

SISTEMA NAZIONALE CICLOVIE TURISTICHE CICLOVIA "TRIESTE-LIGNANO SABBIADORO-VENEZIA"

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

Gruppo di Progettazione Macrotratta Friuli Venezia Giulia



DOTT. GEOL.
UMBERTO
STEFANEL

DOTT.
ARCHEOLOGO
LUCA VILLA

DOTT.
MAURO
BORGATO

ING.
DANIELE
BERTAGNOLLI

Supporto Tecnico Macrotratta Veneto



Geologo
Maurizio
OLIVOTTO
Geologia



MACROTRATTA FRIULI VENEZIA GIULIA

TRONCO 3

29 - OPERE D'ARTE

RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA DELLE OPERE D'ARTE

Fase	Codice	Macrotratta	Tronco	Categoria	Allegato	Sub	Tipo	Revisione	Redatto	Verificato	Approvato
F	29	FVG	3	OA	002	00	F	A	C.F.	R.C.	R.C.

REGIONE CAPOFILA  REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA	COORDINAMENTO TECNICO - AMMINISTRATIVO  Veneto Strade S.p.A.
--	---

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Macrotratta Friuli-Venezia Giulia Dott. PADRINI Marco Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia	IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Macrotratta Veneto Ing. MANGINELLI Gabriella Veneto Strade	RESP. INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Arch. POLO Lorella Veneto Strade
--	--	--

A	AGOSTO 2021	EMISSIONE
REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE

SOMMARIO

1. Premessa	1
1.1. Riferimenti normativi.....	1
1.2. Metodo di calcolo	1
1.3. Software da utilizzare	2
1.4. Caratteristiche generali.....	2
2. Materiali utilizzati	2
2.1. Strutture in cemento armato.....	2
2.2. Acciaio d'armatura per c.a.....	3
2.3. Acciaio da carpenteria compreso acciaio cor-ten.....	3
3. Caratterizzazione geotecnica	3
3.1. Passerella sul Fiume Ausa in Cervignano del Friuli	3
3.2. Sottopasso ferroviario e stradale in Cervignano del Friuli	5
3.3. Attraversamento canale delle cornuzze.....	7
3.4. Passerella sul Canale Acquabona La Aghe Buine in Precenicco.....	9
3.5. Passerella sul Fiume Tagliamento in Lignano Sabbiadoro e San Michele al Tagliamento.....	11
4. Conclusioni	12

1. PREMESSA

Nella presente relazione si riportano le indicazioni geotecniche per la progettazione delle strutture di fondazione nell'ambito del Progetto Definitivo per il progetto di fattibilità tecnica ed economica, ai sensi dell'art.23 del d.lgs.

n.50/2016 e s.m.i., della ciclovvia turistica Trieste – Lignano Sabbiadoro – Venezia (denominata a fini promozionali ciclovvia delle lagune) per la parte ricadente nel territorio della regione autonoma Friuli Venezia Giulia.

La presente relazione ha come obiettivo:

- descrivere la struttura;
- descrivere i materiali impiegati;
- citare la normativa di riferimento;
- descrivere e quantificare i carichi agenti sulle strutture;
- descrivere la metodologia di calcolo;
- indicare le verifiche geotecniche degli elementi di fondazione della struttura di progetto.

Per quanto riguarda l'analisi dei carichi, le combinazioni di carico, il modello di calcolo, la stima dei carichi provenienti dalla sovrastruttura si rimanda alla *Relazione strutturale*.

1.1. *RIFERIMENTI NORMATIVI*

I calcoli sono stati condotti in conformità con quanto disposto dalle seguenti normative:

- Legge 5 novembre 1971 n°1086 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche";
- Legge 2 febbraio 1974 n°64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- D.M. 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni" (G.U.29 d.d. 20 febbraio 2018 – suppl. ordinario n.8);
- Circolare 21 gennaio 2019 n.7 "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018." (G.U.35 d.d. 11 febbraio 2019 – suppl. ordinario n.5).
- CNR-DT 207/2008 "Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni";
- CNR 10011/1997 "costruzioni in acciaio – istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione";
- UNI EN 1992-1-1:2005 "Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici";
- UNI EN 1992-2:2005 "Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: Carichi da traffico sui ponti";
- UNI EN 1992-2:2005 "Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: Ponti di calcestruzzo – Progettazione e dettagli costruttivi";
- UNI EN 1993-1-1:2005 "Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici";
- UNI EN 1993-2:2007 "Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 2: Ponti di acciaio".

1.2. *METODO DI CALCOLO*

Le verifiche di sicurezza dell'opera sono condotte secondo il "metodo semiprobabilistico agli stati limite" in conformità al D.M. 17 gennaio 2018 (NTC 2018).

