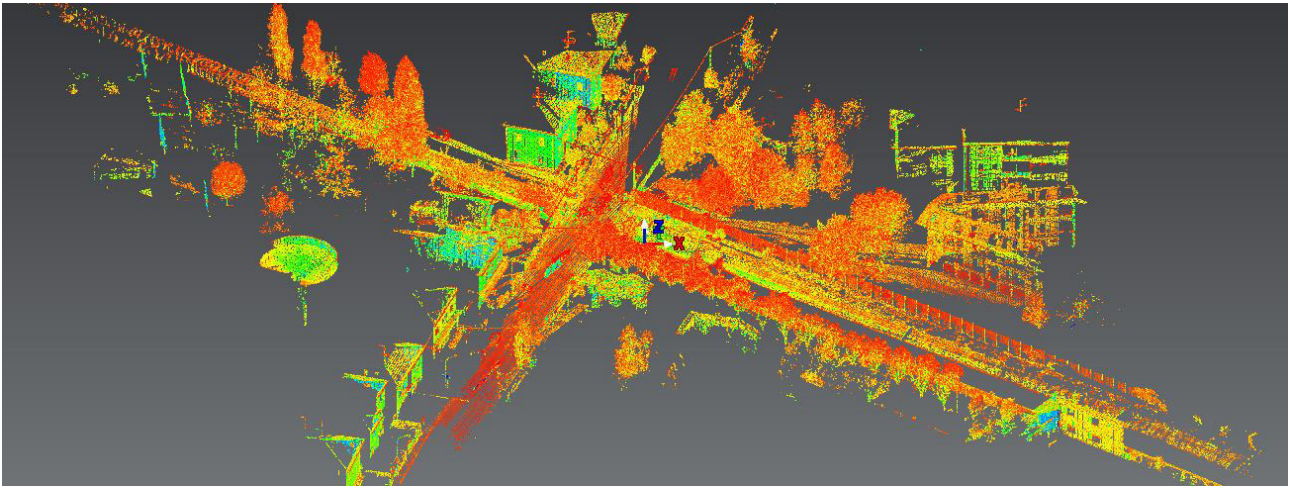


Figura 3 – Vista complessiva con dato di riflettanza del canale a Dosso



Figura 4 – Vista complessiva in scala di grigi del canale a Corporeno

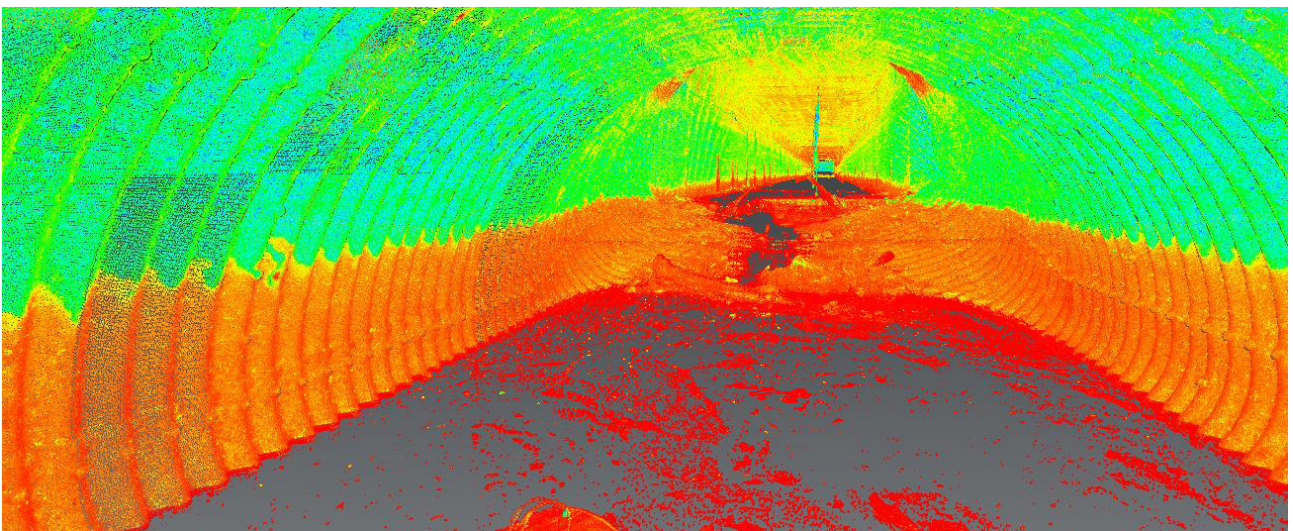


Figura 5 – Vista da un punto di scansione all'interno del tubo a Dosso

### 3.2. Pulizia della nube di punti

Prima di procedere alla vettorializzazione degli elementi richiesti la nube complessiva è stata alleggerita eliminando passanti ed ostacoli (auto, edifici circostanti, ...).

## 4. Restituzione grafica

In ambiente CAD è stata vettorializzata la nube di punti realizzando piante e sezioni delle aree rilevate.

Nelle planimetrie il tubo è stato sovrapposto all'ambiente circostante, realizzando Tavole in scala 1:200 (Cento, Dosso) e 1:500 (Corporeno).

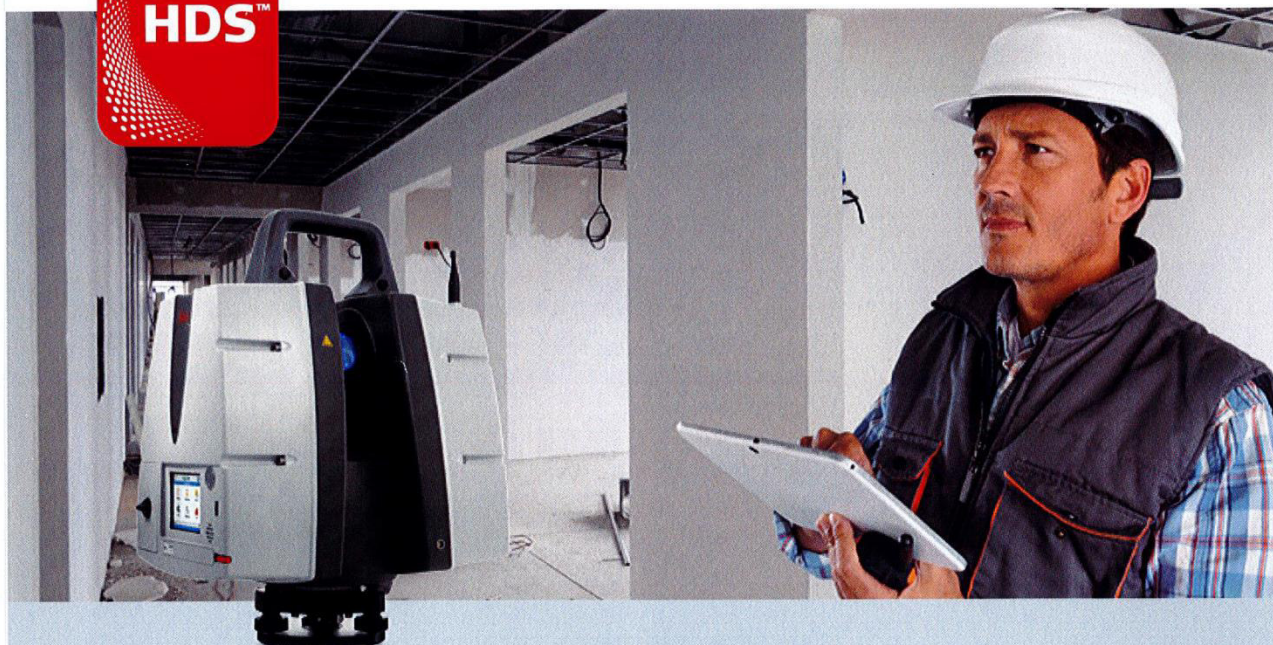
Per la vettorializzazione delle sezioni si è dapprima identificato l'asse di ciascun tratto di canale o tubo, rispetto al quale sono state estratte le sezioni trasversali a passo variabile, in modo da descrivere la geometria del tubo/canale nel modo più completo possibile. La presenza di detriti ed acqua sul fondo non ha permesso la restituzione della sezione completa del tubo, del quale si è sempre disegnata la porzione di profilo di dimensioni minori. In aggiunta, per il canale di Corporeno, i punti accessibili per il rilievo hanno permesso di acquisire informazioni incomplete anche per il tratto centrale a sezione rettangolare, utili a posizionarlo nella planimetria ma non per realizzarne sezioni complete in modo continuativo. Lungo gli assi relativi ai soli tubi sono state restituite anche le sezioni longitudinali.

L'intera restituzione è disponibile in 3D in ambiente CAD, ed è stata da ultimo impaginata in 2D per allestire le Tavole.

## 5. Allegati

## Leica ScanStation P30/P40

### Perché i dettagli sono importanti



#### La scelta giusta

Sia che ti occorra una rappresentazione dettagliata di una facciata, una planimetria in 2D o dati 3D per l'integrazione nella modellazione BIM (Building Information Modeling), sono determinanti la pianificazione in tempo reale e la possibilità di fornire consegne in modo rapido e preciso. I nuovi laser scanner ScanStation di Leica Geosystems sono la scelta giusta, perché i dettagli sono importanti.

#### Performance elevate nelle condizioni più difficili

I sistemi Leica ScanStation offrono dati 3D della massima qualità e funzionalità di imaging HDR con una velocità di scansione estremamente rapida, pari a 1 milione di punti al secondo, e distanze che raggiungono i 270 m. L'elevata portata e l'ottima precisione angolare, abbinate ad un rumore ridotto, e la compensazione biassiale per la topografia, costituiscono le basi per nuvole di punti a colori ricche di dettagli e mappate realisticamente.

#### Riduzione dei tempi di inattività

Gli innovativi laser scanner estremamente resistenti operano anche nelle condizioni ambientali più difficili, come temperature estreme che vanno da -20 °C a +50 °C, e rispettano la classificazione IP54 per resistenza a polvere e acqua.

#### Soluzioni di scansione complete

Leica Geosystems offre il nuovo portfolio ScanStation Leica come parte integrante di una soluzione di scansione completa, che comprende hardware, software, manutenzione, formazione e supporto. I dati del laser scanner possono essere elaborati con la piattaforma software per le nuvole di punti 3D leader del settore, composta dal software Leica Cyclone, dai plug-in CloudWorx per i sistemi CAD e dal software gratuito Leica TruView.



- when it has to be **right**

**Leica**  
Geosystems

## Leica ScanStation P30/P40

### Specifiche del prodotto

| Prestazioni del sistema            |  |
|------------------------------------|--|
| Accuratezza sulla singola misura * |  |
| Precisione portata                 | 1,2 mm + 10 ppm sulla portata massima  |
| Precisione angolare                | 8" orizzontale; 8" verticale   |
| Precisione della posizione 3D      | 3 mm a 50 m; 6 mm a 100 m  |
| Acquisizione target **             | 2 mm deviazione standard a 50 m  |
| Compensatore biaassiale            | Sensore a liquido con compensazione integrata in tempo reale, on/off selezionabile, risoluzione 1", range dinamico $\pm 5'$ , accuratezza 1,5" |

| Laser Scanning                         |  |
|--|--|
| Tipo Ricevitore                        | Tempo di volo con tecnologia di digitalizzazione della forma d'onda (WFD, Waveform Digitising) ad altissima velocità                               |
| Lunghezza d'onda                       | 1,550 nm (invisibile)/658 nm (visibile)  |
| Classe del laser                       | 1 (conforme a IEC 60825:2014)  |
| Divergenza del fascio                  | < 0,23 mrad (FWHM, intero angolo)  |
| Diametro del fascio finestra anteriore | $\approx 3,5$ mm (FWHM)  |
| Portata e riflettività                 | Range minimo 0,4 m<br>Range massimo con riflettività<br>120 m    180 m    270 m<br>P30    18%    -    -<br>P40    8%    18%    34%                 |
| Velocità di scansione                  | Fino a 1.000.000 punti/s   |
| Rumore *                               | 0,4 mm rms a 10 m<br>0,5 mm rms a 50 m   |
| Campo visivo                           |  |
| Orizzontale                            | 360°   |
| Verticale                              | 270°   |
| Memoria totale dati                    | Disco allo stato solido (SSD) interno da 256 GB o dispositivo USB esterno  |
| Comunicazioni/Trasferimento dati       | Gigabit Ethernet, Wireless LAN integrata o dispositivo USB 2.0   |
| Display Onboard                        | Controllo touchscreen con stilo, display grafico a colori VGA (640x480 pixel)  |
| Piombo laser                           | Classe laser 1 (IEC 60825:2014)<br>Precisione di centramento: Da 1,5 mm a 1,5 m<br>Diametro punto laser: Da 2,5 mm a 1,5 m<br>ON/OFF selezionabile |

| Sistema di imaging       |  |
|--------------------------|--|
| Fotocamera interna       |  |
| Risoluzione              | 4 megapixel per ogni immagine a colori 17° x 17°;<br>700 megapixel per l'immagine panoramica |
| Dimensioni in pixel      | 2,2 $\mu$ m  |
| Video                    | Video streaming con zoom; autoregolazione alla luce ambientale                               |
| Bilanciamento del bianco | Soleggiato, nuvoloso, luce calda, luce fredda, personalizzato                                |
| HDR                      | Mappatura dei toni/Gamma completa  |
| Fotocamera esterna       | Supporto per Canon EOS 60D e 70D   |

| Elettrico        |  |
|------------------|--|
| Alimentazione    | 24 V CC, 100 - 240 V CA  |
| Tipo di batteria | 2x interne; ioni di litio; esterne: ioni di litio (collegare dalla porta esterna, utilizzo in contemporanea, hot-swap) |
| Durata           | Interna > 5,5 ore (2 batterie)<br>Esterna > 7,5 ore (a temp. ambiente)   |

| Condizioni ambientali     |  |
|---------------------------|--|
| Temperatura di esercizio  | Da -20 °C a +50 °C   |
| Temperatura di stoccaggio | Da -40 °C a +70 °C   |
| Umidità                   | 95%, senza condensa  |
| Polvere/Umidità           | Protezione dall'ingresso di sostanze solide/liquide IP54 (IEC 60529) |

| Caratteristiche fisiche |   |
|-------------------------|---|
| Scanner                 |   |
| Dimensioni (DxWxH)      | 238 mm x 358 mm x 395 mm                        |
| Peso                    | 12,25 kg/27,0 libbre, nominali (senza batterie) |
| Batteria (interna)      |   |
| Dimensioni (DxWxH)      | 40 mm x 72 mm x 77 mm                           |
| Peso                    | 0,4 kg  |
| Montaggio               | In posizione verticale o capovolta              |

| Opzioni di controllo  |  |
|---|--|
| Touchscreen a colori per controllo della scansione integrato.   |  |
| Comando a distanza: controller Leica CS10/CS15 o qualunque altro dispositivo per comando a distanza, inclusi iPad, iPhone e altri smartphone; simulatore esterno. |  |

| Funzionalità                               |  |
|--|--|
| Impostazione Stazione (Topografia)         | Orientamento Veloce, Imposta azimuth, battuta indietro nota, intersezione inversa su due punti (4 e 6 parametri) |
| Controllo e rettifica                      | Procedura on-board per verificare i parametri angolari, il compensatore e l'offset                               |
| Acquisizione del target integrata          | Selezione target dal video o dalla scansione   |
| Interfaccia utente integrata               | Alternabile tra standard e avanzata  |
| Comando di scansione con un unico pulsante | Scanner progettato per funzionare con un solo pulsante   |
| Definizione area di scansione              | Selezione area di scansione dal video o dalla scansione; scansione dei lavori in batch                           |

| Informazioni per le ordinazioni   |  |
|---|--|
| Rivolgersi al rappresentante locale Leica Geosystems o a un rivenditore autorizzato Leica Geosystems. |  |

Tutte le specifiche sono soggette a modifiche senza preavviso.  
Salvo altre indicazioni le specifiche relative alla precisione vanno considerate a un sigma.  
\* Al 78% albedo  
\*\* Algoritmo di adattamento planare su target Bianco Nero 4,5" HDS

Scanner: laser classe 1 conforme a IEC 60825:2014  
Piombo laser: laser classe 1 conforme a IEC 60825:2014

iPhone e iPad sono marchi registrati di Apple Inc.

Illustrazioni, descrizioni e specifiche tecniche non sono vincolanti. Tutti i diritti riservati.  
Stampato in Svizzera - Copyright Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Svizzera, 2015.  
832257/it - 03.15 - INT



Leica ScanStation P16

Leica Cyclone REGISTER

Leica Cyclone MODEL

Effettua qui la scansione per visualizzare la brochure online!



Leica Geosystems AG  
Heerbrugg, Svizzera

scanstation.leica-geosystems.com

ACTIVE customer care

#### L'assistenza clienti attiva di fiducia

L'assistenza clienti attiva di fiducia è una vera e propria partnership tra Leica Geosystems e i suoi clienti. I pacchetti di assistenza clienti CCP (Customer Care Package) garantiscono la manutenzione ottimale delle apparecchiature e la disponibilità del software più aggiornato per ottenere i risultati migliori sul lavoro. myWorld@Leica Geosystems è il portale per i clienti che offre informazioni 24 ore su 24, 7 giorni su 7.

- when it has to be right

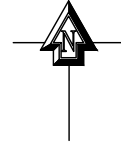
**Leica**  
Geosystems

Inquadramento

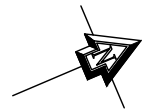
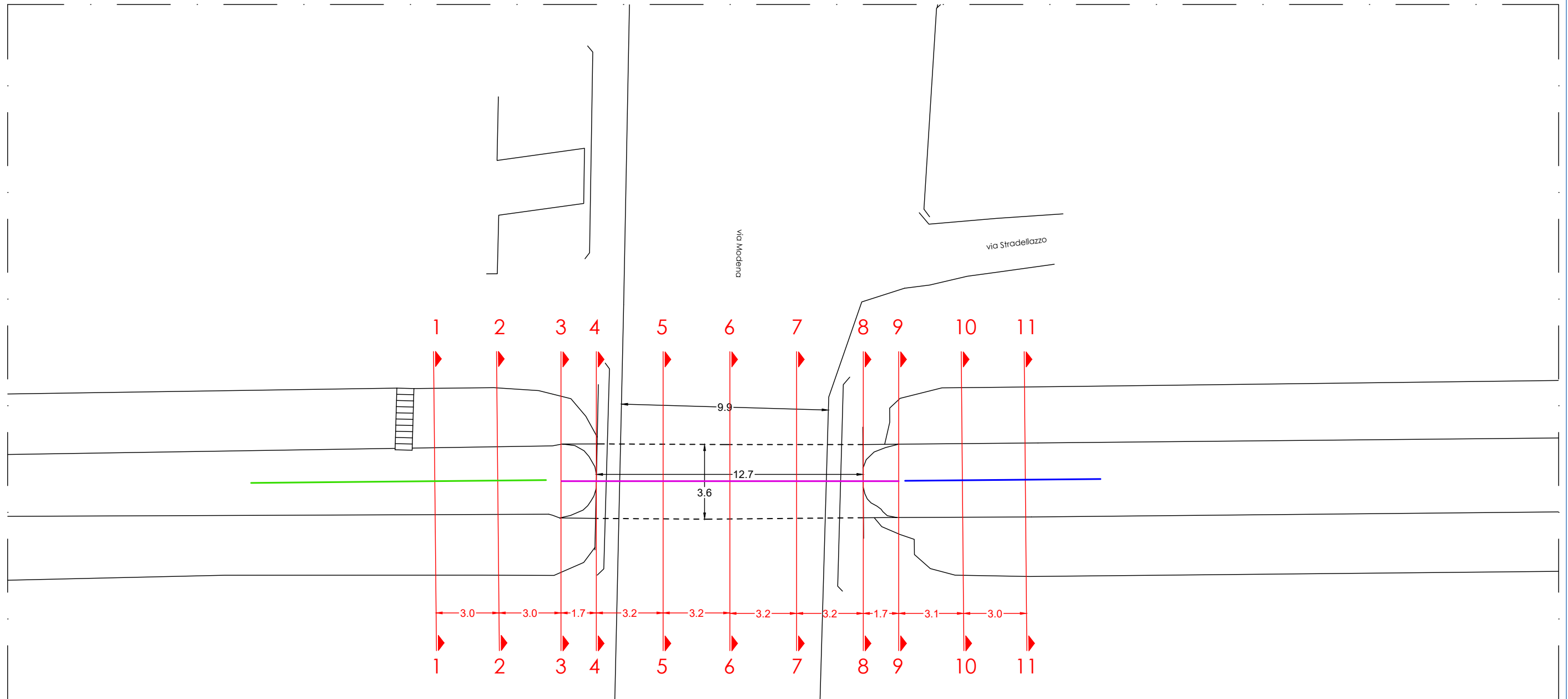


NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati tre assi:

- tratto all'aperto a valle del tubo Finsider - Sezioni 1-2
- tubo Finsider - Sezioni 3-9
- tratto all'aperto a monte del tubo Finsider - Sezioni 10-11



Planimetria



Inquadramento



NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati tre assi:

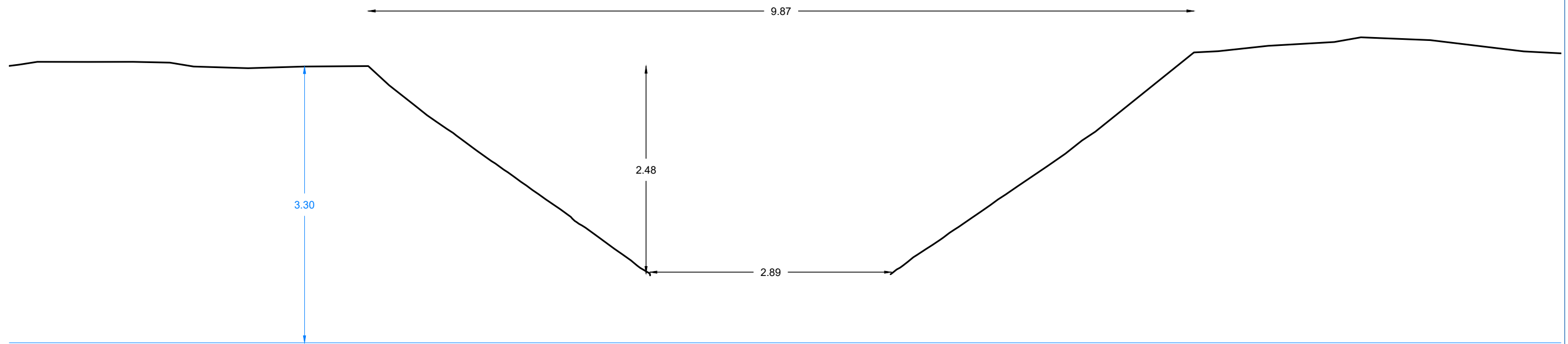
- tratto tombinato a valle del tubo Finsider - Sezioni 1-2
- tubo Finsider - Sezioni 3-7
- tratto all'aperto a monte del tubo Finsider - Sezioni 8-9



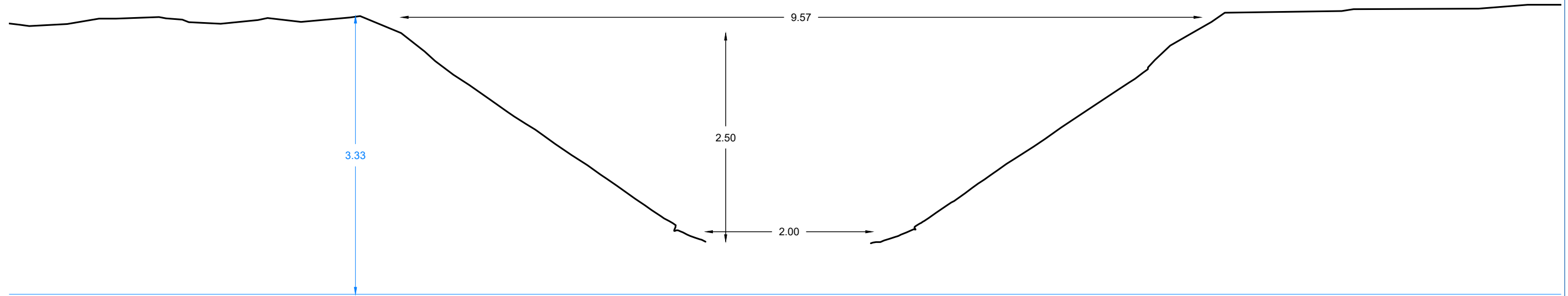
NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

Sezione 1



Sezione 2

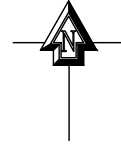


Inquadramento



NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati tre assi:

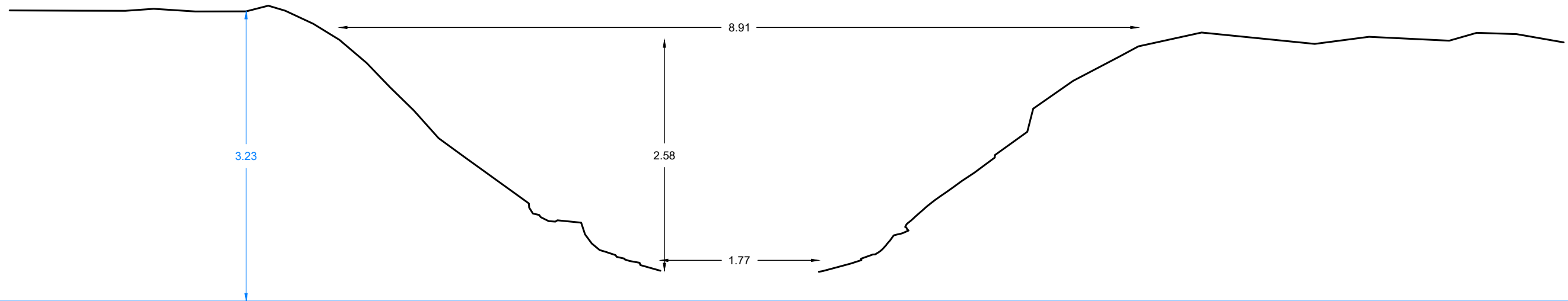
- tratto tombinato a valle del tubo Finsider - Sezioni 1-2
- tubo Finsider - Sezioni 3-7
- tratto all'aperto a monte del tubo Finsider - Sezioni 8-9



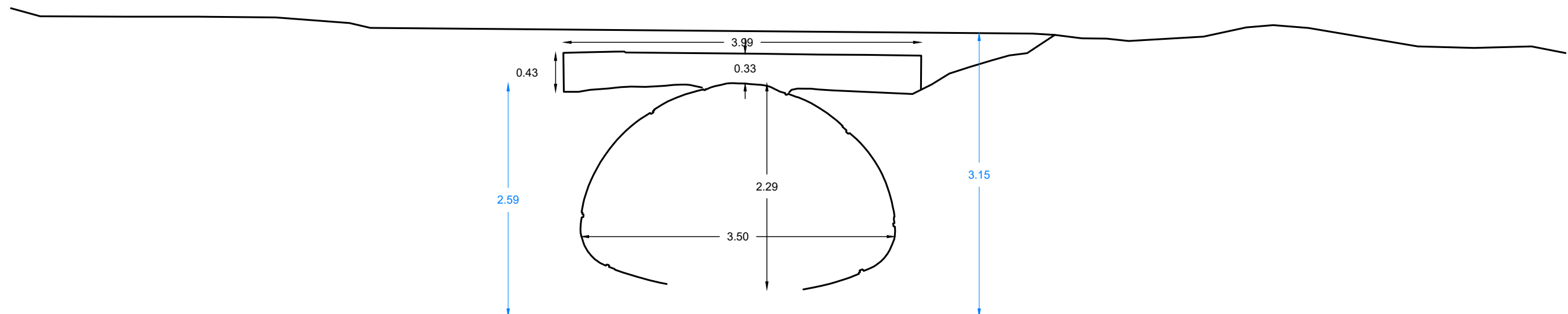
NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

Sezione 3

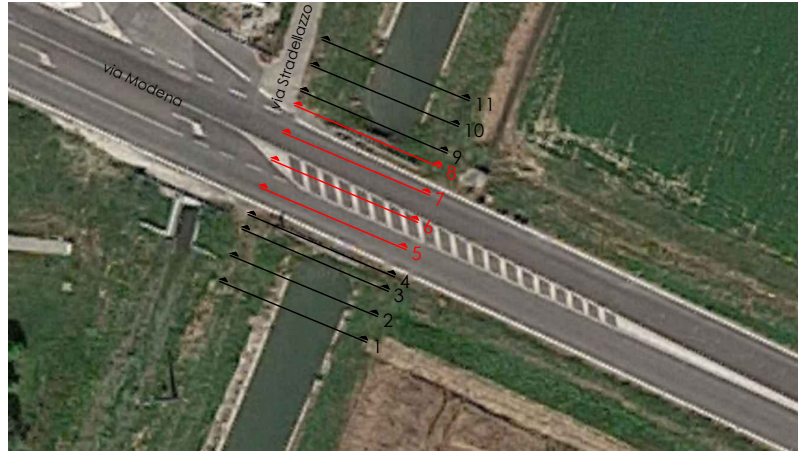


Sezione 4





Inquadramento



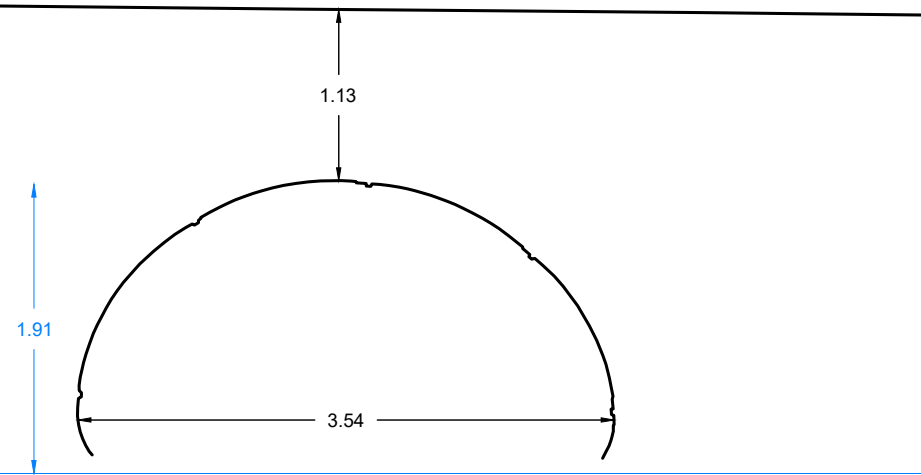
NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati tre assi:

- tratto tombinato a valle del tubo Finsider - Sezioni 1-2
- tubo Finsider - Sezioni 3-7
- tratto all'aperto a monte del tubo Finsider - Sezioni 8-9

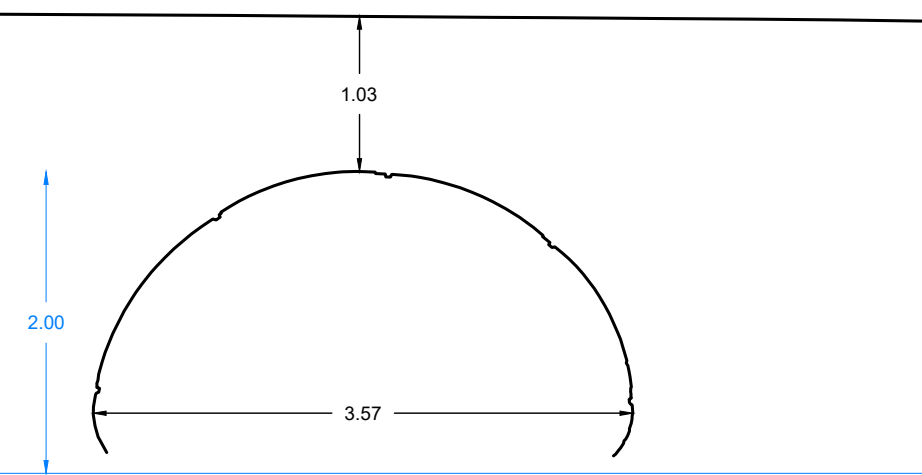
NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

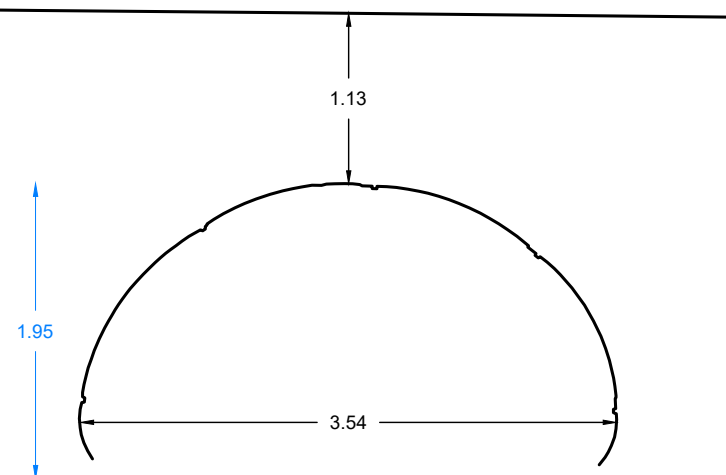
Sezione 5



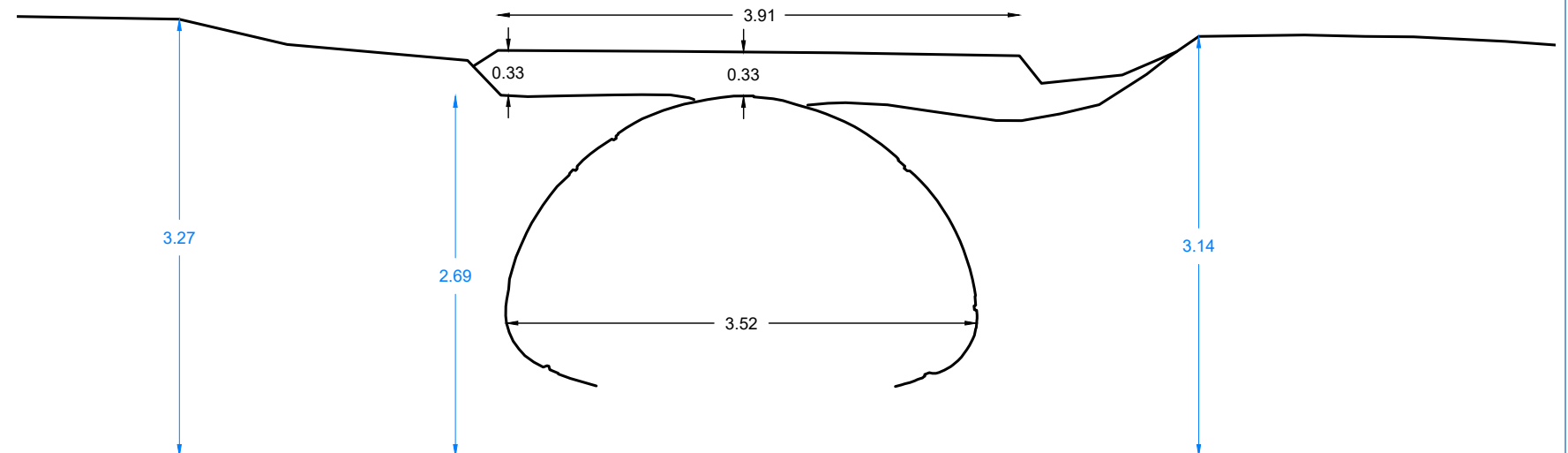
Sezione 7



Sezione 6



Sezione 8



Inquadramento



NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati tre assi:

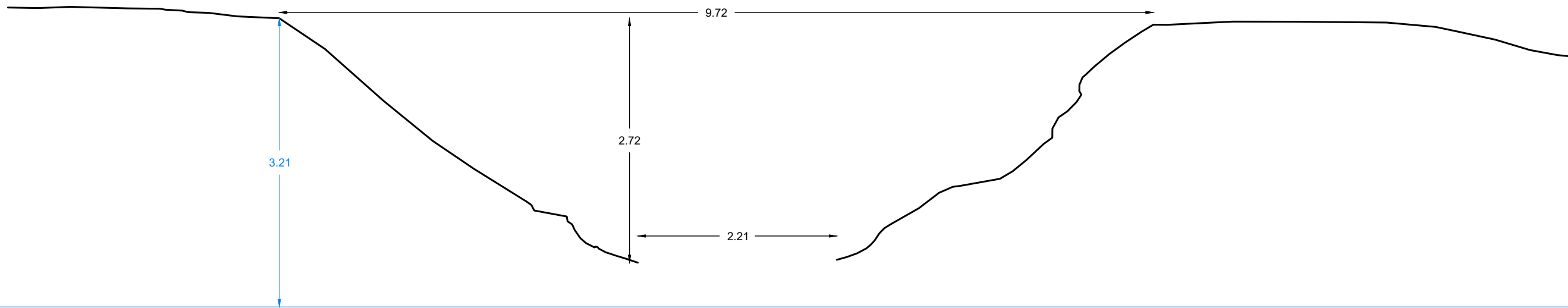
- tratto tombinato a valle del tubo Finsider - Sezioni 1-2
- tubo Finsider - Sezioni 3-7
- tratto all'aperto a monte del tubo Finsider - Sezioni 8-9



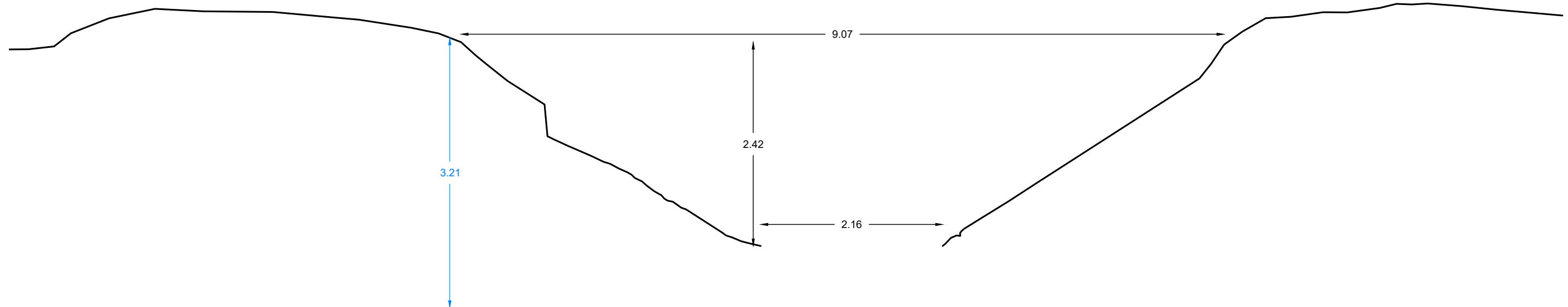
NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

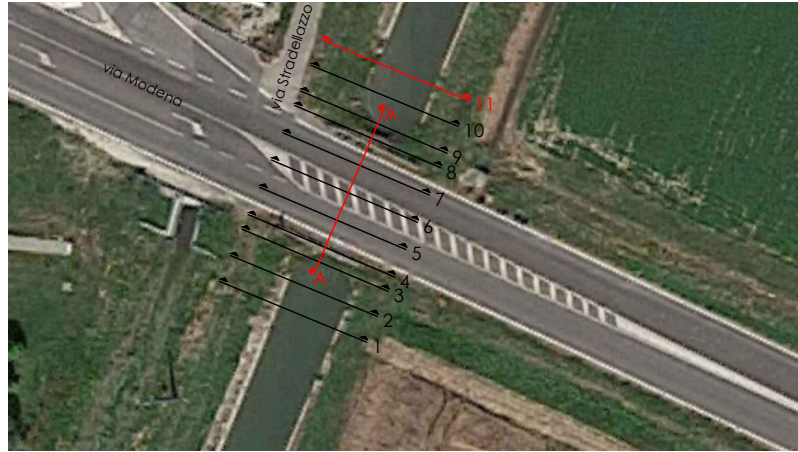
Sezione 9



Sezione 10

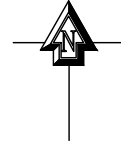


Inquadramento



NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati tre assi:

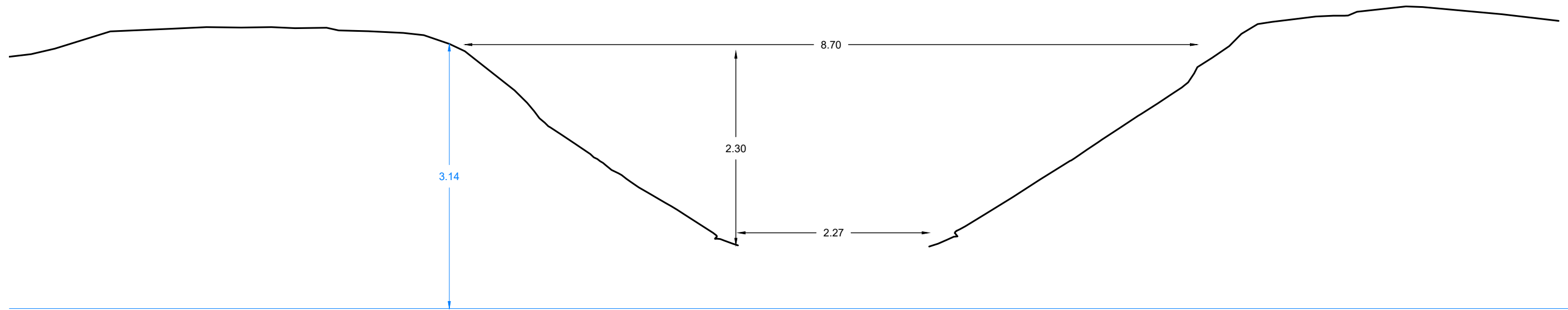
- tratto tombinato a valle del tubo Finsider - Sezioni 1-2
- tubo Finsider - Sezioni 3-7
- tratto all'aperto a monte del tubo Finsider - Sezioni 8-9