1.3. SOFTWARE DA UTILIZZARE

I risultati dovranno essere ottenuti mediante una procedura di calcolo agli elementi finiti utilizzando software di comprovata affidabilità.

Il codice di calcolo impiegato dovrà rispecchiare le caratteristiche richieste dalla normativa (§10.2 *Norme tecniche per le Costruzioni D.M. 17/01/2018*):

- Grande diffusione del codice di calcolo sul mercato;
- Storia consolidata del codice di calcolo (svariati anni di utilizzo);
- Utilizzo delle versioni più aggiornate (dopo test);
- Pratica d'uso frequente in studio.

1.4. CARATTERISTICHE GENERALI

1.4.1 Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I del D.M. 17/01/2018, per la struttura in esame si fa riferimento alla categoria 2 *Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari* per cui viene fissato $V_N \geq 50$ anni.

1.4.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in quattro classi d'uso a seconda dell'importanza dell'opera.

La struttura in oggetto è adibita ad uso di civile abitazione e può essere quindi classificata in "**Classe d'uso II**" – *Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti* secondo quanto riportato al p.to 2.4.2 delle NTC 2018.

1.4.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N C_U = 50 \text{ anni} \cdot 1,0 = 50 \text{ anni}$$

2. MATERIALI UTILIZZATI

Salvo diversa indicazione sugli elaborati grafici, i materiali impiegati sono i seguenti:

2.1. STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO

C32/40 – fondazioni, pile e impalcato

- Resistenza cubica caratteristica a 28 gg. $R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza cilindrica caratteristica $f_{ck} = 33,2 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza media a trazione semplice $f_{ctm} = 3,10 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza caratteristica a trazione semplice $f_{ctk} = 2,17 \text{ N/mm}^2$

- Resistenza media a trazione per flessione $f_{cm} = 3,72 \text{ N/mm}^2$
- Tensione tangenziale di aderenza (barre ad. m.) in cond. buona ad. $f_{bk} = 4,88 \text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico $E_{cm} = 33.643 \text{ N/mm}^2$
- Tensione limite in esercizio per combinazione rara $\sigma_c < 0,60 \times f_{ck} = 19,92 \text{ N/mm}^2$
- Tensione limite in esercizio per combinazione q. perm. $\sigma_c < 0,45 \times f_{ck} = 14,94 \text{ N/mm}^2$

2.2. ACCIAIO D'ARMATURA PER C.A.

Acciaio in barre ad aderenza migliorata B450C

- Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica di rottura $f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
- Tensione limite in esercizio per combinazione rara $\sigma_s < 0,80 \times f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2$
- Modulo di elasticità $E_s = 200.000 \text{ N/mm}^2$

2.3. ACCIAIO DA CARPENTERIA COMPRESO ACCIAIO COR-TEN

Si assume un acciaio classificato (tab. 11.3.IX) avente le seguenti caratteristiche:

- Modulo elastico $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$;
- Coefficiente di Poisson $\nu = 0,3$;
- Coefficiente di espansione termica lineare $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$;
- Densità $\rho = 7.850 \text{ kg/m}^3$;
- Resistenza caratteristica di snervamento $f_{yk} = 355 \text{ N/mm}^2$;
- Resistenza caratteristica di rottura $f_{tk} = 510 \text{ N/mm}^2$.

3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

I dati del terreno sono estrapolati dalla Relazione geologica realizzata dal Dott. Geol. Umberto Stefanel.

Viene proposta una caratterizzazione geotecnica di massima e cautelativa per le tipologie di depositi individuate dalla cartografia geologica di progetto ed interessate a vario titolo dagli interventi in progetto, demandando ad approfondimenti litostratigrafici e/o geotecnici puntuali per la realizzazione delle opere.

Per gli interventi con implicazioni di carattere geotecnico sono stati individuati dei parametri geotecnici su base bibliografica.

Si sono stabiliti i seguenti parametri geotecnici medi cautelativi per ciascun intervento:

3.1. PASSERELLA SUL FIUME AUSA IN CERVIGNANO DEL FRIULI

Per l'attraversamento del Fiume AUSA in Comune di Cervignano del Friuli (UD) è prevista la realizzazione di una passerella (L=30 metri).

Litologia: Nell'area affiora la "Sub-Unità di Aquileia" (Post LGM-IV-V Sec. D.C.) GRA1 costituita da sedimenti di pertinenza del "Megafan" del Torre essenzialmente sabbioso limosi e sabbioso ghiaiosi, rimaneggiati dal Fiume AUSA.

Nel sottosuolo prevalgono alluvioni limose, argillose e sabbiose, con livelli e lenti sabbioso ghiaiose; l'assetto litostratigrafico di tale porzione di Bassa Pianura alluvionale risulta assai variabile sia verticalmente che orizzontalmente per la presenza di livelli a varia associazione granulometrica che si sostituiscono e sovrappongono.

Come risulta da alcuni sondaggi e pozzi prevalgono nel sottosuolo limi e argille (0.0-10.0 metri) a cui seguono sabbie con limi e argille; a partire da profondità maggiore di 20-25 metri sono presenti ghiaie (1° acquifero pressurizzato).

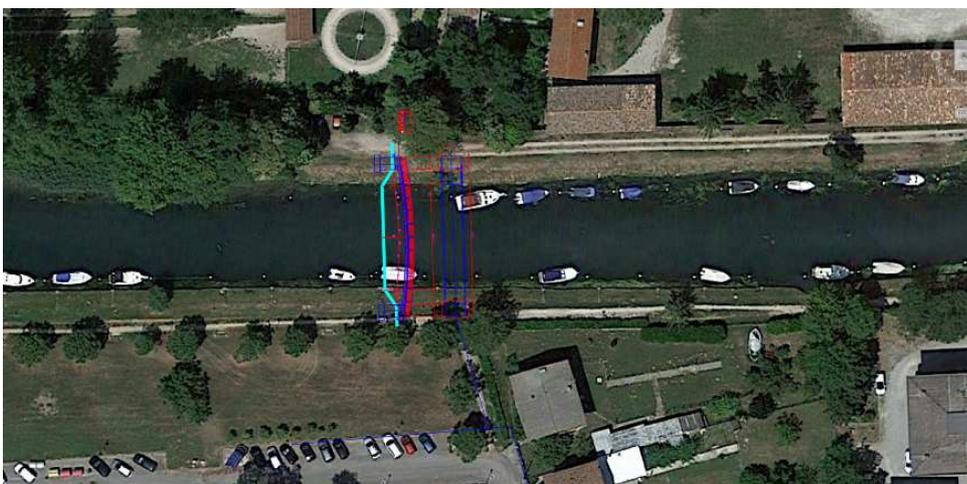
Idrogeologia: Nella zona è presente una falda superficiale; seguono acquiferi in pressione.

Categoria di Suolo: La prevalenza di terreni fini sabbioso limosi e livelli ghiaiosi sciolti permette, in prima analisi, di classificare il sito nella Categoria di **Suolo C**.

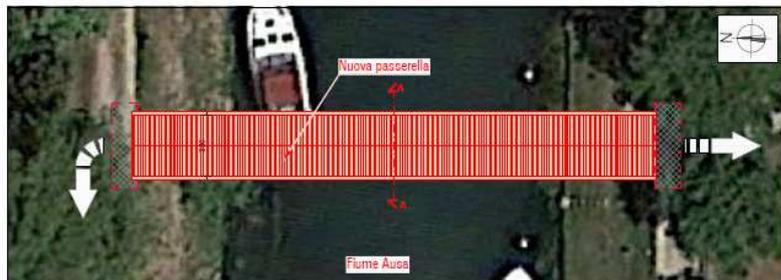
Categoria Topografica: T1.

Indagini geognostiche, geotecniche e sismiche da effettuare per il Progetto Esecutivo: Si ritengono necessarie le seguenti indagini geognostiche minime:

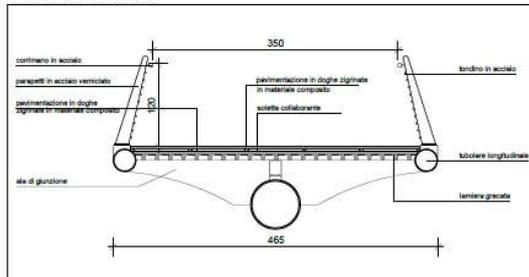
1. n°2 sondaggi a carotaggio continuo con prove SPT in avanzamento (n° 1 sondaggio per spalla) sino a 25-30 metri.
2. Indagine sismica per definizione Vs30 (n° 2 MASW).