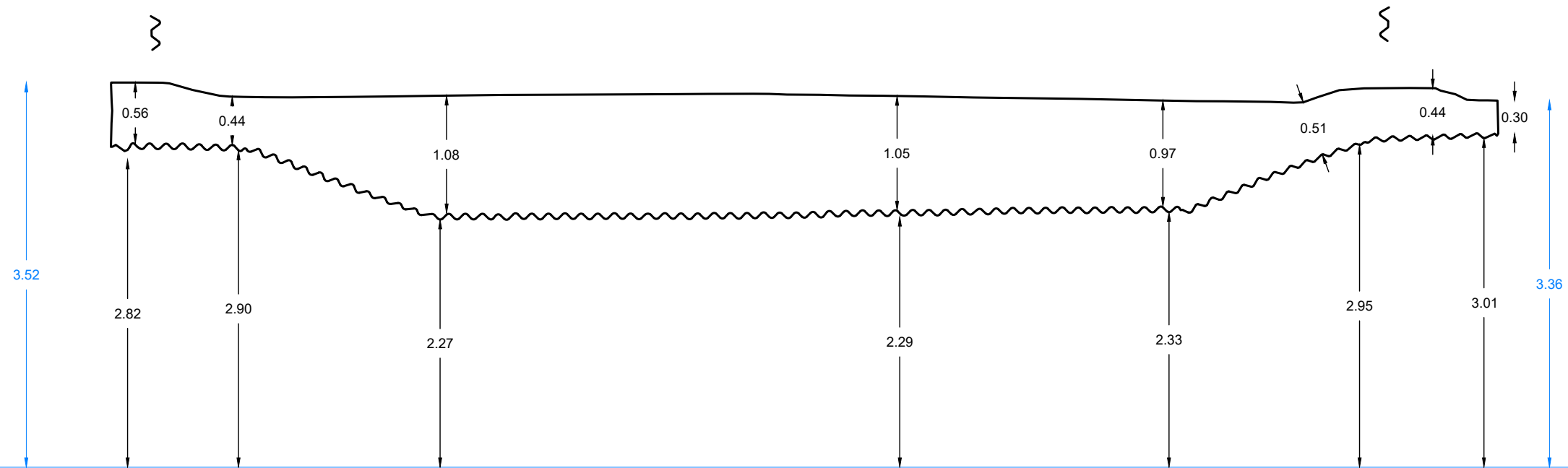
NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

Sezione 11



Sezione A

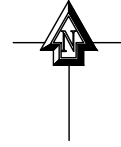


Inquadramento

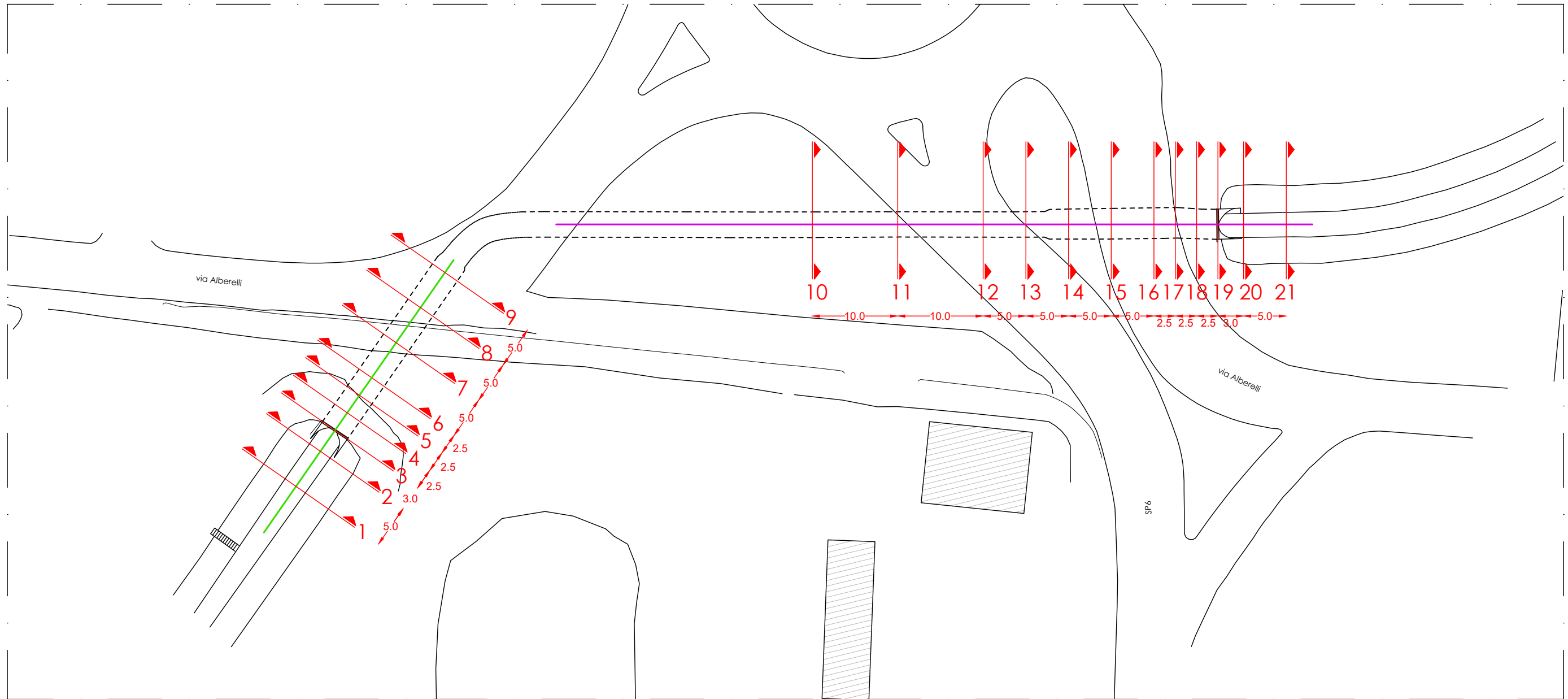


NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati due assi  
(ciascuno valido per tubo Finsider e tratto in CLS):

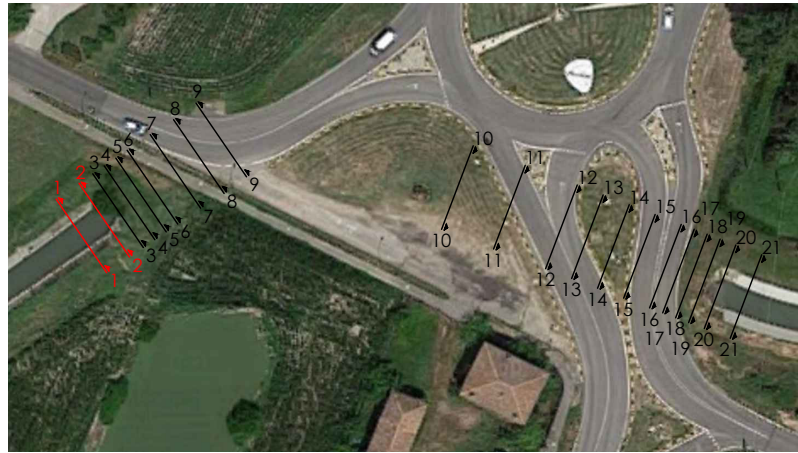
- lato Ovest - Sezioni 1-9
- lato Est - Sezioni 10-21



Planimetria



Inquadramento



**NB:** per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati due assi (ciascuno valido per tubo Finsider e tratto in CLS);

- lato Ovest - Sezioni 1-9
- lato Est - Sezioni 10-21

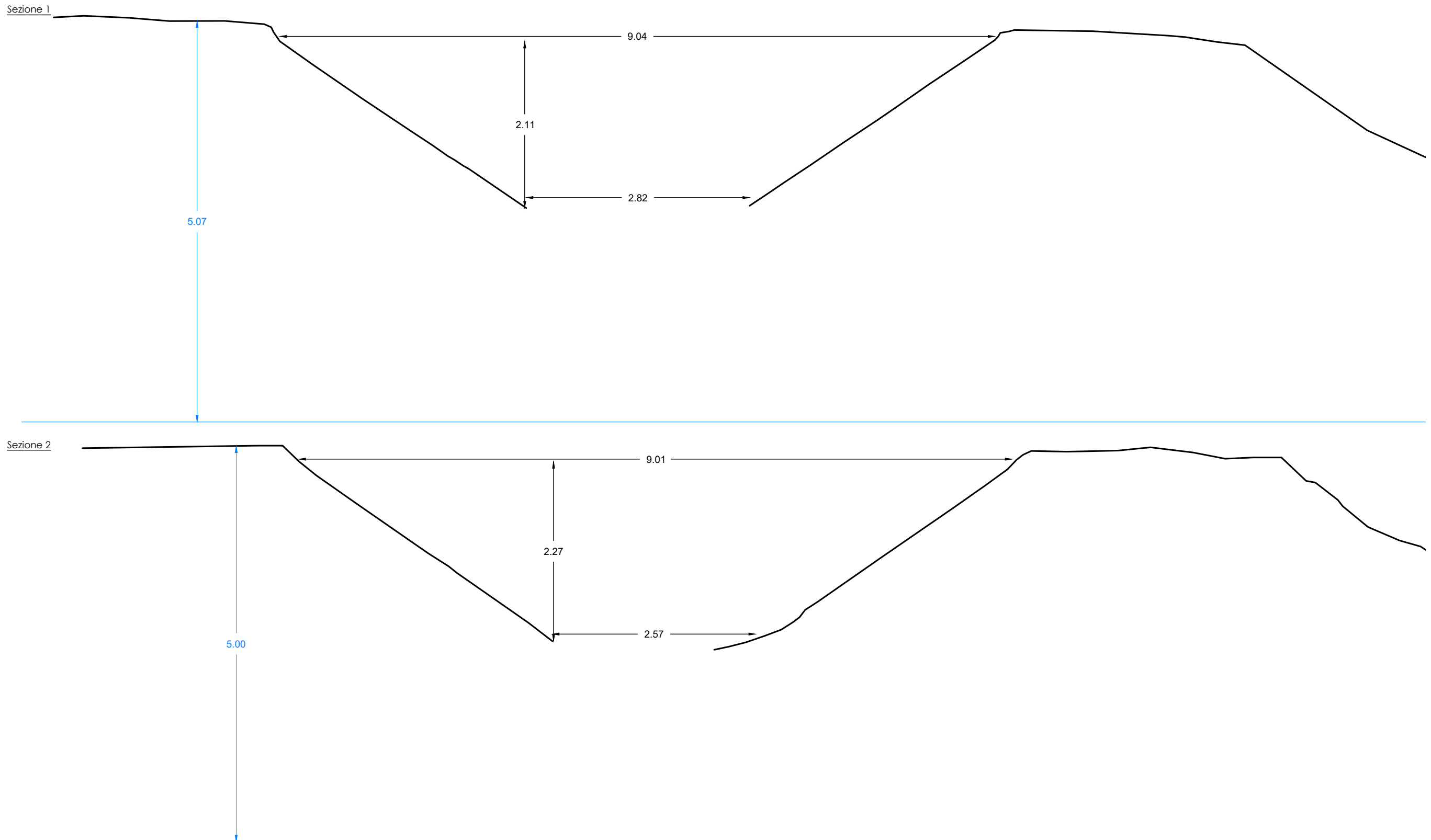


**NB:** non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

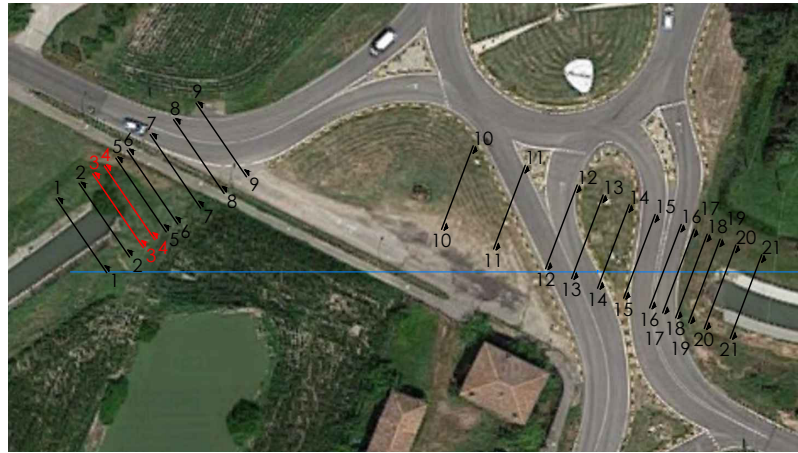
**NB:** a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

**NB:**

- area con informazioni insufficienti per la completa ricostruzione del profilo
- area con assenza di informazioni



Inquadramento



Sezione 3

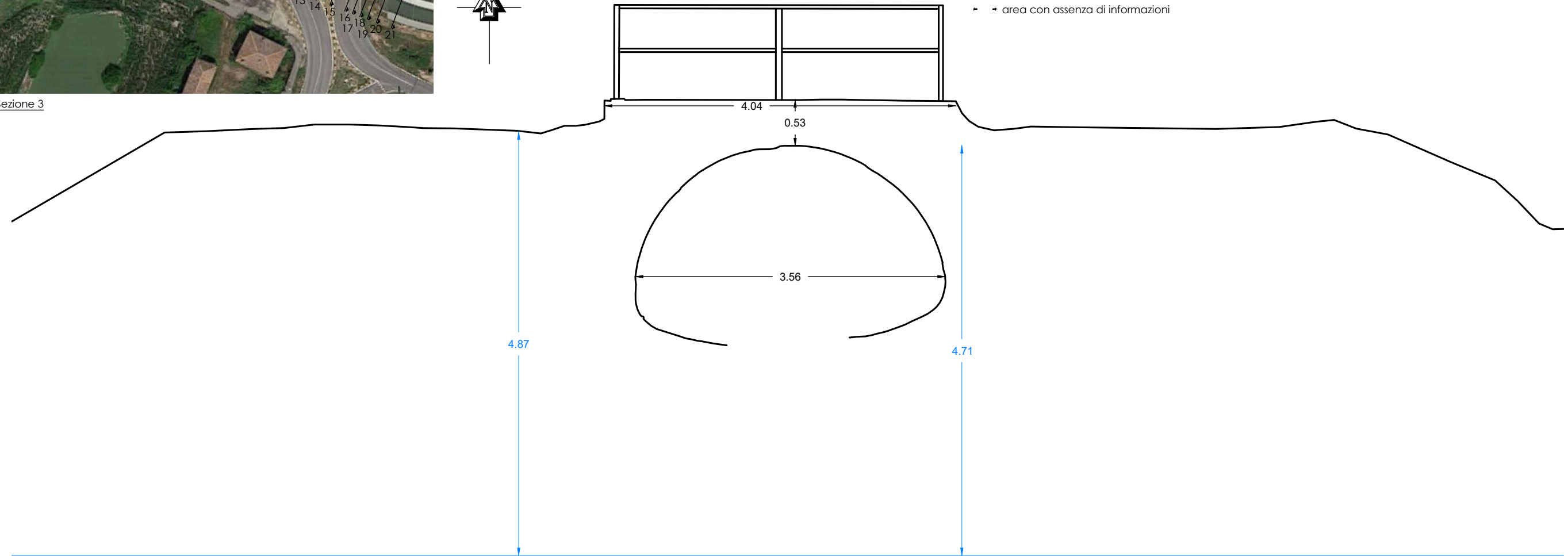
NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati due assi (ciascuno valido per tubo Finsider e tratto in CLS):

- lato Ovest - Sezioni 1-9
- lato Est - Sezioni 10-21

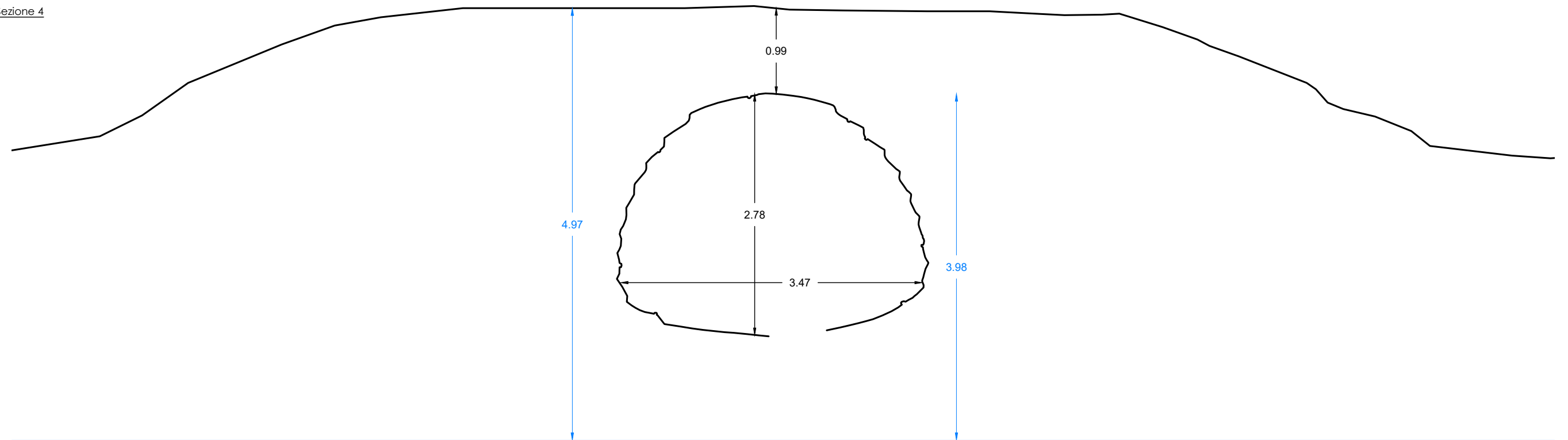
NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

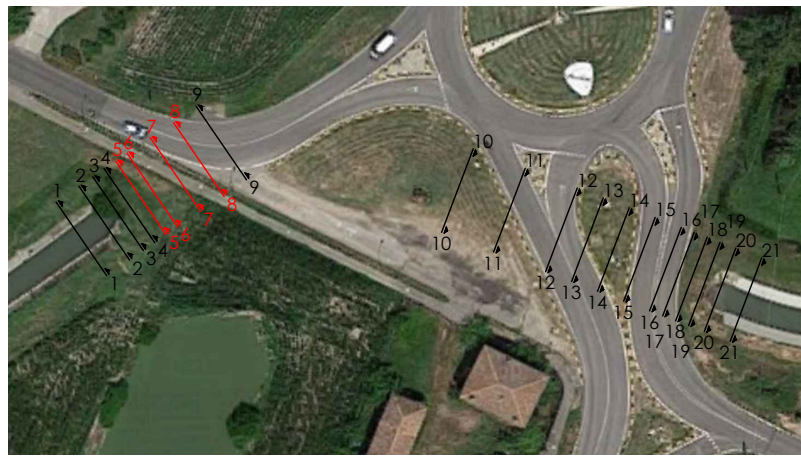
- NB:
- area con informazioni insufficienti per la completa ricostruzione del profilo
  - area con assenza di informazioni



Sezione 4



Inquadramento



**NB:** per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati due assi (ciascuno valido per tubo Finsider e tratto in CLS);