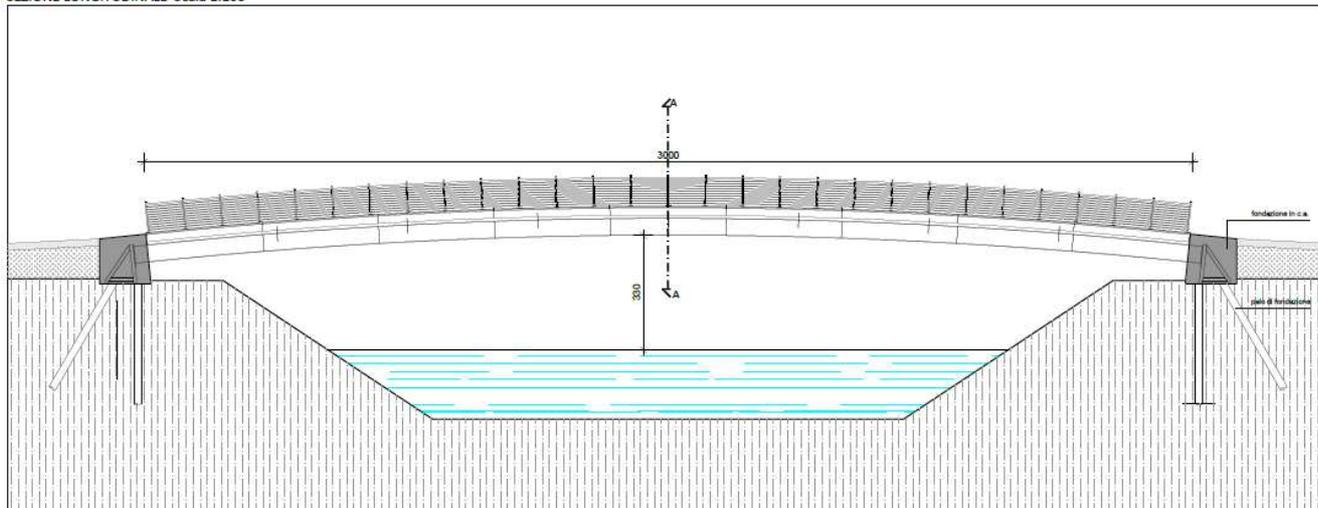
PLANIMETRIA Scala 1:200



SEZIONE A-A Scala 1:50



SEZIONE LONGITUDINALE Scala 1:100



Verifiche da effettuare per il Progetto Esecutivo

- Verifica della stabilità interna: metodo geometrico (Eulero)
- Verifica della capacità portante della sezione associata

3.2. SOTTOPASSO FERROVIARIO E STRADALE IN CERVIGNANO DEL FRIULI

Per l'attraversamento della linea ferroviaria e della Strada Statale n° 14 è prevista la realizzazione di un sottopasso ciclabile.

Litologia: Nell' area affiora la "Sub-Unità di Canodusso" (Pleistocene Sup.) SPB3 ovvero un lembo di pianura pleistocenica costituita da sedimenti sabbiosi e limosi con intercalati livelli ghiaiosi e argillosi.

Nel sottosuolo prevalgono alluvioni sabbiose, limose e argillose, con livelli e lenti sabbioso ghiaiose; l'assetto litostratigrafico di tale porzione di Bassa Pianura alluvionale risulta assai variabile sia verticalmente che orizzontalmente per la presenza di livelli a varia associazione granulometrica che si sostituiscono e sovrappongono.

Come risulta da alcuni sondaggi e pozzi prevalgono nel sottosuolo limi e argille (0.0-4.0 metri) a cui seguono sabbie e sabbie ghiaiose con livelli di limi e argille; a partire da profondità maggiore di 20 metri sono presenti ghiaie (1° acquifero pressurizzato).

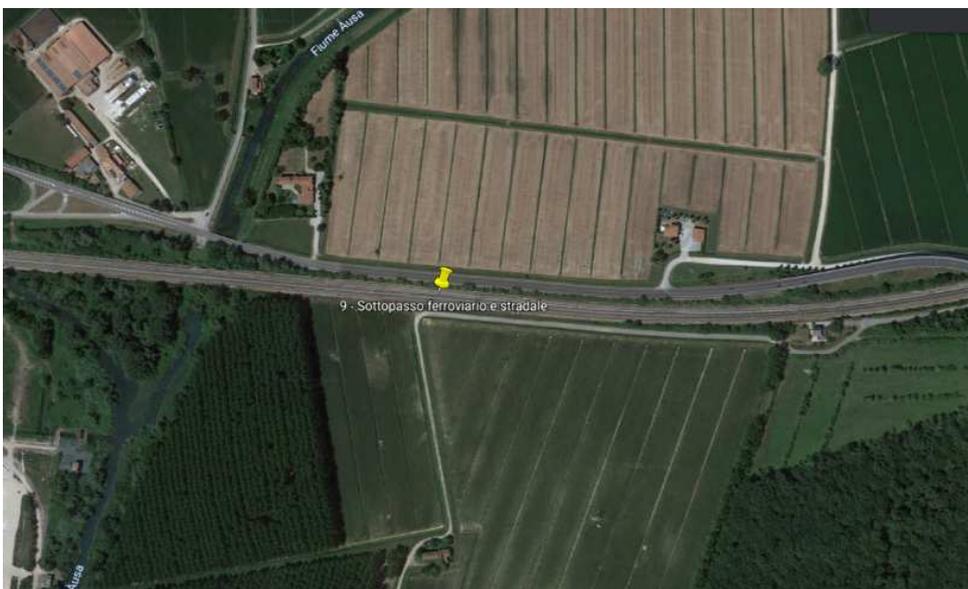
Idrogeologia: Nella zona è presente una falda superficiale; seguono acquiferi in pressione.

Categoria di Suolo: La prevalenza di terreni fini sabbioso limosi e livelli ghiaiosi sciolti permette, in prima analisi, di classificare il sito nella Categoria di **Suolo C**.

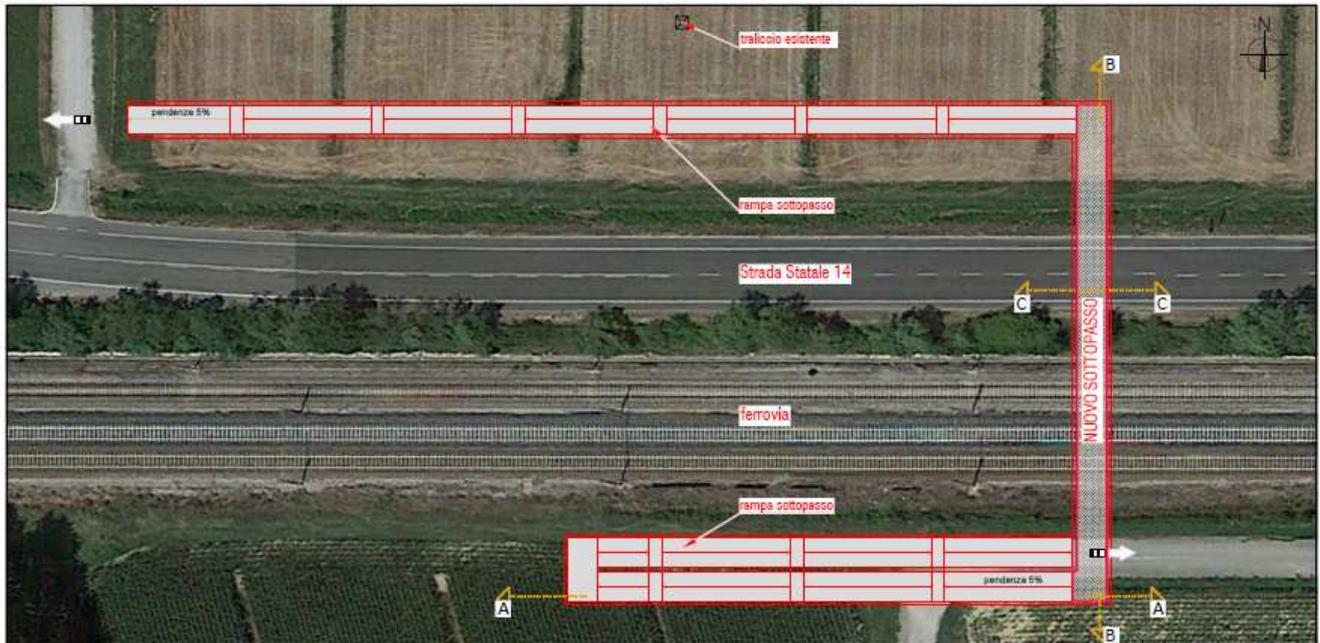
Categoria Topografica: T1.

Indagini geognostiche, geotecniche e sismiche da effettuare per il Progetto Esecutivo: Si ritengono necessarie le seguenti indagini geognostiche minime:

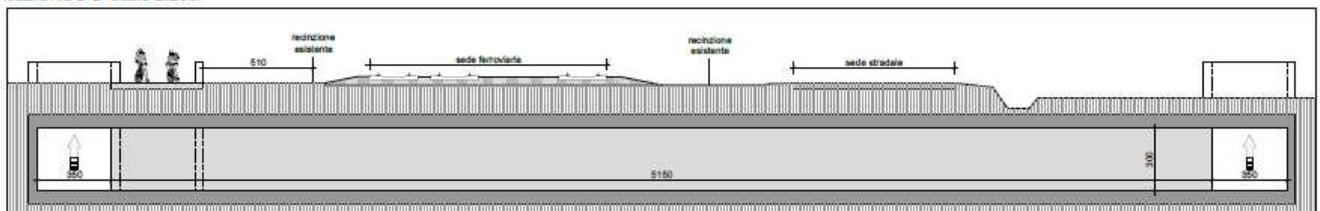
1. n° 2 sondaggi a carotaggio continuo con prove SPT in avanzamento (n° 1 sondaggio per imbocco) sino a 15-20 metri con piezometri monitoraggio falda superficiale e profonda.
2. Indagine sismica per definizione Vs30 (n° 2 MASW)