- lato Ovest - Sezioni 1-9
- lato Est - Sezioni 10-21



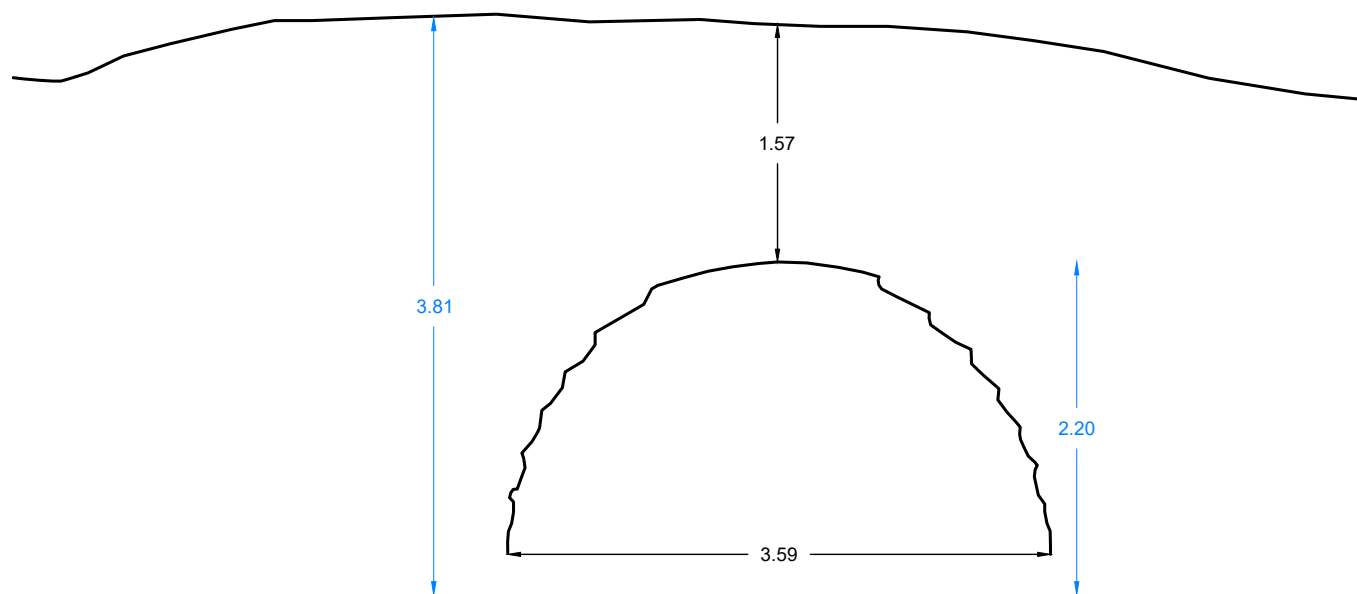
**NB:** non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

**NB:** a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

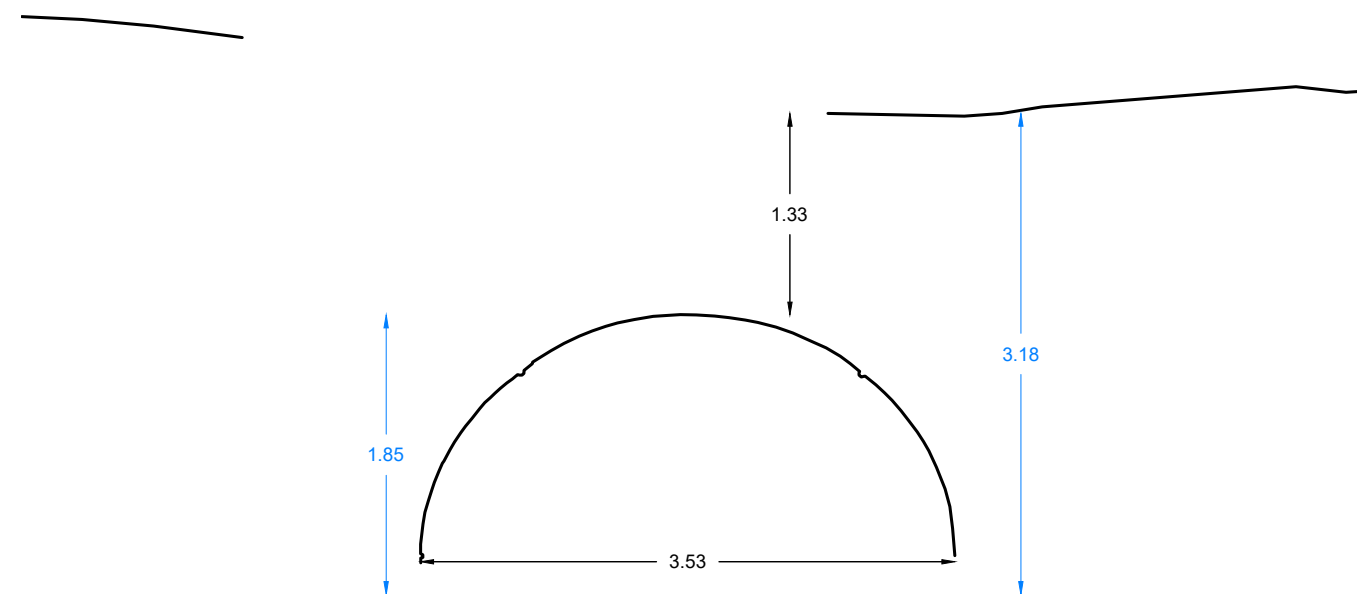
**NB:**

- area con informazioni insufficienti per la completa ricostruzione del profilo
- area con assenza di informazioni

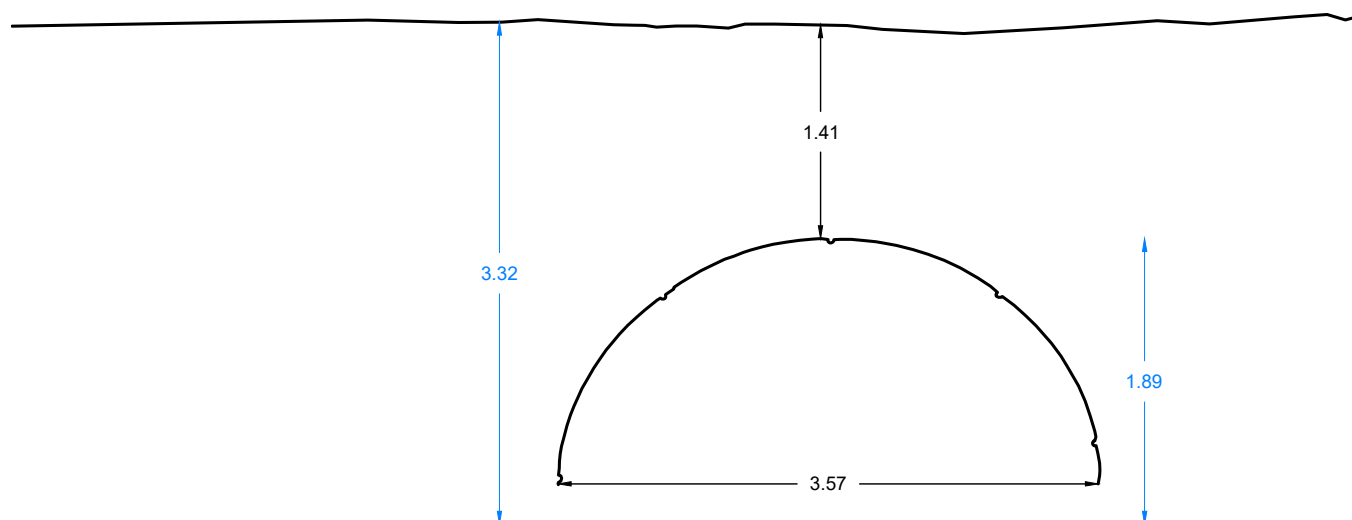
Sezione 5



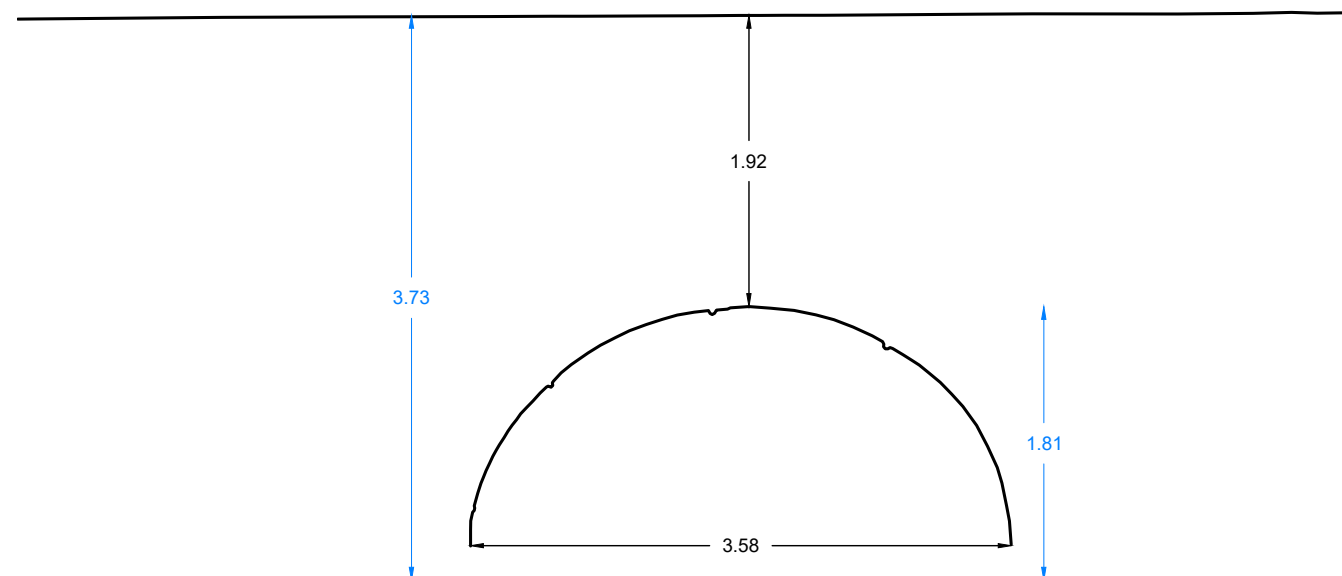
Sezione 7



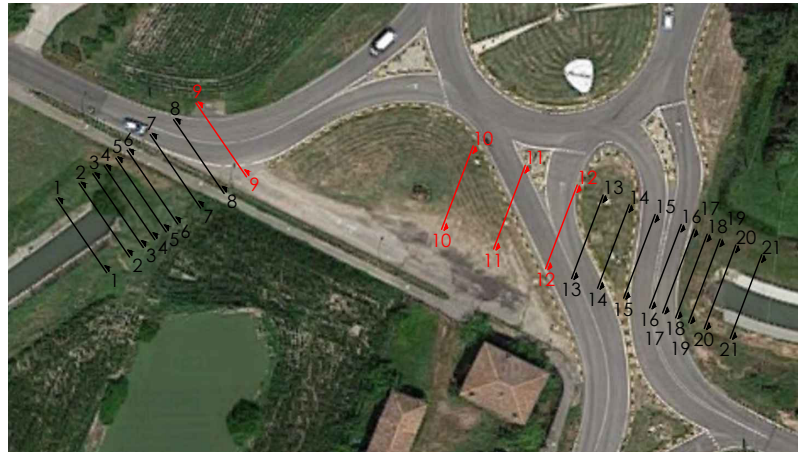
Sezione 6



Sezione 8



Inquadramento



NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati due assi (ciascuno valido per tubo Finsider e tratto in CLS):

- lato Ovest - Sezioni 1-9
- lato Est - Sezioni 10-21

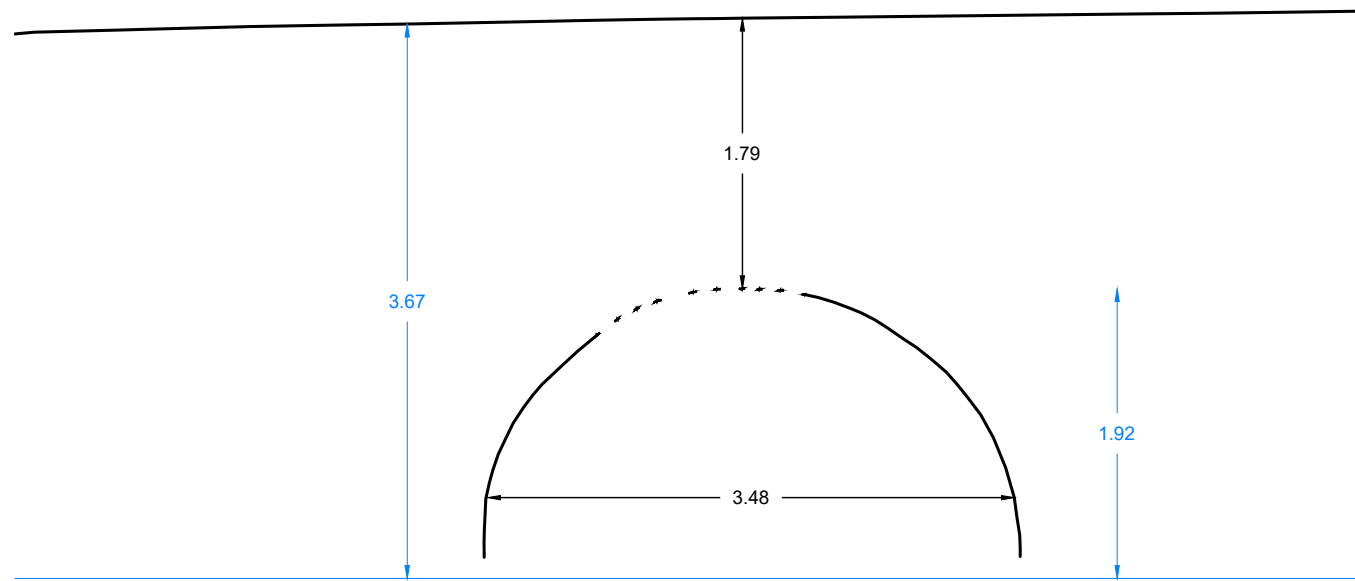
NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

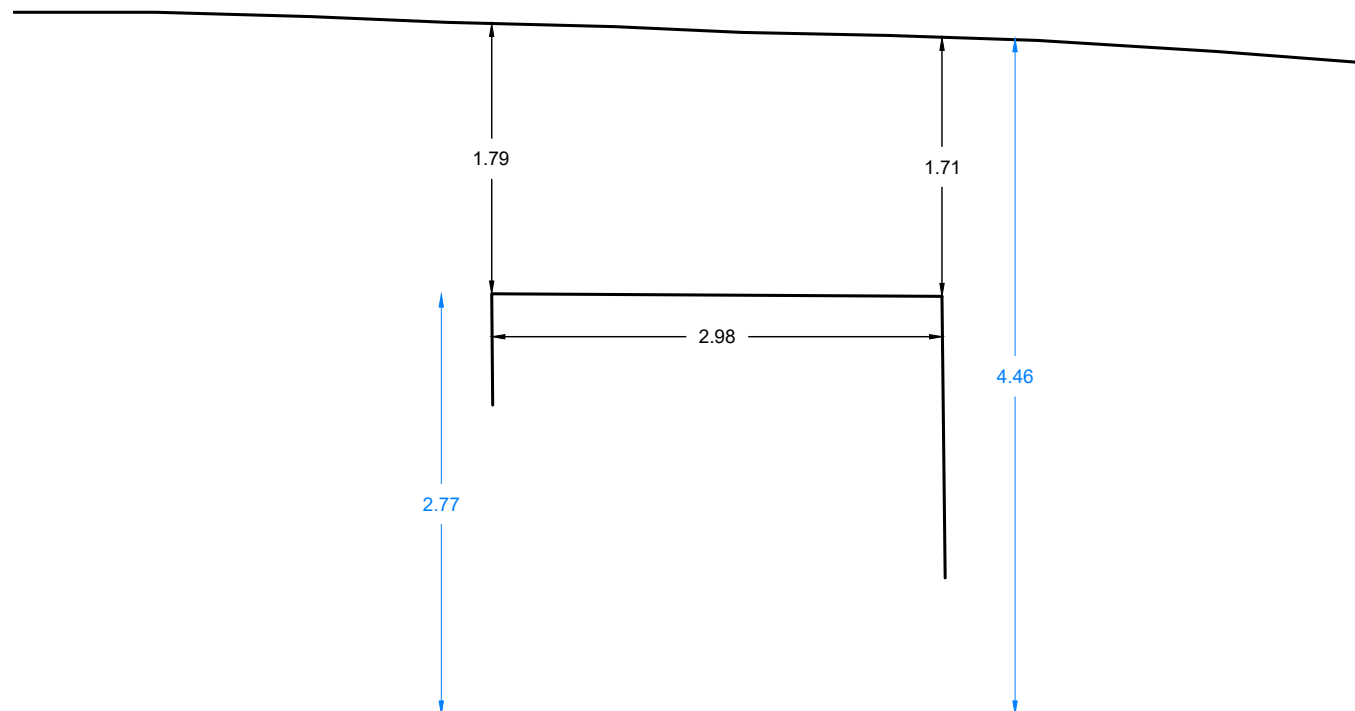
NB:

- area con informazioni insufficienti per la completa ricostruzione del profilo
- area con assenza di informazioni

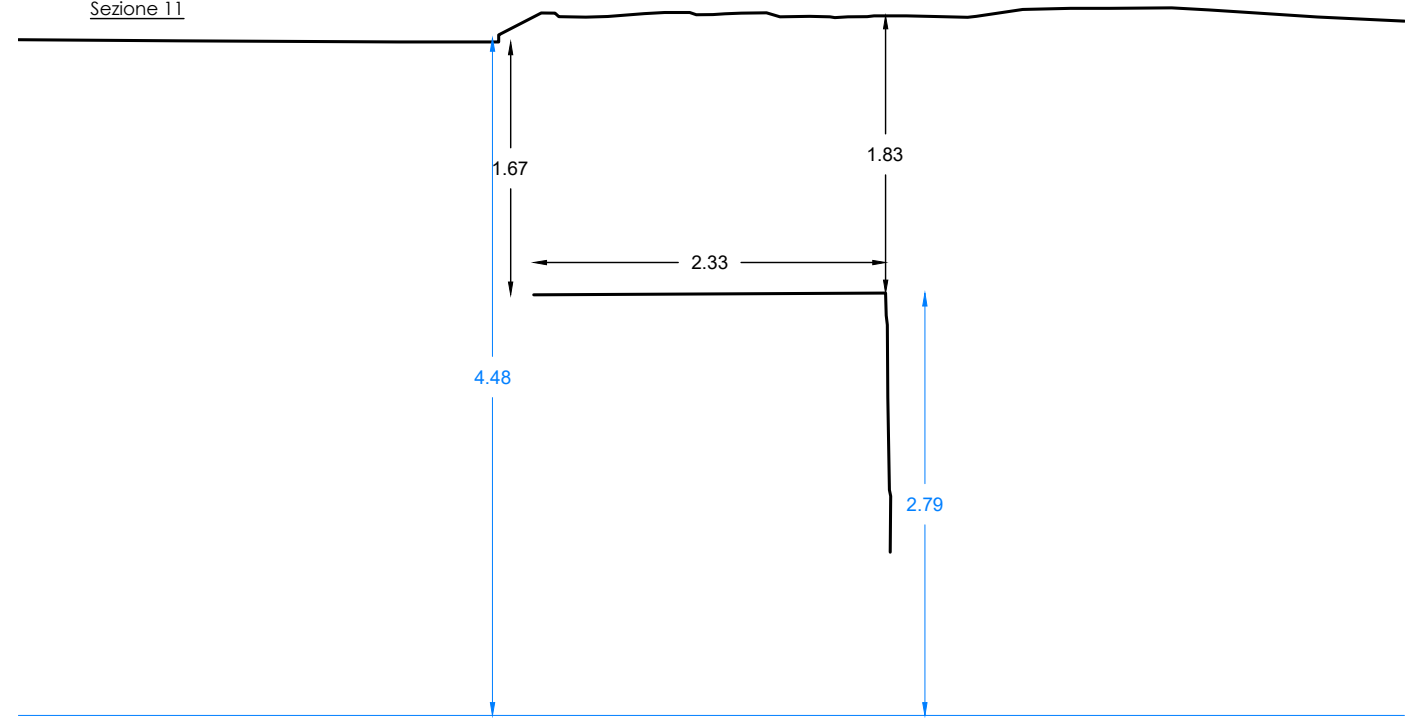
Sezione 9



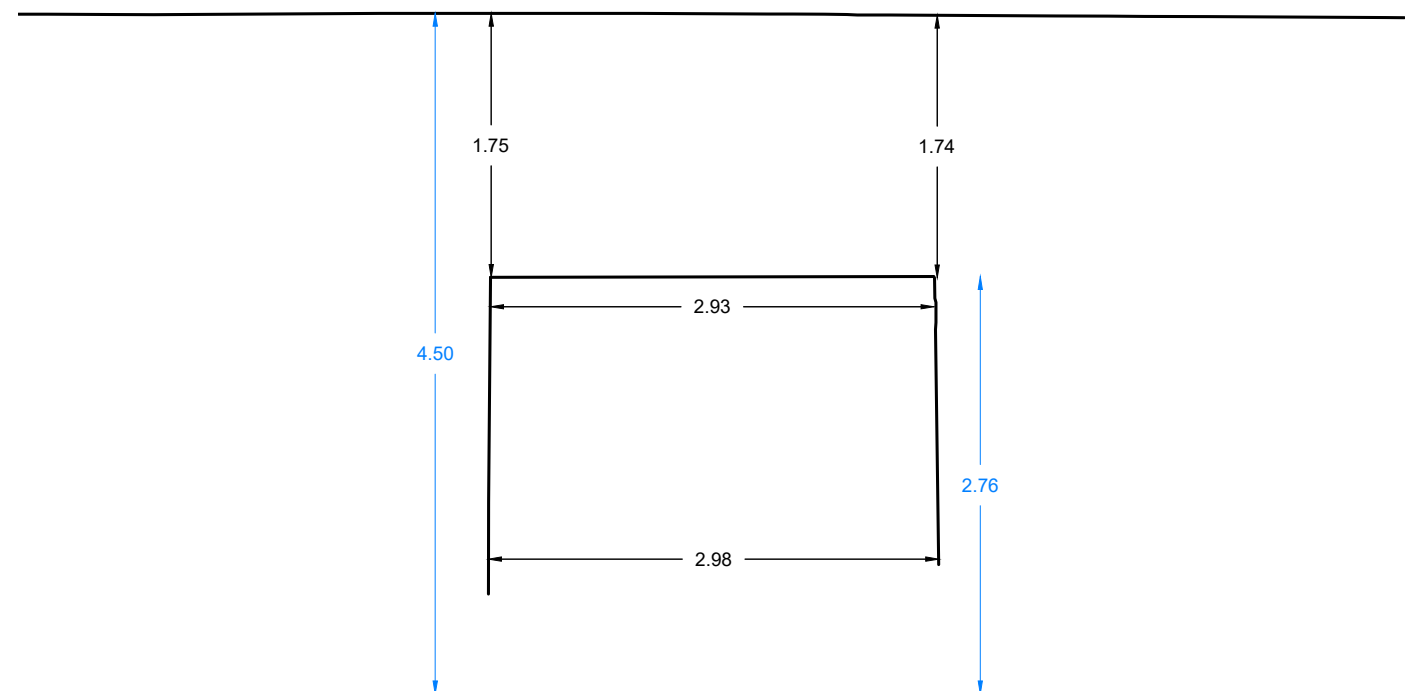
Sezione 10



Sezione 11

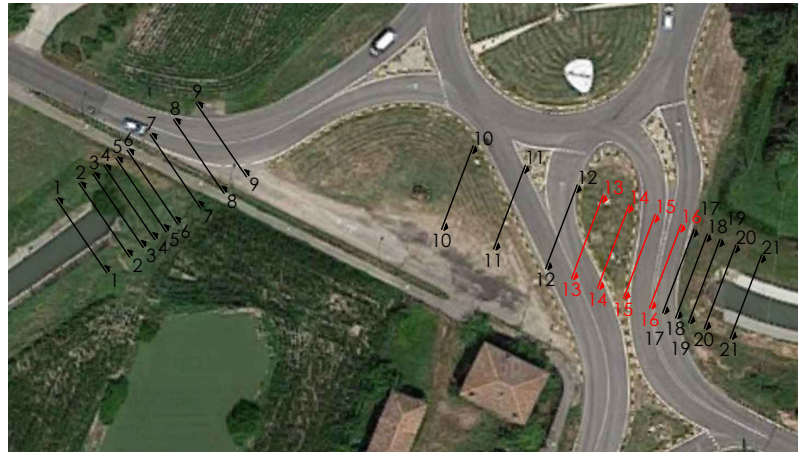


Sezione 12





Inquadramento



NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati due assi (ciascuno valido per tubo Finsider e tratto in CLS):