PLANIMETRIA Scala 1:500



SEZIONE B-B Scala 1:200



Verifiche da effettuare per il Progetto Esecutivo

- Verifica della stabilità interna: metodo geometrico (Eulero)
- Verifica della capacità portante della sezione associata

3.3. ATTRAVERSAMENTO CANALE DELLE CORNUZZE

Per l'attraversamento del Canale delle Cornuzze che si immette nel Fiume Stella in Comune di Precenicco (UD) è prevista la realizzazione di una passerella (L=15 metri) in affiancamento alla S.P. n° 56.

Litologia: Nell' area affiora la "Sub-Unità di Remanzacco" (Pleistocene sup.), lembo di pianura pleistocenica SPB4, costituita da sedimenti di pertinenza del "Megafan" del Tagliamento essenzialmente sabbioso limosi, limitata a Sud dalla bassura di risorgiva ("Unità di Palazzolo" PAL Post LGM-Attuale) formata da terreni vari, spesso organici con argille e torbe.

Ad Ovest è presente l'"Unità di Canodusso".

Nel sottosuolo prevalgono alluvioni limoso argillose e sabbiose; l'assetto litostratigrafico di tale porzione di Bassa Pianura alluvionale risulta assai variabile sia verticalmente che orizzontalmente per la presenza di livelli a varia associazione

granulometrica che si sostituiscono e sovrappongono.

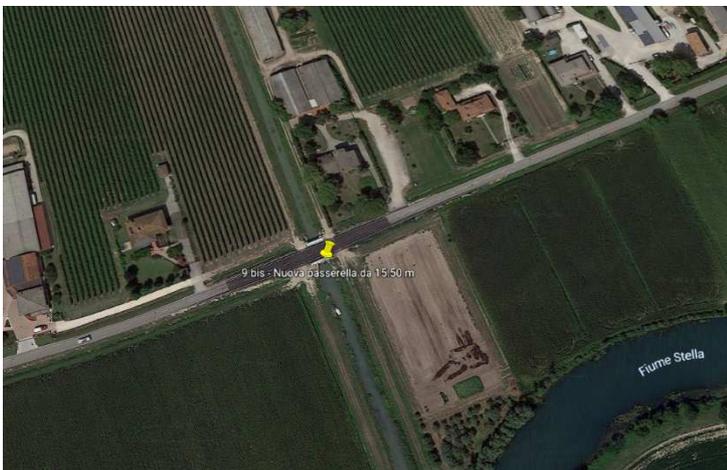
Idrogeologia: Nella zona è presente una falda superficiale; seguono acquiferi in pressione.

Categoria di Suolo: La prevalenza di terreni fini sabbioso limosi e livelli ghiaiosi sciolti permette, in prima analisi, di classificare il sito nella Categoria di **Suolo C**.

Categoria Topografica: T1.

Indagini geognostiche, geotecniche e sismiche da effettuare per il Progetto Esecutivo: Si ritengono necessarie le seguenti indagini geognostiche minime:

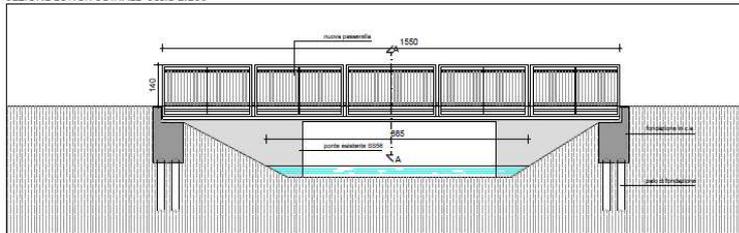
1. n° 2 Prove penetrometriche CPTU sulle spalle spinte sino a 15-20 metri.
2. Indagine sismica per definizione Vs30



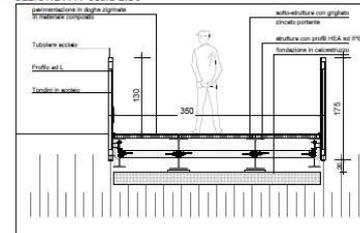
PLANIMETRIA Scala 1:200



SEZIONE LONGITUDINALE Scala 1:100



SEZIONE A-A Scala 1:50



3.4. PASSERELLA SUL CANALE ACQUABONA LA AGHE BUINE IN PRECENICCO

Per l'attraversamento del Canale Acquabona che si immette nel Fiume Stella in Comune di Precenico (UD) è prevista la realizzazione di una passerella (L=28 metri) in affiancamento alla S.P. n° 56.