- lato Ovest - Sezioni 1-9
- lato Est - Sezioni 10-21



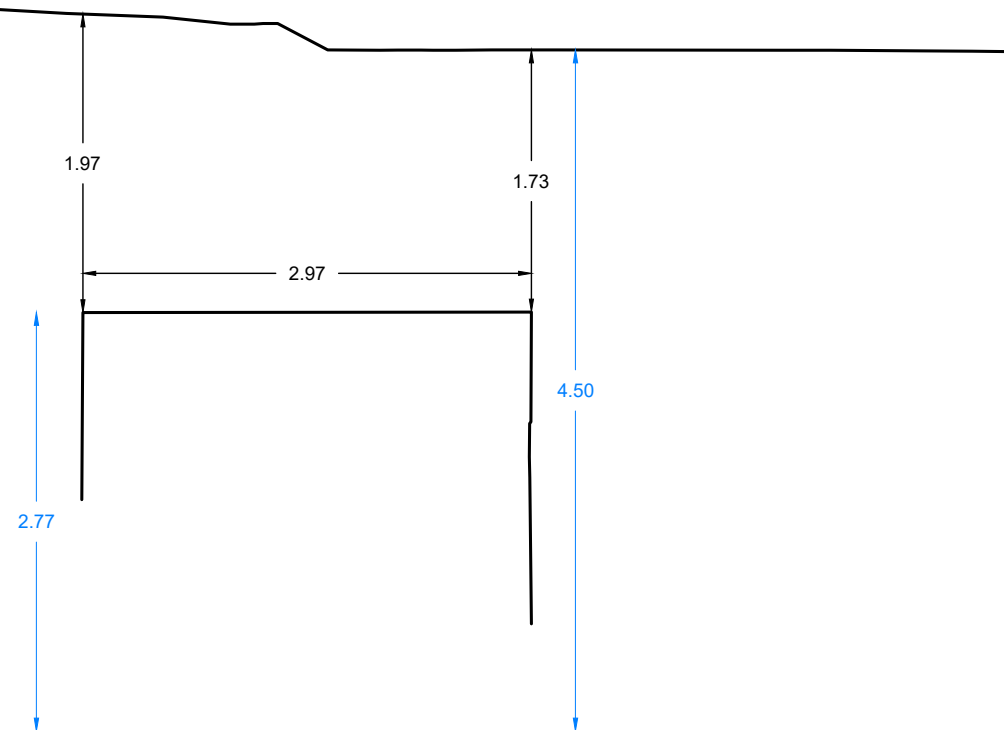
NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

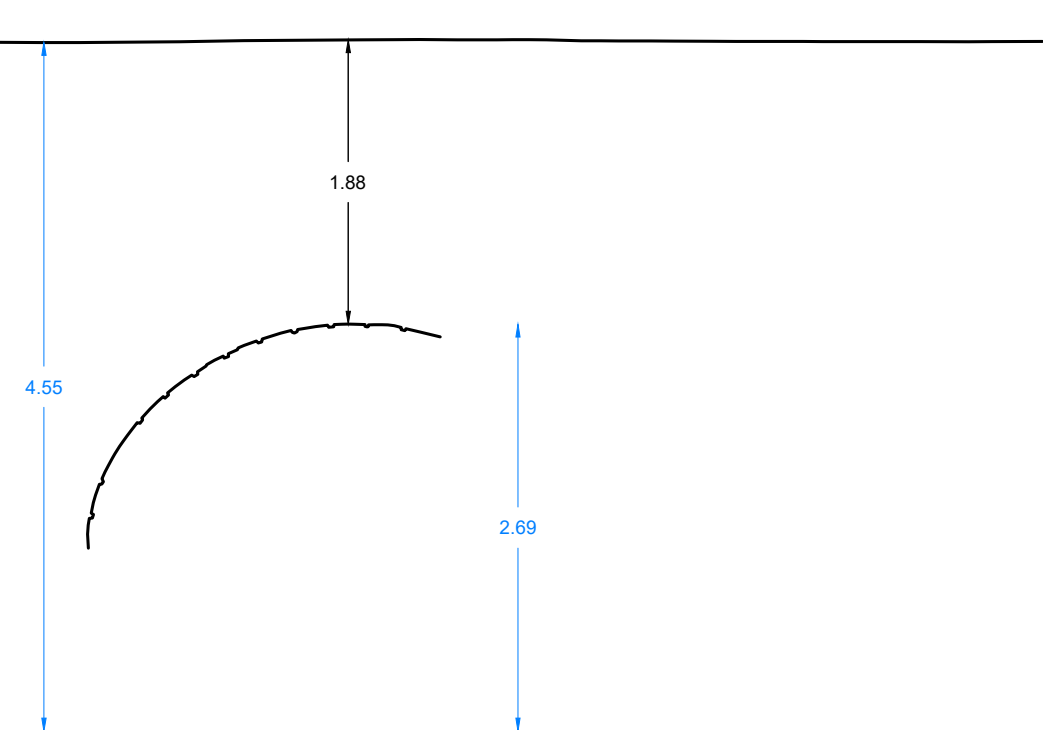
NB:

- area con informazioni insufficienti per la completa ricostruzione del profilo
- area con assenza di informazioni

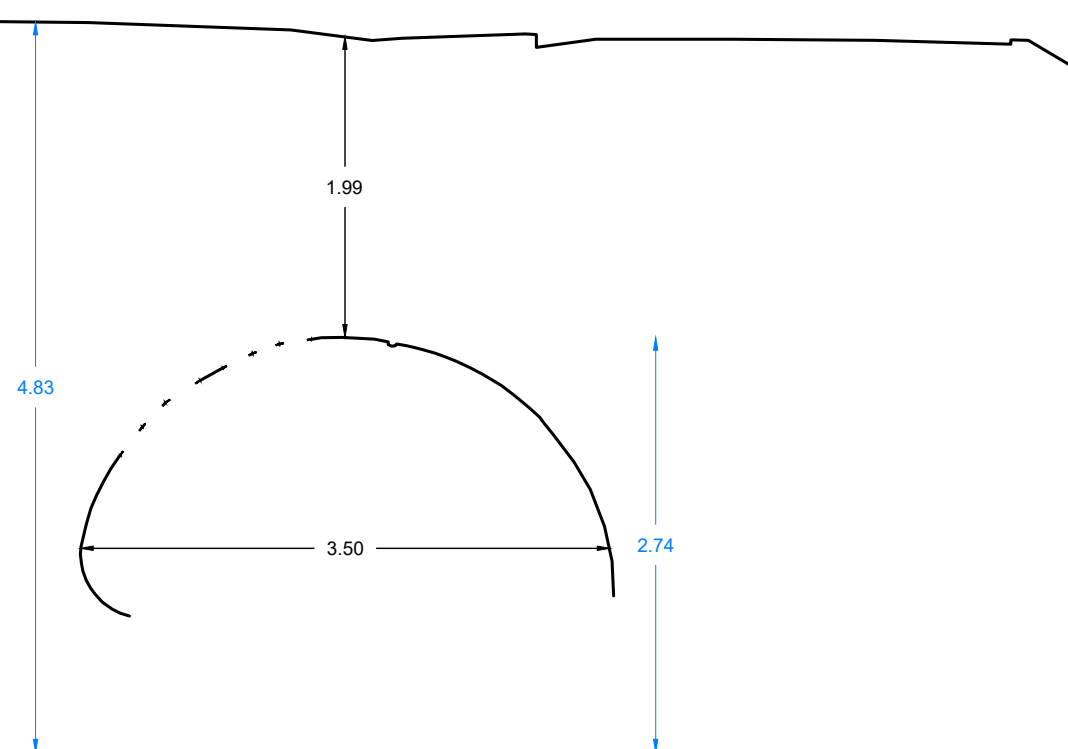
Sezione 13



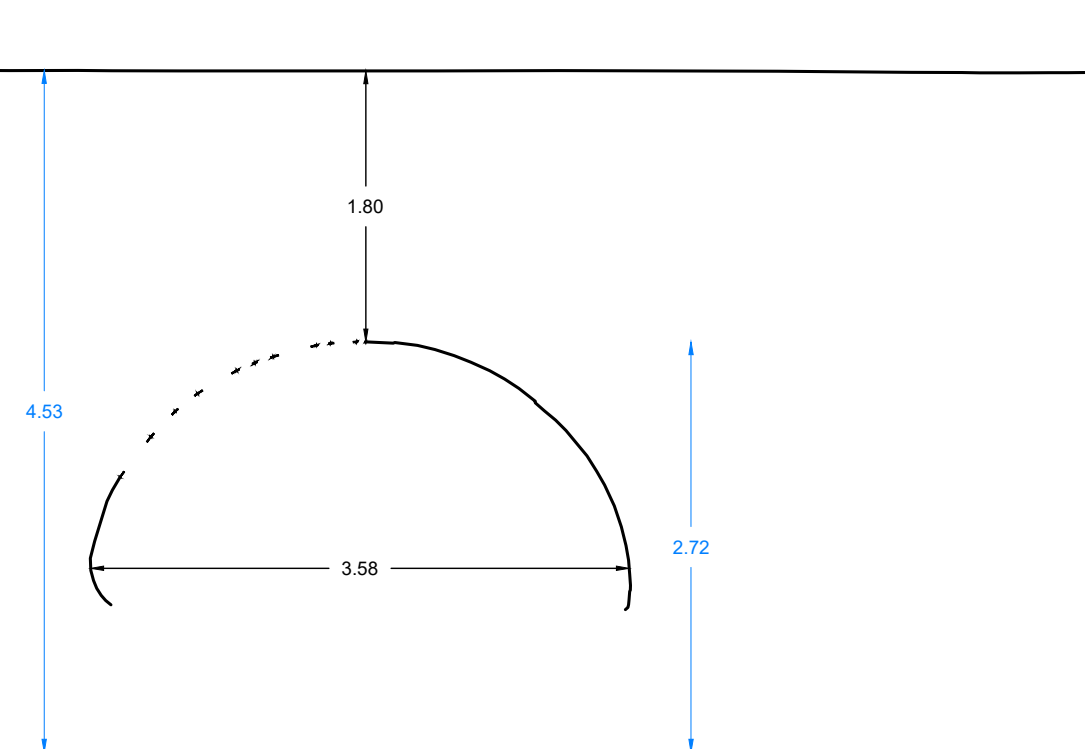
Sezione 15



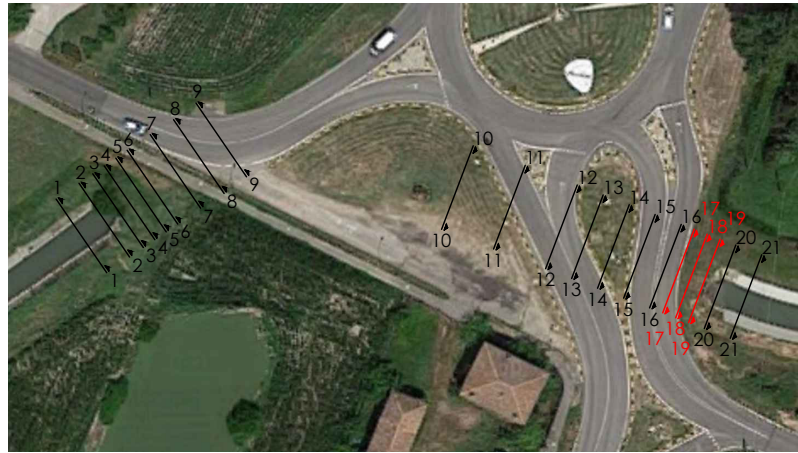
Sezione 14



Sezione 16



Inquadramento



NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati due assi (ciascuno valido per tubo Finsider e tratto in CLS);

- lato Ovest - Sezioni 1-9
- lato Est - Sezioni 10-21



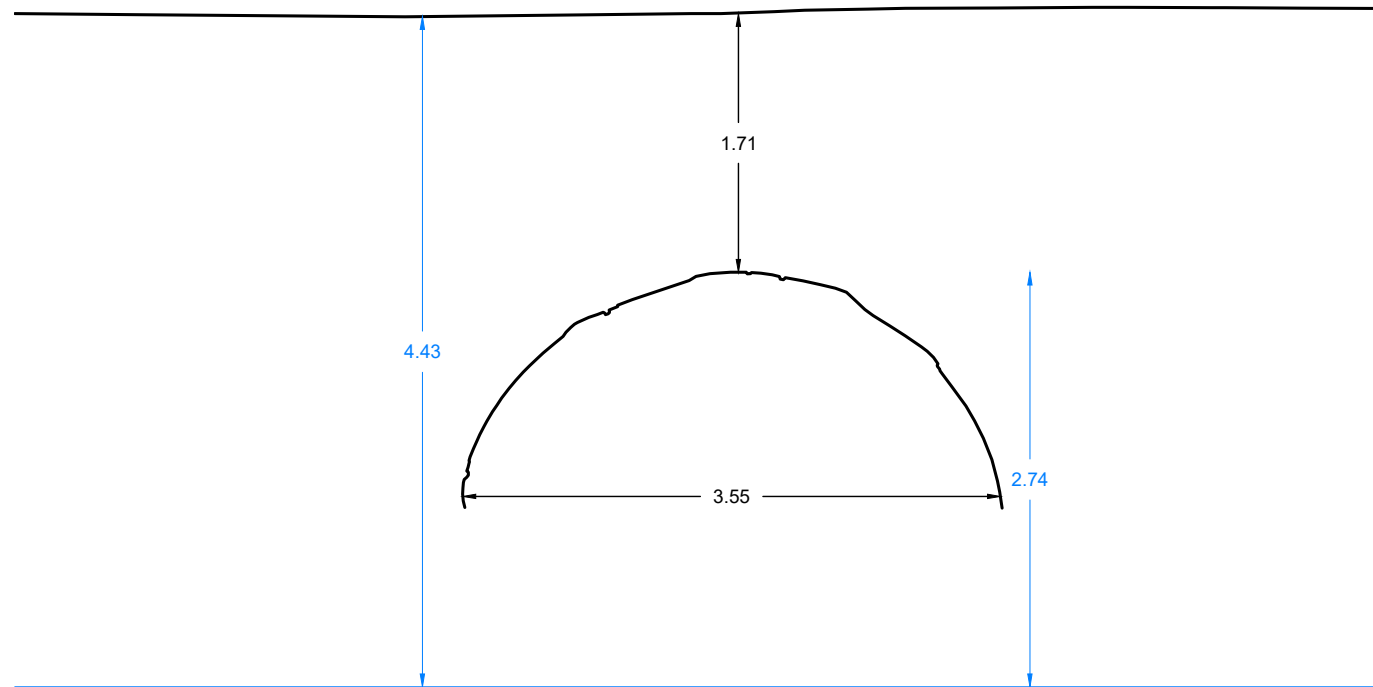
NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

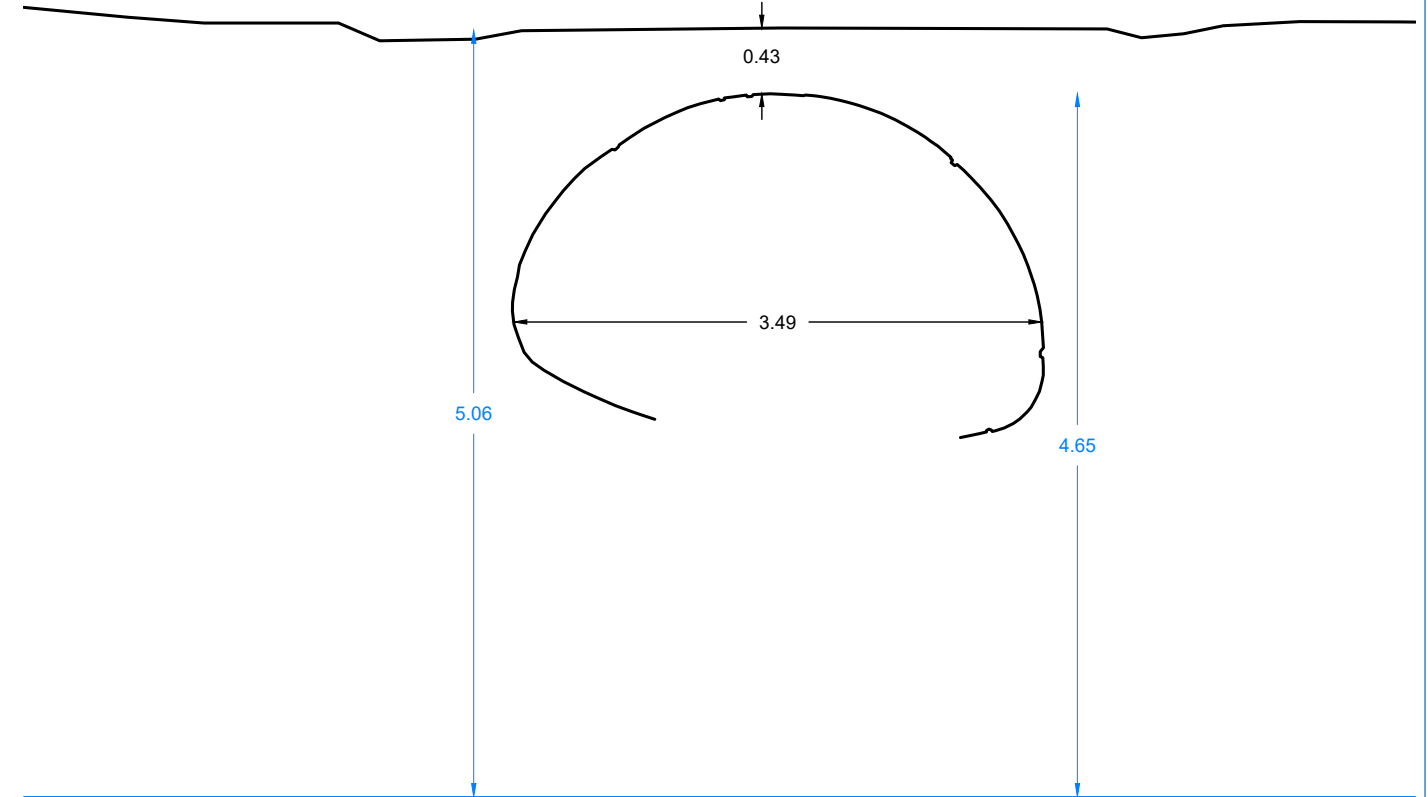
NB:

- area con informazioni insufficienti per la completa ricostruzione del profilo
- area con assenza di informazioni

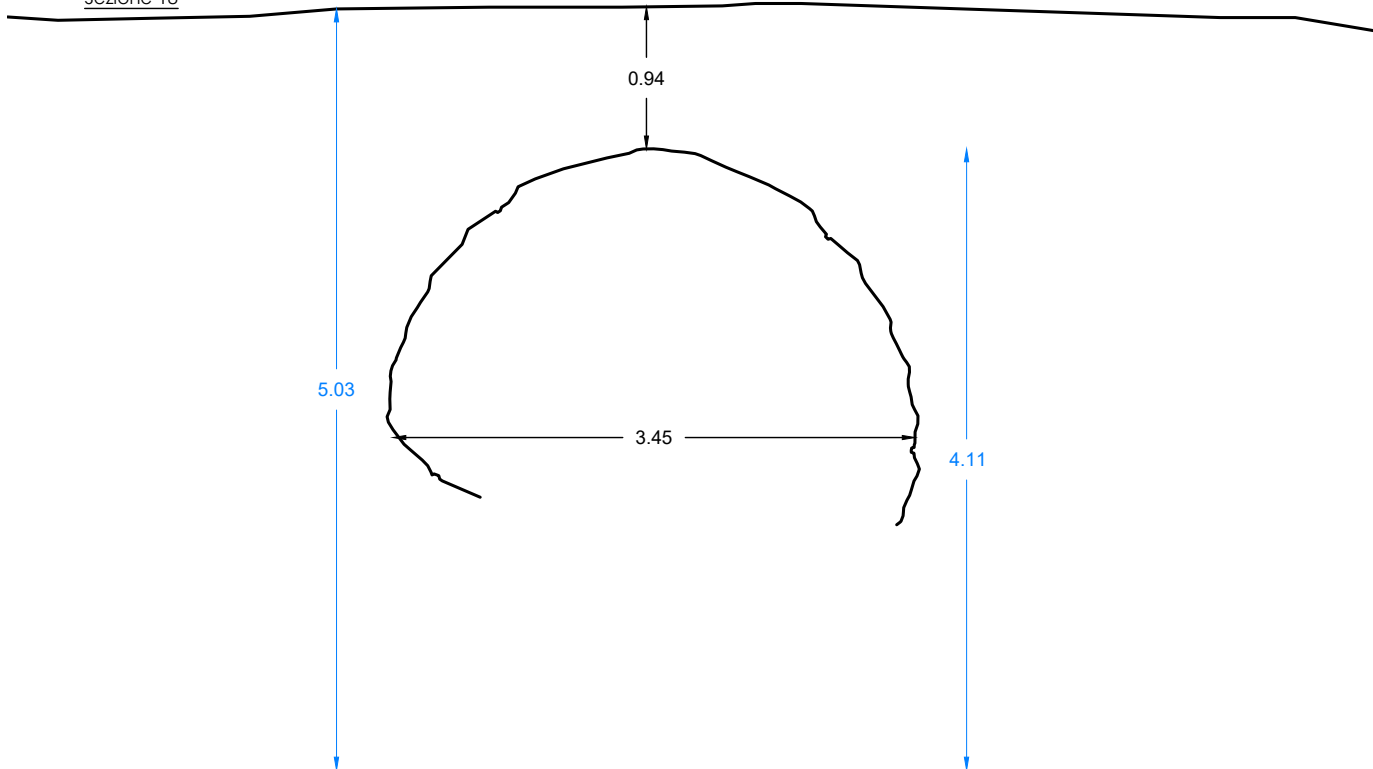
Sezione 17



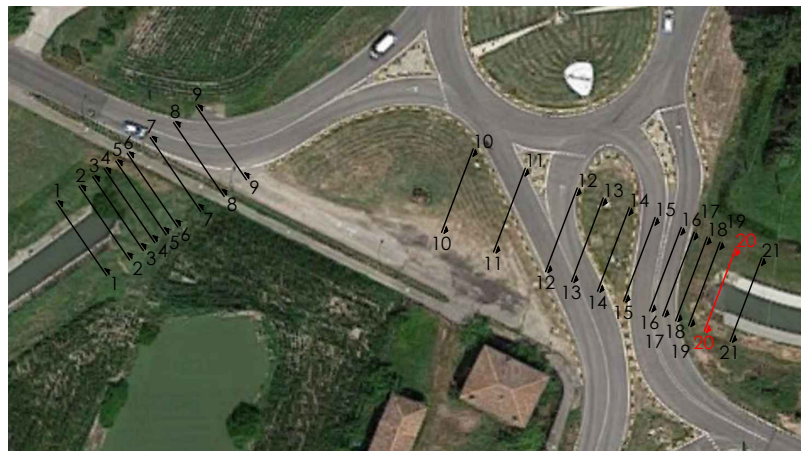
Sezione 19



Sezione 18



Inquadramento



NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati due assi (ciascuno valido per tubo Finsider e tratto in CLS);

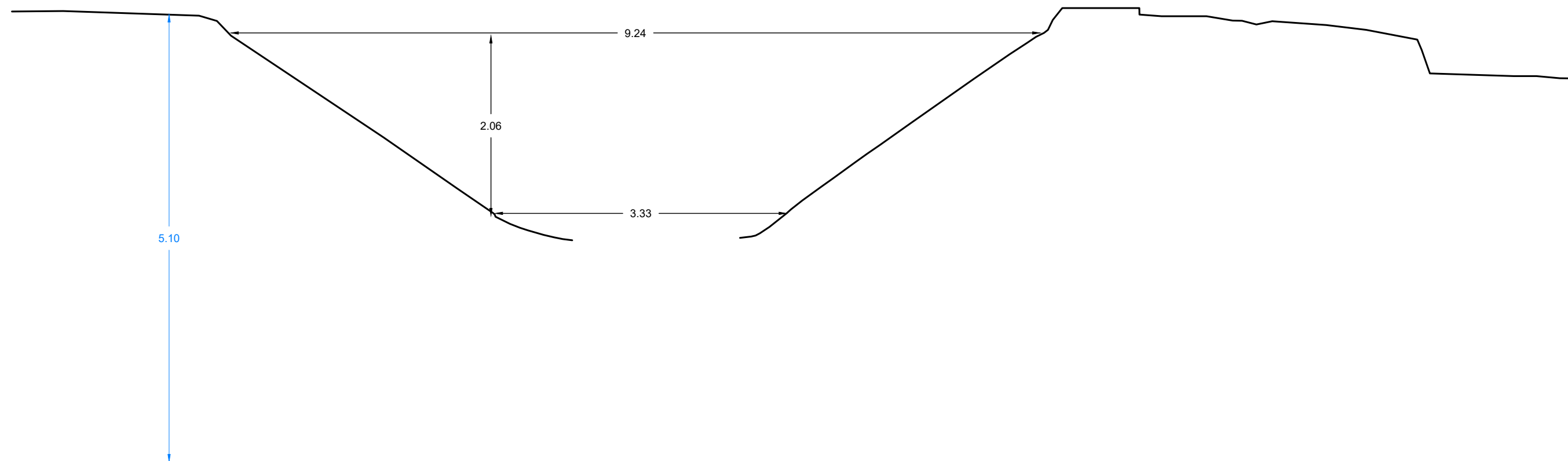
- lato Ovest - Sezioni 1-9
- lato Est - Sezioni 10-21

NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

- NB:
- area con informazioni insufficienti per la completa ricostruzione del profilo
  - area con assenza di informazioni

Sezione 20



|             |                     |
|-------------|---------------------|
| EMESSO :    | Ing. Alessio Furini |
| APPROVATO : | Ing. Luca Ercolin   |

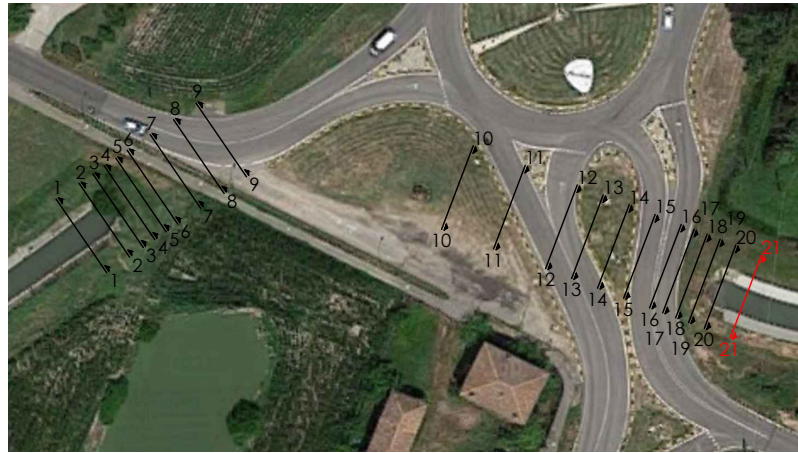
|                 |
|-----------------|
| COMMESSA 729/18 |
| DOC.            |
| DATA: 04-18     |
| REV. 00         |
| SCALA 1:50      |
| QUOTE IN METRI  |

|         |   |
|---------|---|
| OGGETTO | Rilievo Laser Scanner dei tubi Finsider in canali della rete del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara |
| TITOLO  | TAV 19 - Corporeno - Sezione trasversale 20   |

|             |          |
|-------------|----------|
| COMMITTENTE | LIFE srl |
|-------------|----------|



Inquadramento



NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati due assi (ciascuno valido per tubo Finsider e tratto in CLS):

- lato Ovest - Sezioni 1-9
- lato Est - Sezioni 10-21



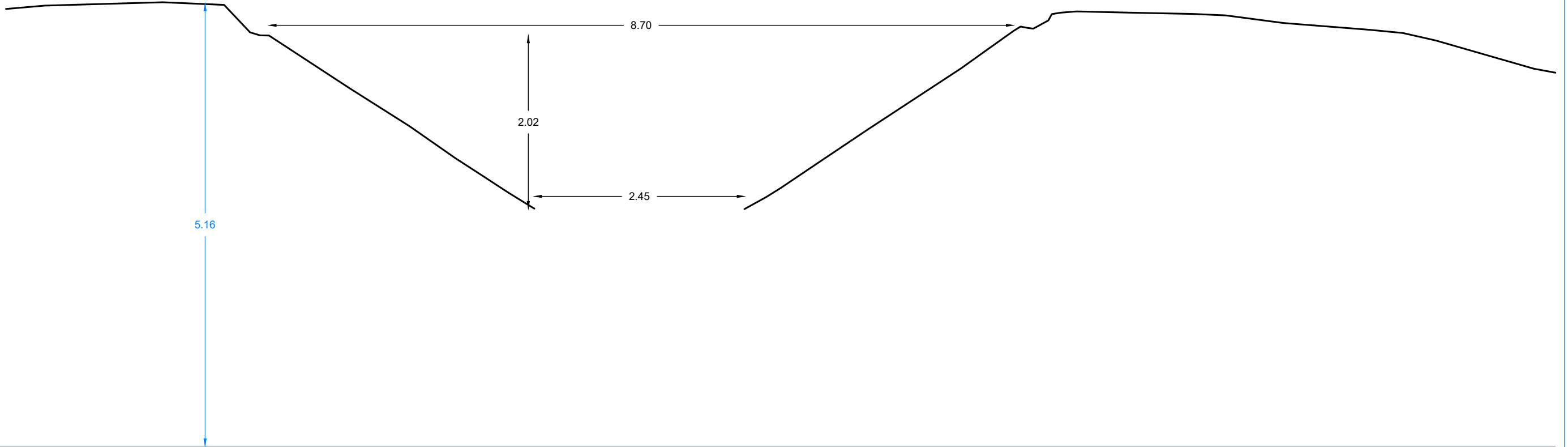
NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

NB:

- area con informazioni insufficienti per la completa ricostruzione del profilo
- area con assenza di informazioni

Sezione 21



EMESSO : Ing. Alessio Furini  
 APPROVATO : Ing. Luca Ercolin

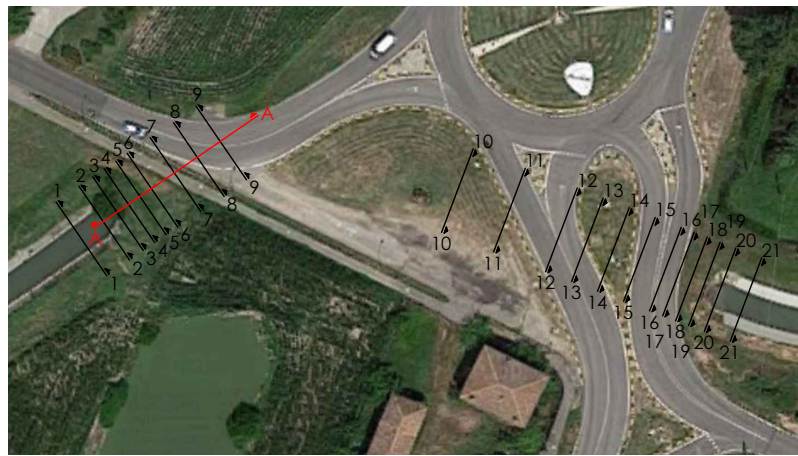
COMMESSA 729/18  
 DOC.  
 DATA: 04/18  
 REV. 00  
 SCALA 1:50  
 QUOTE IN METRI

OGGETTO  
 Rilievo Laser Scanner dei tubi Finsider in canali della rete del  
 Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara  
 TITOLO  
 TAV 20 - Corporeno - Sezione trasversale 21

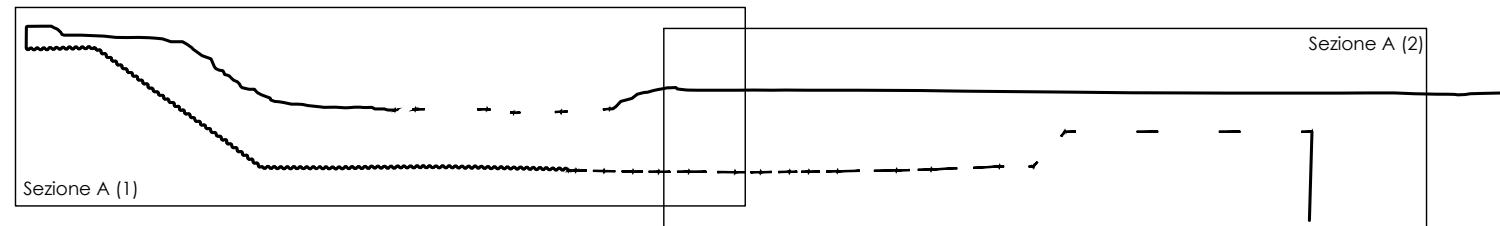
COMMITTENTE  
 LIFE srl



Inquadramento



Inquadramento sezione



NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati due assi (ciascuno valido per tubo Finsider e tratto in CLS):

- lato Ovest - Sezioni 1-9
- lato Est - Sezioni 10-21

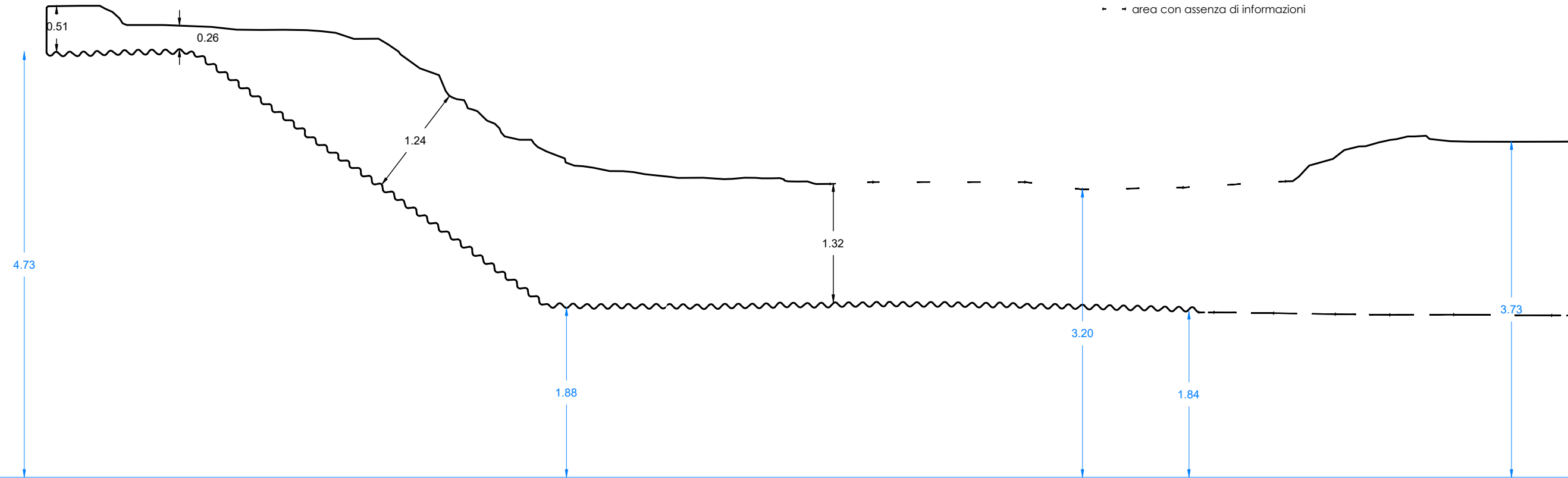
NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

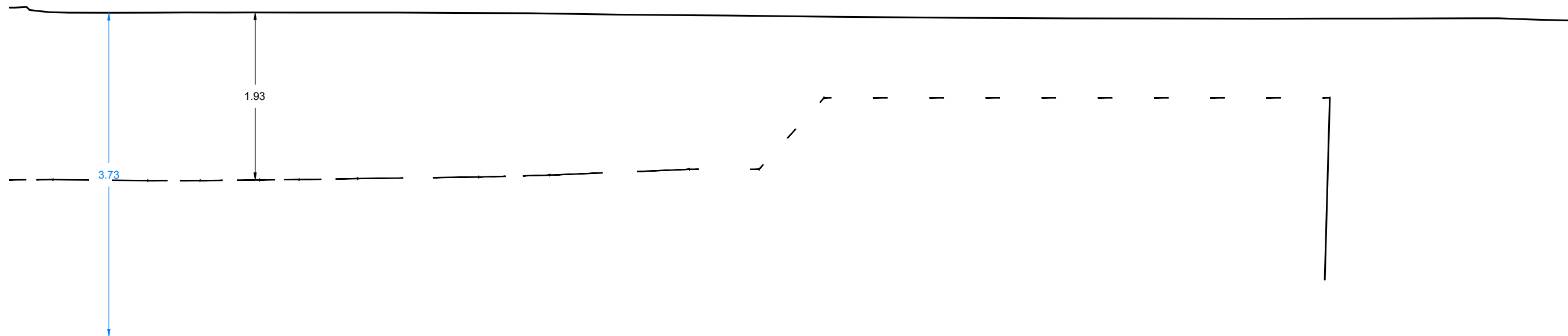
NB:

- - - - - area con informazioni insufficienti per la completa ricostruzione del profilo
- - - - - area con assenza di informazioni

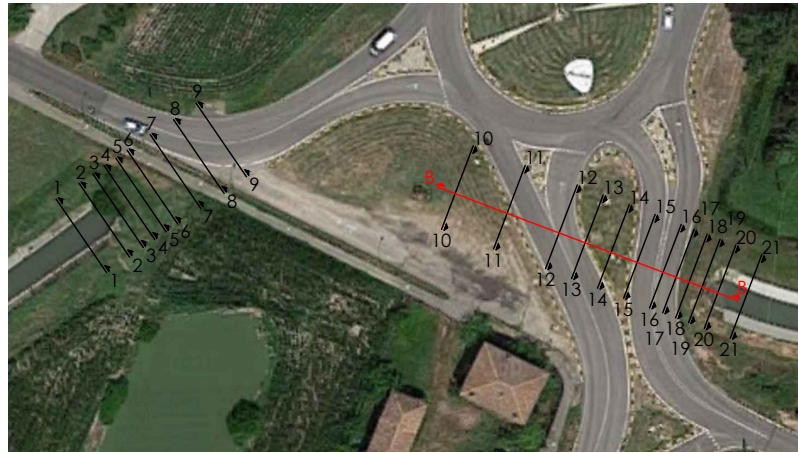
Sezione A (1)



Sezione A (2)



Inquadramento



**NB:** per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati due assi (ciascuno valido per tubo Finsider e tratto in CLS);