Litologia: Nell' area affiora la "Sub-Unità di Latisana" (Olocene, IV/V Secolo D.C. - Attuale) GRA4 costituita da sedimenti di pertinenza del "Megafan" del Tagliamento essenzialmente sabbioso limosi, limitata ad Est dalla bassura di risorgiva ("Unità di Palazzolo" PAL Post LGM-Attuale) formata da terreni vari, spesso organici con argille e torbe.

Ad Ovest è presente un dosso sabbioso appartenente alla "Sub-Unità di Remanzacco" (Pleistocene Sup.) SPB4.

Nel sottosuolo prevalgono alluvioni limoso argillose e sabbiose; l'assetto litostratigrafico di tale porzione di Bassa Pianura alluvionale risulta assai variabile sia verticalmente che orizzontalmente per la presenza di livelli a varia associazione granulometrica che si sostituiscono e sovrappongono.

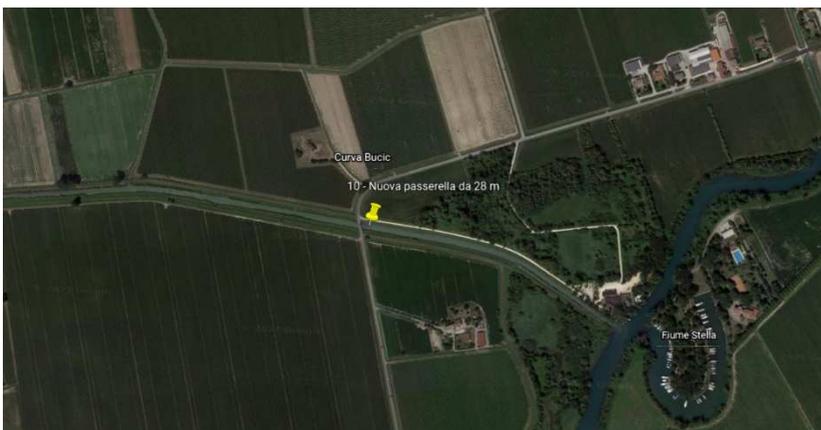
Idrogeologia: Nella zona è presente una falda superficiale; seguono acquiferi in pressione.

Categoria di Suolo: La prevalenza di terreni fini sabbioso limosi e livelli ghiaiosi sciolti permette, in prima analisi, di classificare il sito nella Categoria di **Suolo C**.

Categoria Topografica: T1.

Indagini geognostiche, geotecniche e sismiche da effettuare per il Progetto Esecutivo: Si ritengono necessarie le seguenti indagini geognostiche minime:

1. n° 2 Prove penetrometriche CPTU sulle spalle spinte sino a 15-20 metri.
2. Indagine sismica per definizione Vs30 (n° 2 MASW)

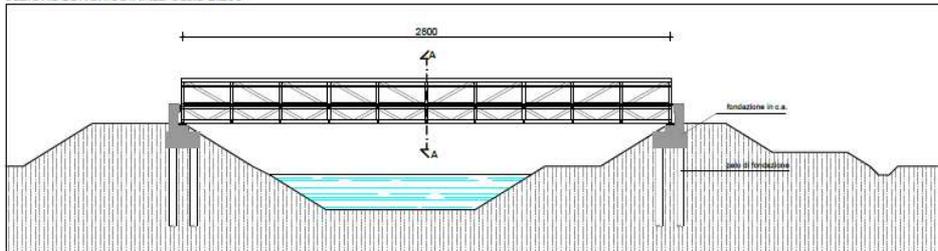




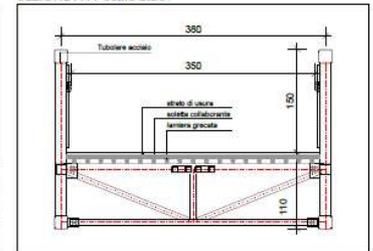
PLANIMETRIA Scala 1:200



SEZIONE LONGITUDINALE Scala 1:200



SEZIONE A-A Scala 1:50



Verifiche da effettuare per il Progetto Esecutivo

- Verifica della stabilità interna: metodo geometrico (Eulero)
- Verifica della capacità portante della sezione associata
- Verifica fondazioni speciali

3.5. *PASSERELLA SUL FIUME TAGLIAMENTO IN LIGNANO SABBIADORO E SAN MICHELE AL TAGLIAMENTO*

Per l'attraversamento del Fiume Tagliamento ed il collegamento con la ciclovia Regione Veneto è prevista la realizzazione di una passerella (L=304 metri).