- lato Ovest - Sezioni 1-9
- lato Est - Sezioni 10-21

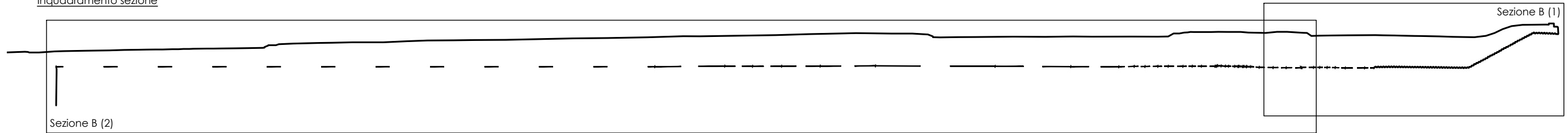
**NB:** non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

**NB:** a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

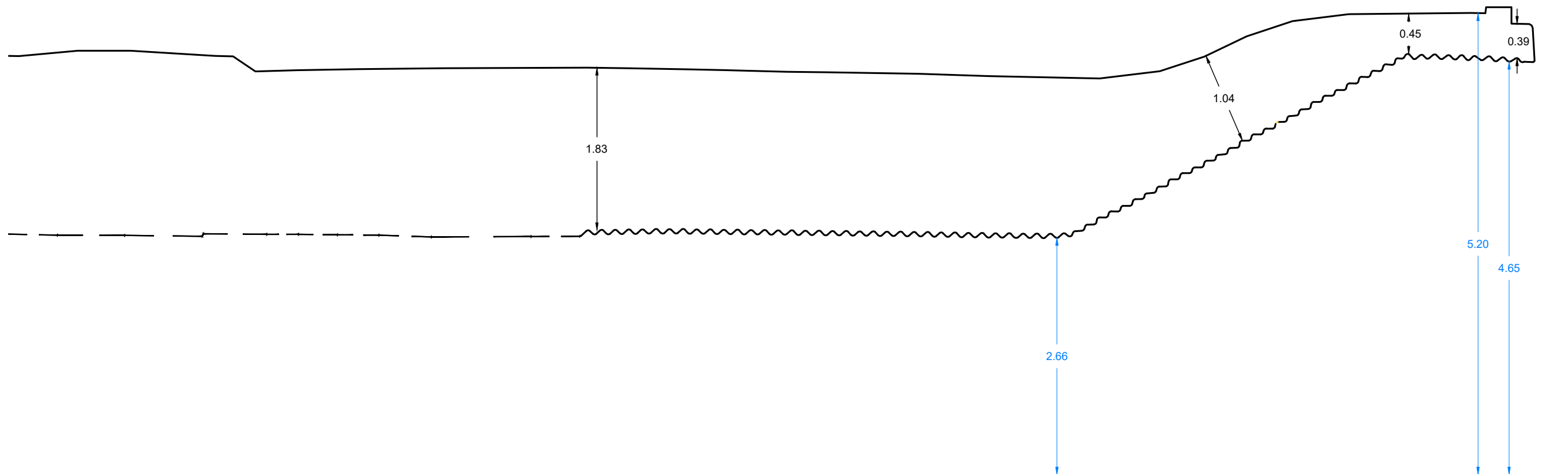
**NB:**

- area con informazioni insufficienti per la completa ricostruzione del profilo
- area con assenza di informazioni

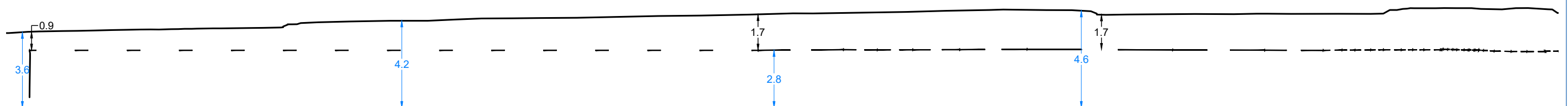
Inquadramento sezione



Sezione B (1) - scala 1:50



Sezione B (2) - scala 1:200



Inquadramento

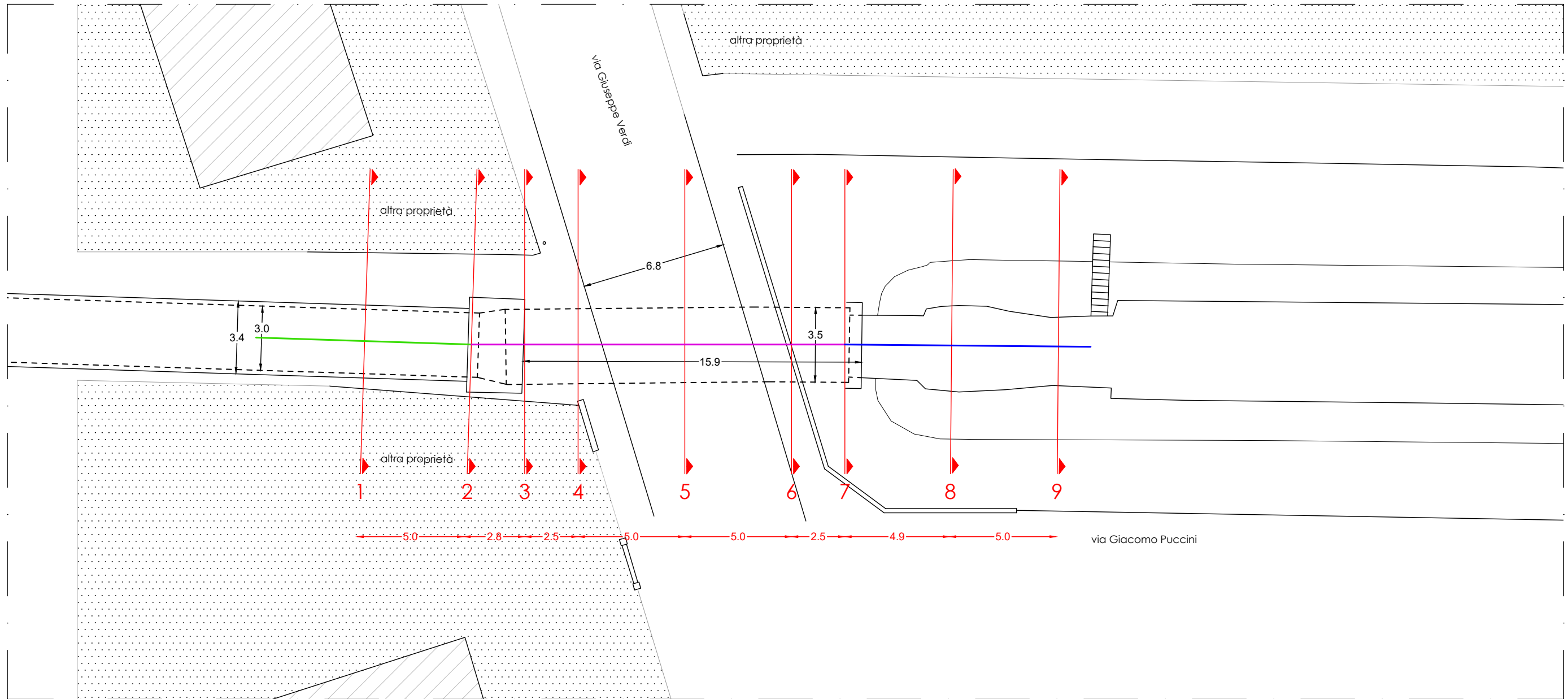


NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati tre assi:

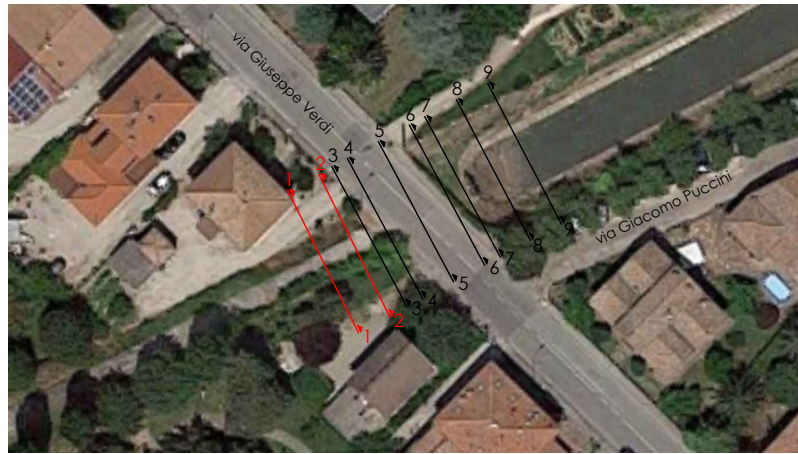
- tratto tombinato a valle del tubo Finsider - Sezioni 1-2
- tubo Finsider - Sezioni 3-7
- tratto all'aperto a monte del tubo Finsider - Sezioni 8-9



Planimetria



Inquadramento



NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati tre assi:

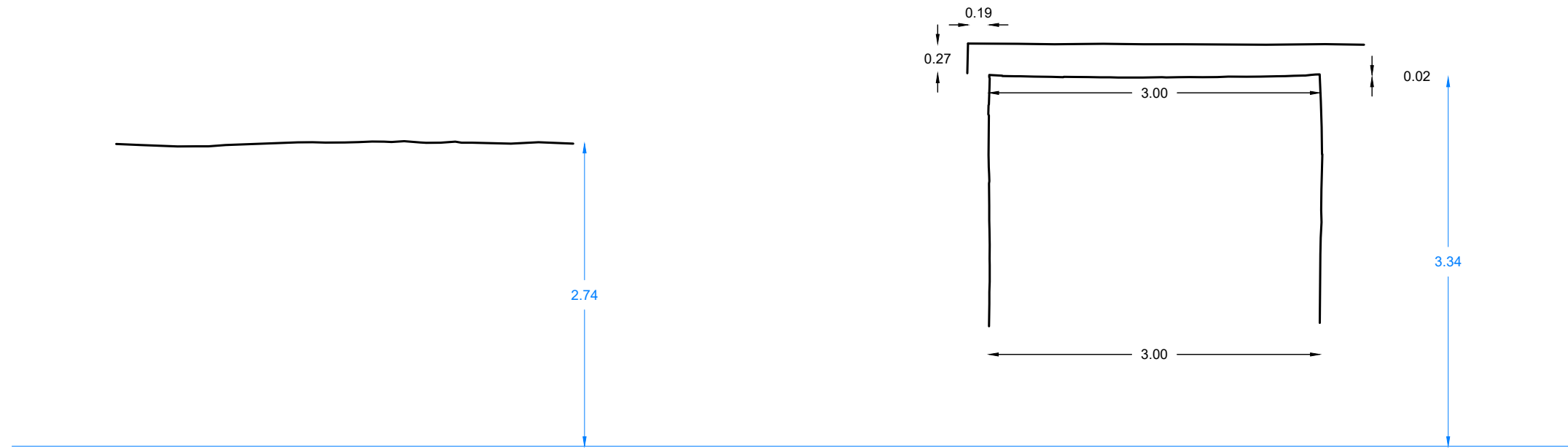
- tratto tombinato a valle del tubo Finsider - Sezioni 1-2
- tubo Finsider - Sezioni 3-7
- tratto all'aperto a monte del tubo Finsider - Sezioni 8-9



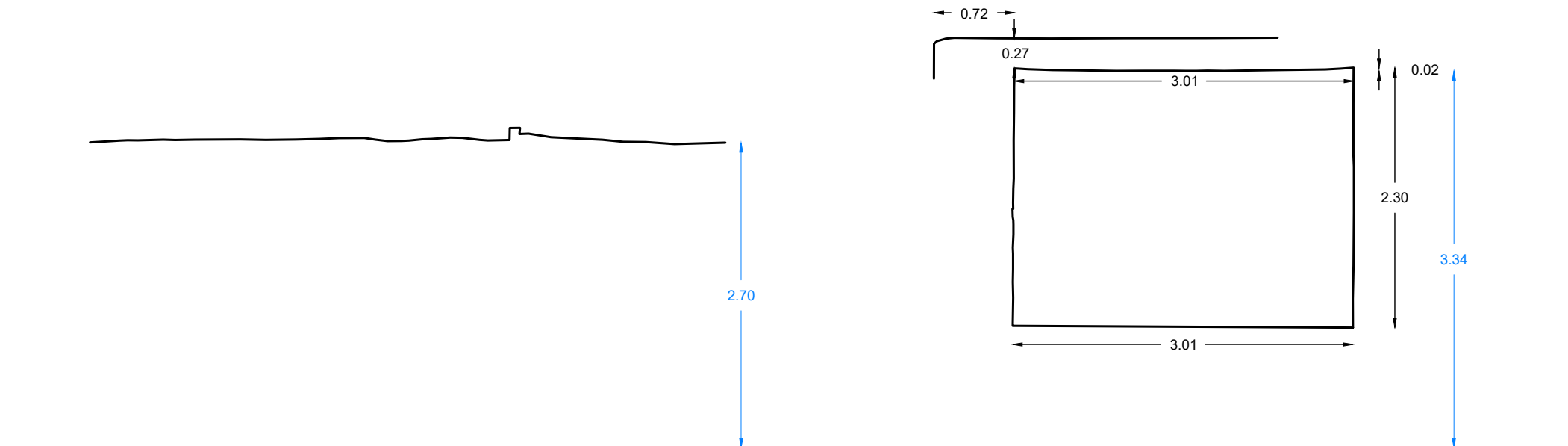
NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

Sezione 1

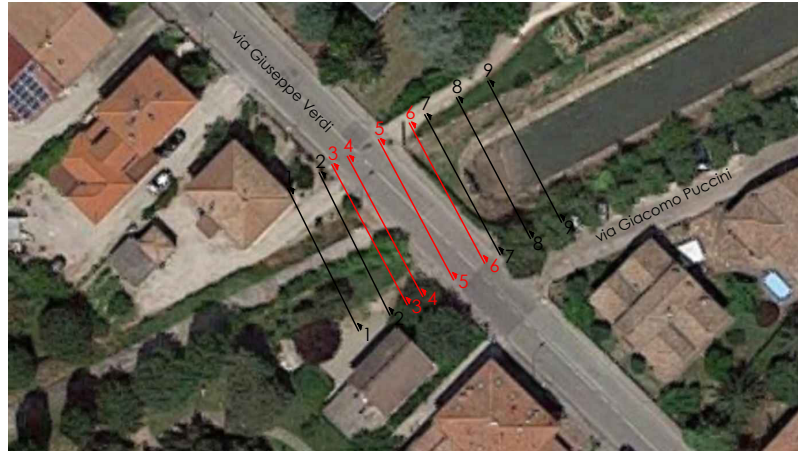


Sezione 2





Inquadramento



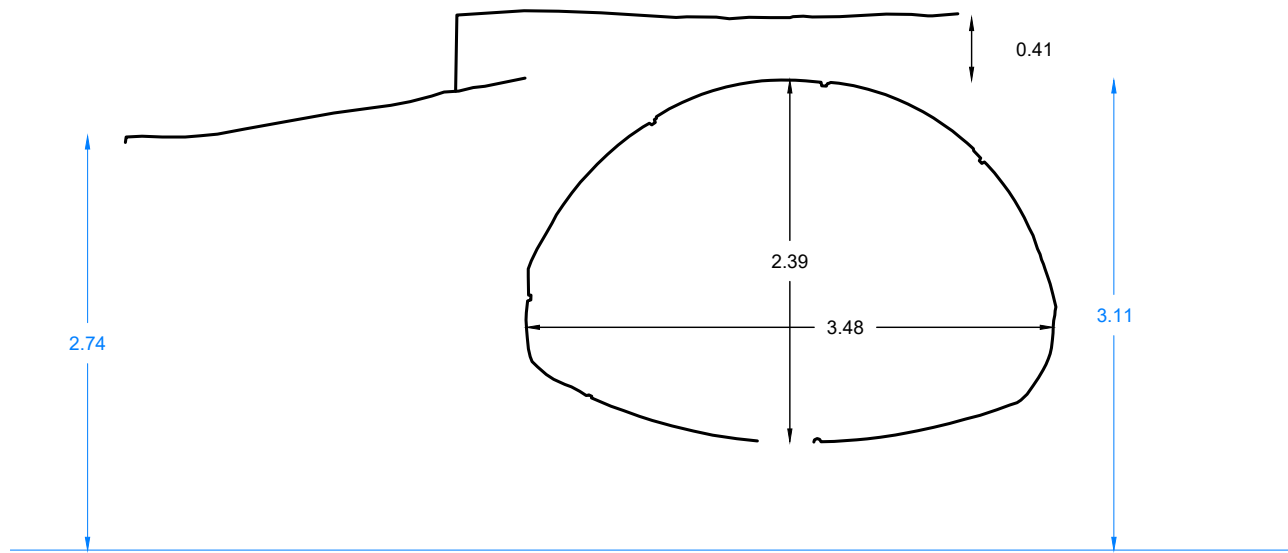
NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati tre assi:

- tratto tombinato a valle del tubo Finsider - Sezioni 1-2
- tubo Finsider - Sezioni 3-7
- tratto all'aperto a monte del tubo Finsider - Sezioni 8-9

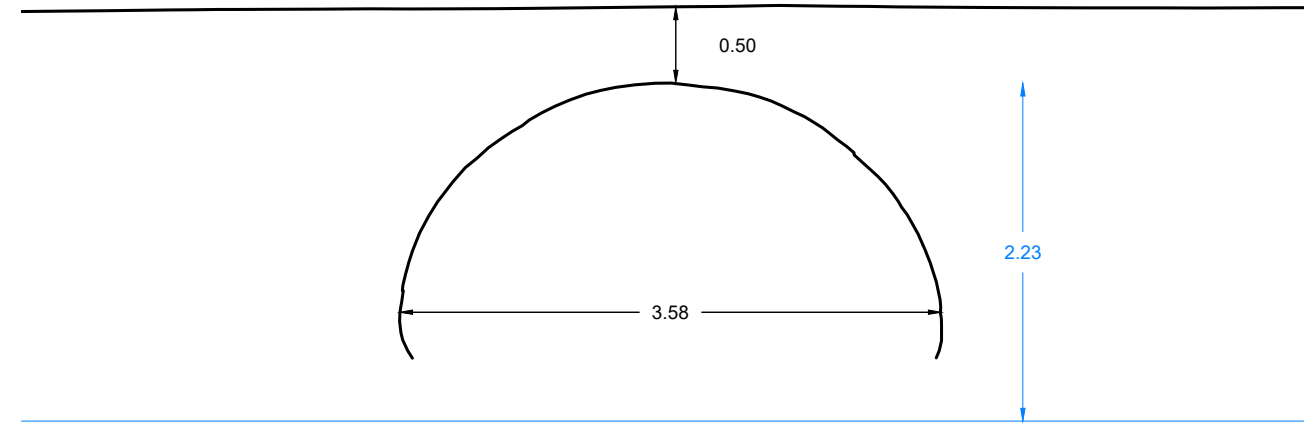
NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

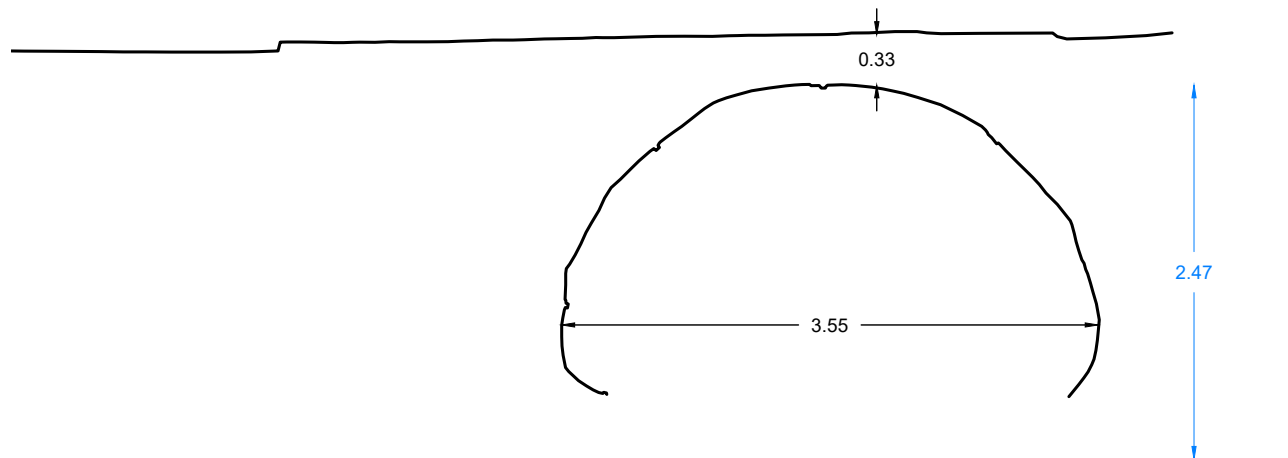
Sezione 3



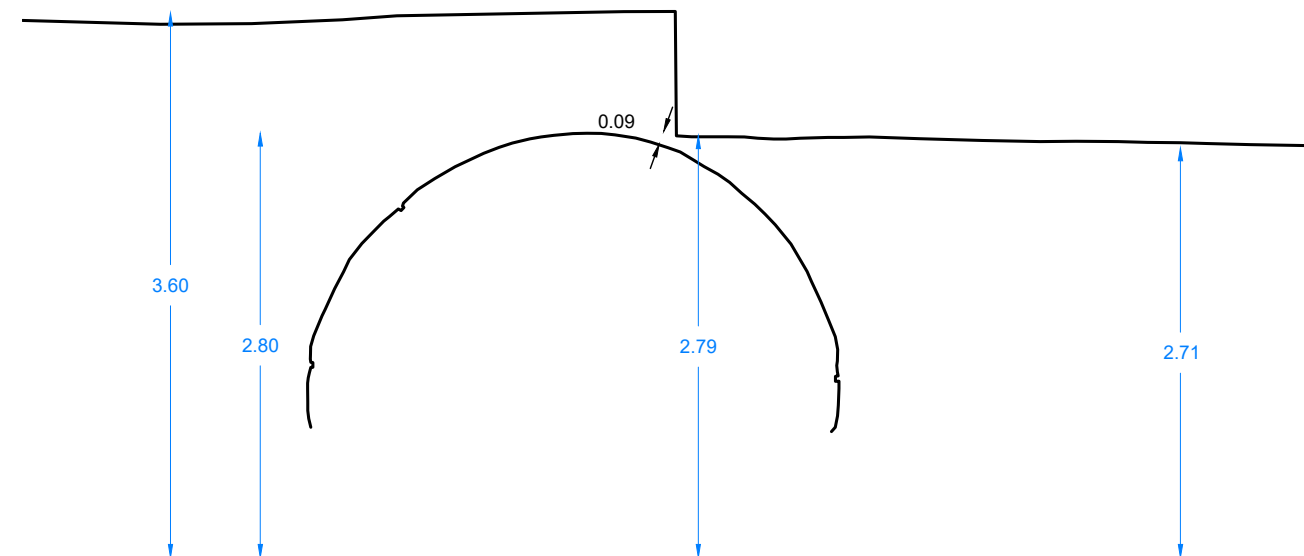
Sezione 5



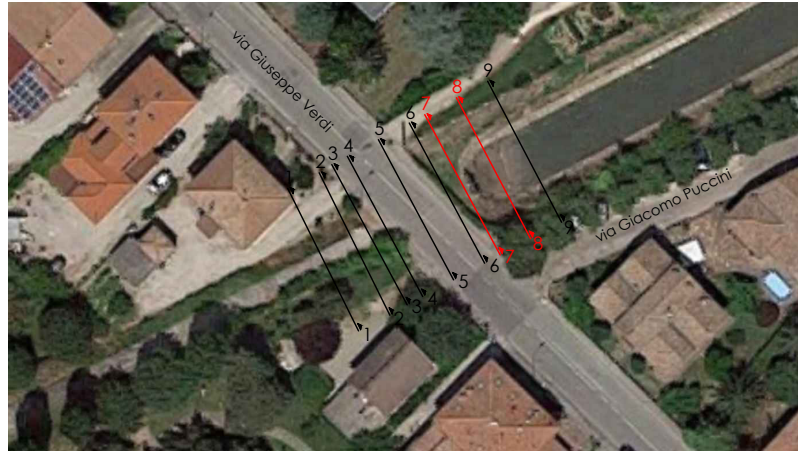
Sezione 4



Sezione 6



Inquadramento



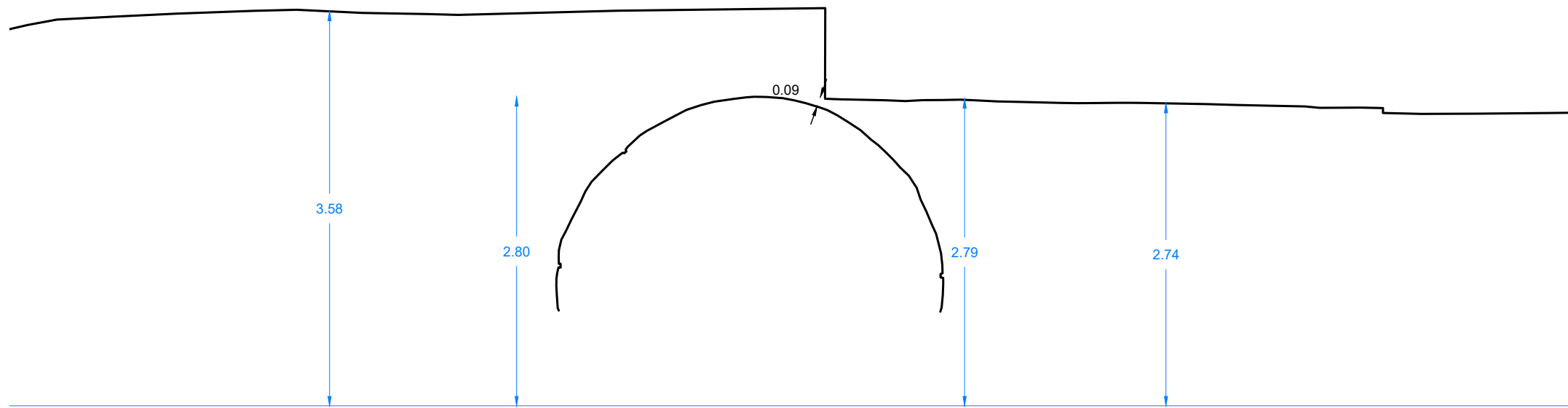
NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati tre assi:

- tratto tombinato a valle del tubo Finsider - Sezioni 1-2
- tubo Finsider - Sezioni 3-7
- tratto all'aperto a monte del tubo Finsider - Sezioni 8-9

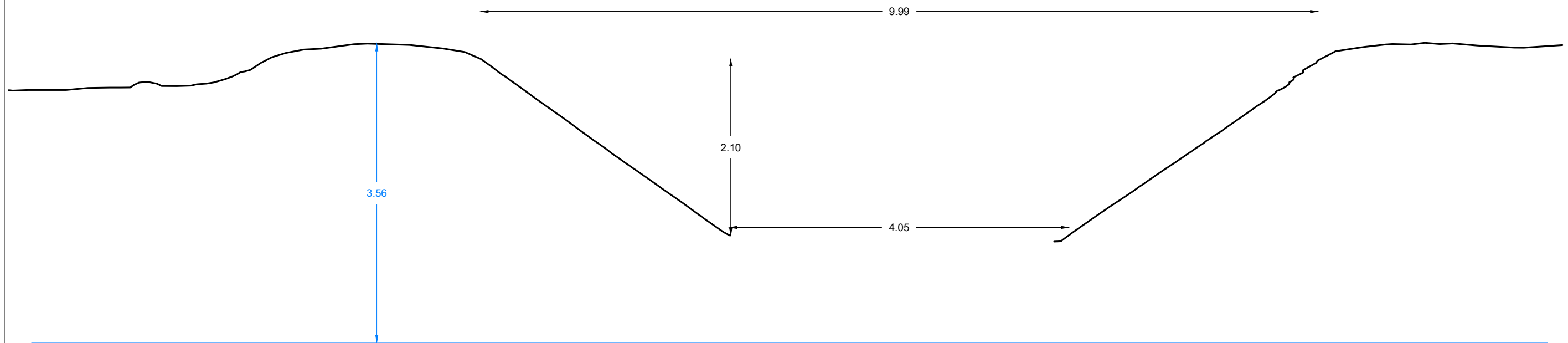
NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

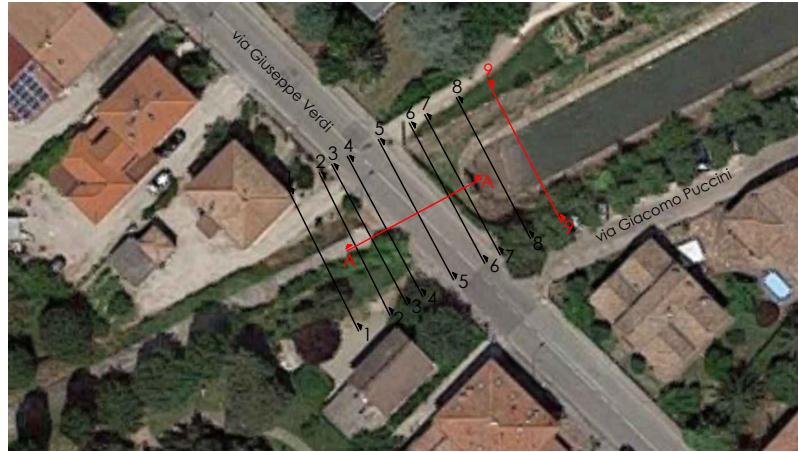
Sezione 7



Sezione 8

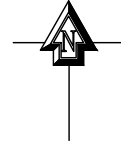


Inquadramento



NB: per la restituzione delle sezioni trasversali sono stati determinati tre assi:

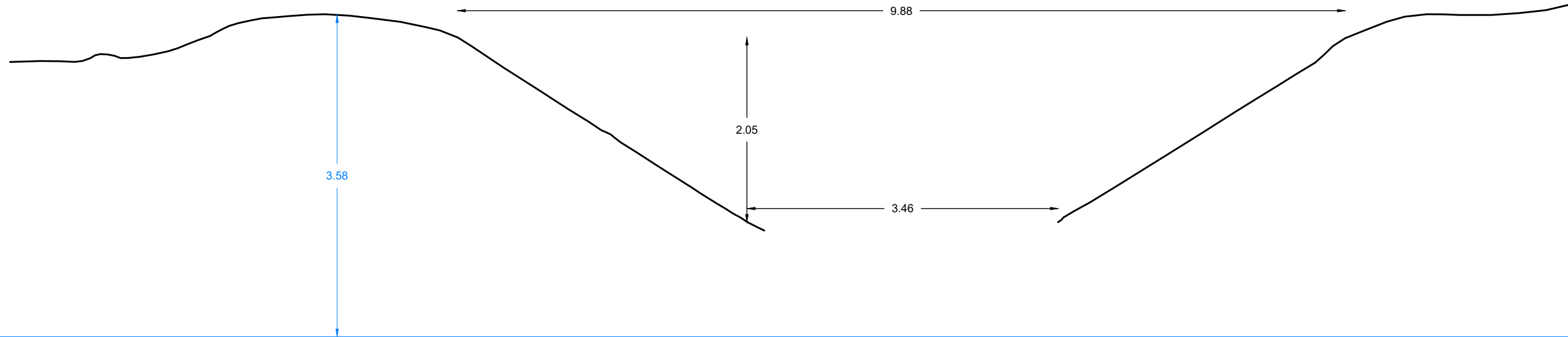
- tratto tombinato a valle del tubo Finsider - Sezioni 1-2
- tubo Finsider - Sezioni 3-7
- tratto all'aperto a monte del tubo Finsider - Sezioni 8-9



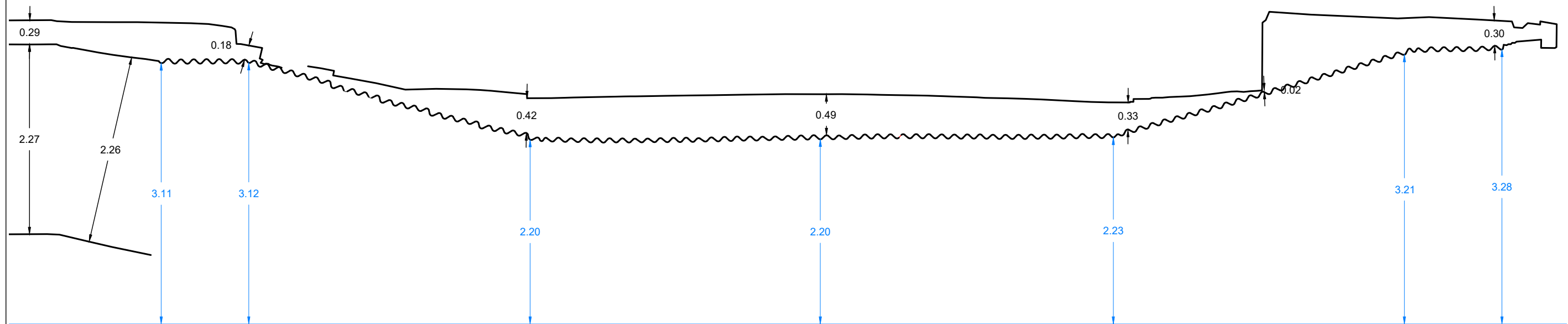
NB: non essendo disponibile un riferimento altimetrico, è stato tracciato un asse ad una quota arbitraria rispetto al quale sono state quotate la sommità del tubo e gli elementi del piano stradale (quote in azzurro)

NB: a causa della presenza di detriti ed acqua sul fondo non è stato possibile restituire l'intera sezione del tubo, di cui si è sempre restituito la parte di profilo di dimensioni minori

Sezione 9



Sezione A





**ALLEGATO B**  
**Progetto esecutivo dell'epoca di costruzione**

Alligato 1

CONCORDIO DI BONIFICA DI 2° GRADO  
PER IL CANALE EMILIANO ROMAGNOLA

IV LOTTO

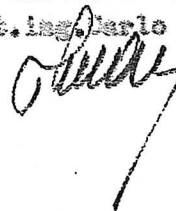
CANALE PRINCIPALE IRRIGUO A SERVIZIO DEL  
COMPLESSIVO IN SINISTRA NERO

Attraversamento del canale irriguo con la S. n. 255  
a Costa Rossa in Comune di Sesto (Ferrara)

RELAZIONE TECNICA E CALCOLI STATICI  
DEL MANUFATTO DI ATTRAVERSAMENTO

Bologna, li 25 MAR. 1963'

IL DIRETTORE TECNICO  
(dott. ing. Carlo Molinari)



1 - DESCRIZIONE DEL MANUFATTO E SUE MODALITA' COSTRUTTIVE -

Il canale principale irriguo a servizio del comprensorio in sinistra Reno si sviluppa con andamento nord-sud lungo la sede della ex ferrovia Ferrara-Modena della Società Veneta.

Alla progressiva Km.5,700 il tracciato del canale viene ad interessare, come rilevasi dalla unita cartografia di cui agli allegati 2 e 3, la strada statale 255 ove questa è stata rettificata in corrispondenza al casello n°16 della citata ex sede della ferrovia Veneta.

L'attraversamento del canale con la strada statale verrà eseguito mediante botte a sifone che sottopasserà la strada senza richiedere variazioni alcuna alla sua attuale livellatura.

La botte a sifone verrà realizzata mediante condotta in acciaio ondulato e zincato del tipo a piastre multiple imbullonate.

La condotta, di produzione della Soc. Aruco-Finsider, è del tipo ad arco ribassato avente corda di m.3,54 - freccia di m.2,26 e spessore di m.4,2.

Le singole piastre verranno collegate tra loro fuori opera mediante imbullonatura, e, sempre fuori opera, verrà operata la saldatura dei giunti trasversali e longitudinali per circa i 2/3 superiori dell'altezza della condotta. La parte restante della condotta (1/3 inferiore) verrà protetta internamente mediante apposito rivestimento in conglomerato bituminoso.

Il manufatto verrà posto in opera, una volta assienato, su sottofondo in materiale arido granulare a spessore di cm.20 e sempre con lo stesso materiale verrà rifiancato.

Fra sommità della condotta e piano viabile verrà mantenuta una altezza di 35 cm. (\*). Il ricoprimento verrà effettuato mediante 15 cm. di sabbia, 30 cm. di ghiaia in natura compressa e 12 cm. di pietrisco rollato con sovrastante strato di binder a spessore di cm.5. Infine verrà realizzato un tappeto di usura a spessore di 3-3 cm.

La larghezza della strada sarà mantenuta ai valori attuali con carreggiate di m.9,00 e banchine di m.0,75.

Il lavoro di scavo, posa e rifianco della condotta verrà eseguito nello spazio di circa 2 giorni. Nel corso del lavoro il traffico verrà opportunamente deviato secondo le modalità e lungo le strade che saranno direttamente concordate con il competente Compartimento e che, di massima, sono state indicate nella cartografia di cui all'allegato 2.

(\*) nei calcoli che seguono viene considerato prudenzialmente un riempimento di 70 cm.

## 2 - CALCOLI STATICI DEL MANUFATTO

La struttura in oggetto è del tipo a piastre multiple in acciaio Ag 34 ondulato e zincato, a sezione policentrica di luce ml.1,54 e freccia ml.2,25.

Lo spessore delle lamiere ondulate foranti gli anelli è stato stabilito in mm.4,2. Per condizioni normali di installazioni, si ammette un'inflessione massima del 5% comportante un coefficiente di sicurezza maggiore ed uguale a 4.

La struttura adeguatamente installata, si comporta come un anello compresso sollecitato perifericamente dalla pressione unitaria trasmessa dal terreno per effetto del carico statico e dinamico e delle relative vibrazioni.

La sollecitazione di compressione nell'anello risulta :

$$C = P \frac{L}{2} \quad (1)$$

dove :

C = Sollecitazione di compressione in Kg. per unità di lunghezza della condotta.

P = Pressione unitaria applicata alla condotta della struttura.

L = Luce della struttura .

La condotta installata, sotto un rilevato di ml.0,70 (\*) è stata dimensionata prevedendo un carico dinamico di tipo militare e precisamente quello eccezionale costituito da un carico isolato schema III (16 Tonn. per asse), affiancato da una sola colonna indefinita di autocarri del peso di 10 Tonn. (Tonn.4 per una coppia di ruote posteriori e Tonn.2 per una ruota anteriore) e con impronte rettangolare ml.2.635 x 0,21 e circolare di raggio ml.0,22, rispettivamente per il carico schema III e per una coppia di ruote di un asse della colonna di autocarri.

(\*) in realtà il rilevato verrà realizzato a spessore di cm.85. Prudenzialmente i calcoli vengono condotti per un ricoprimento di 70 cm.

In conseguenza della distribuzione del carico a 45° sull'entrata della condotta alla quota = 0,70 avremo :

A) Rimorchio (schema III)

Area del piano tangenziale riferita ad un asse :  
 $(2,635 + 1,40) \times (0,23 + 1,40) = \text{mq. } 6,38 =$   
 cmq. 65.800

per cui

$$\frac{18.000}{65.800} = 0,27 \text{ Kg/cmq. e per due assi affiancati}$$

$$0,27 \times 2 = 0,54 \text{ Kg/cmq.}$$

e per le azioni dinamiche pari al 39%, come dalla formula 1.1).

$$= \frac{(100 - 1)^2}{100 (250 - 1)} \text{ avremo :}$$

$$0,54 \times 1,39 = 0,751 \text{ Kg/cmq.}$$

B) Teoria indefinita di autogari (si considera un asse posteriore di un solo autogaro in quanto alla quota = 0,70 non vi insistono altri carichi)

Area del piano tangenziale riferita ad una coppia di ruote :

$$\frac{(0,22 + 0,22 + 0,70 + 0,70)^2}{2} \times 3,14 = 0,92^2 \times 3,14$$

$$= \text{mq. } 2,66 = \text{cmq. } 26.600$$

per cui

$$\frac{4.000}{26.600} = 0,15 \text{ Kg/cmq. e per due coppie di ruote}$$

0,15 x 2 = 0,30 Kg/cmq. che per effetto delle azioni dinamiche diventano :

$$0,30 \times 1,39 = \text{Kg/cmq. } 0,417$$



c) Il carico statico dovuto al peso del terreno sovrastante la struttura (considerata una densità di 1,8 gr/cm<sup>3</sup>) è :

$$0,70 \times 1800 = 1,260 \text{ Kg/mq.} = 0,126 \text{ Kg/cmq.}$$

Il carico totale P risulta quindi :

$$0,751 + 0,417 + 0,126 = 1,294 \text{ Kg/cmq.}$$

Dalla formula (1) ricaviamo la sollecitazione a compressione in Kg. per metro anello -

$$C = 1,294 \times \frac{354}{2} = 1,294 \times 177 = 229,04 \text{ Kg/cm (di giunto)} =$$
$$= \text{Kg/m. } 22.904$$

La verifica viene eseguita per il giunto bullonato che costituisce la sezione di minore resistenza dell'anello compresso.

Detto giunto bullonato con bulloni ad alta resistenza, in numero di 12 per un metro lineare di condotta è capace di sopportare uno sforzo di taglio maggiore ed uguale a 120.000 Kg/m.

Dal confronto con il valore C sopra ricavato, risulta un coefficiente di sicurezza pari a 5,20 -

La struttura, così dimensionata, sopporta, in condizioni normali di installazione e di esercizio, il carico statico dovuto al rinterro ed i carichi mobili previsti.