Litologia: Nell' area affiora la "Sub-Unità di Latisana" (Olocene, IV/V Secolo D.C. - Attuale) GRA4 costituita da sedimenti di pertinenza del "Megafan" del Tagliamento essenzialmente sabbioso limosi, limitata ad Est dall' "Unità di Grado" (8000 B.P. – Attuale) GRA formata da terreni argilloso limosi, talora organici.

Nel sottosuolo prevalgono alluvioni limoso argillose e sabbiose; l'assetto litostratigrafico di tale porzione di Bassa Pianura alluvionale risulta assai variabile sia verticalmente che orizzontalmente per la presenza di livelli a varia associazione granulometrica che si sostituiscono e sovrappongono.

Come risulta da alcuni sondaggi prevalgono nel sottosuolo limi e argille a tratti con livelli sabbiosi e anche torba (0.0-10.0 metri) a cui seguono sabbie con livelli di limi e argille.

Idrogeologia: Nella zona è presente una falda superficiale con oscillazioni legate al regime idraulico del Tagliamento.

Categoria di Suolo: La prevalenza di terreni fini sabbioso limosi e livelli ghiaiosi sciolti permette, in prima analisi, di classificare il sito nella Categoria di **Suolo C**.

Categoria Topografica: T1.

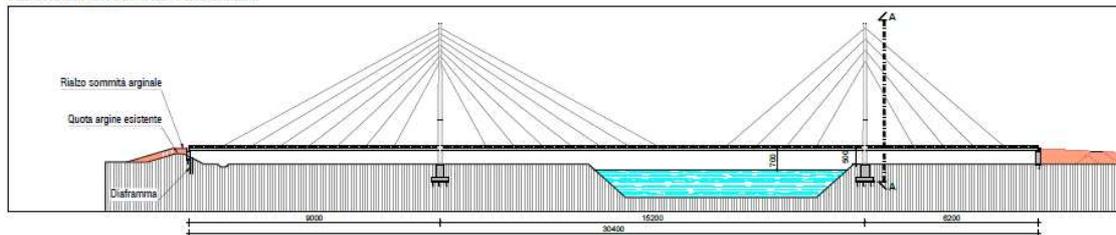
Indagini geognostiche, geotecniche e sismiche da effettuare per il Progetto Esecutivo: Si ritengono necessarie le seguenti indagini geognostiche minime:

1. n° 2 sondaggi a carotaggio continuo con prove SPT in avanzamento (n° 1 sondaggio per spalla) sino a 30 metri.
2. n° 2 Prove penetrometriche CPTU sulle spalle spinte sino a 20-30 metri
3. Indagine sismica per definizione Vs30 (n° 2 MASW)

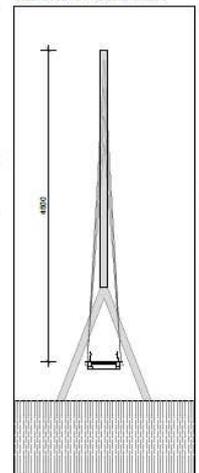
PLANIMETRIA Scala 1:1.250



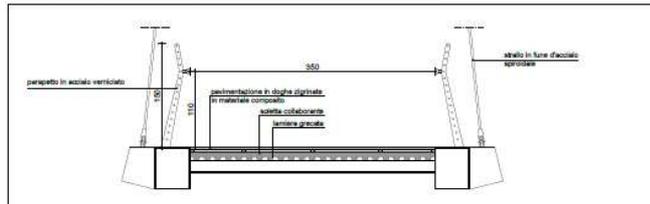
SEZIONE LONGITUDINALE Scala 1:1.250



SEZIONE A-A Scala 1:500



PARTICOLARE SEZIONE TRASVERSALE DELLA PASSERELLA Scala 1:50



Verifiche da effettuare per il Progetto Esecutivo

- Verifica della stabilità interna: metodo geometrico (Eulero)
- Verifica della capacità portante della sezione associata

4. CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono state effettuate nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica Economica le principali indicazioni geotecniche per i "Lavori della ciclovia turistica Trieste – Lignano Sabbiadoro – Venezia (denominata a fini promozionali ciclovia delle lagune) per la parte ricadente nel territorio della regione autonoma Friuli Venezia Giulia. Sono stati descritti i materiali impiegati, citata la normativa di riferimento per il calcolo, fornita una indicazione sulle fondazioni da impiegare e sulle verifiche da effettuare nelle successive fasi della progettazione.

Trento, agosto 2021

il Progettista Geotecnico
Dott. Ing. Antonio Licini