



FRIULI VENEZIA GIULIA  
**STRAD** SPA

DA 24-2018 / II - S.S. 52 "Carnica"

LAVORI DI RICOSTRUZIONE DEL PONTE SUL FIUME FELLA NEI COMUNI DI AMARO E VENZONE  
DAL km 0+800 AL km 1+190 CIRCA

## PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO - ECONOMICA

**PROGETTAZIONE GENERALE e COORDINAMENTO :**

dott. ing. Luca Vittori  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Gorizia - posizione n° 446/A

**PROGETTAZIONE STRUTTURALE:**

E2B S.r.l. - Via Fornace Morandi n.24 Padova  
dott. ing. Alessandro Contin - Ordine degli Ingegneri della Provincia di Padova - posizione n° 3325/A

**GEOLOGIA:**

dott. geol. Umberto Stefanel - Ordine dei Geologi della Regione FVG - posizione n° 193/A  
dott. geol. Massimo Valent - Ordine dei Geologi della Regione FVG - posizione n° 289/A

**COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:**

dott. ing. Fabrizio Cancian  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Pordenone posizione n° 940/A

**IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO e DIRETTORE GENERALE :**

dott. ing. Sandro Didonè  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Trento - posizione n° 1191/A

NOME ELABORATO:

### Relazione geologica ed indagini geognostiche

CUP:

PROGETTO AX: AX000639

CODICE LAVORO: DA 24-2018 / II

CODIFICA:

639FELPFB1R02

NUMERO ELABORATO:

R.02

REVISIONE:

A

SCALA:

A

EMISSIONE

SET 2021

LV

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO



WWW.INDAGINIGEOLOGICHE.IT

**REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA**

**PROVINCIA DI UDINE**

**COMUNE DI VENZONE**

**S.S.52 "CARNICA" NEI COMUNI DI AMARO E DI VENZONE (UD)  
LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DELLE  
SPALLE, PILE E DELL'IMPALCATO DEL PONTE SUL FIUME  
FELLA IN COMUNE DI AMARO DAL KM. 0+800 CIRCA AL KM.  
1+190 CIRCA. - SECONDO LOTTO RELAZIONE GEOLOGICA,  
INDAGINI GEOGNOSTICHE E ANALISI TERRE E ROCCE DA  
SCAVO – VARIANTE PRGC**



**RESP.ELABORATO**

**DOTT.GEOLOGO MASSIMO VALENT**

**DOTT.GEOLOGO UMBERTO STEFANEL**

**RELAZIONE GEOLOGICA PRELIMINARE**

**COMMITTENTE:**



**DATA:**

**OTTOBRE 2021**

## INDICE

<b>1.</b>	<b>DATI GENERALI</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>COROGRAFIA</b>	<b>4</b>
<b>4.</b>	<b>CONFRONTO STORICO</b>	<b>8</b>
<b>5.</b>	<b>PREMESSA E ANALISI DEI VINCOLI</b>	<b>12</b>
<b>6.</b>	<b>INQUADRAMENTO URBANISTICO E VINCOLI</b>	<b>14</b>
<b>7.</b>	<b>EVOLUZIONE MORFOLOGICA D'ALVEO</b>	<b>17</b>
<b>8.</b>	<b>VALUTAZIONE TRASPORTO SOLIDO</b>	<b>23</b>
8.1	<i>Litologia</i>	29
8.2	<i>Uso del suolo</i>	31
8.3	<i>Dissesti</i>	31
8.4	<i>Stima della produzione solida</i>	35
<b>9.</b>	<b>CARATTERISTICHE GEOLOGICHE</b>	<b>39</b>
<b>10.</b>	<b>IDROGEOLOGIA</b>	<b>53</b>
<b>11.</b>	<b>SISMICITA</b>	<b>54</b>
<b>12.</b>	<b>VARIANTE AL PRGC</b>	<b>72</b>
<b>13.</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>76</b>
<b>14.</b>	<b>ALLEGATI</b>	<b>79</b>

## 1. DATI GENERALI

<b>REGIONE</b>	FRIULI-VENEZIA GIULIA
<b>PROVINCIA</b>	UDINE
<b>COMUNE</b>	AAMRO E VENZONE
<b>LOCALITA'</b>	PONTE FELLA – S.S.52 CARNICA
<b>PROGETTO</b>	<p><b>S.S.52 “CARNICA” NEI COMUNI DI AMARO E DI VENZONE (UD) LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DELLE SPALLE, PILE E DELL’IMPALCATO DEL PONTE SUL FIUME FELLA IN COMUNE DI AMARO DAL KM. 0+800 CIRCA AL KM. 1+190 CIRCA. - SECONDO LOTTO RELAZIONE GEOLOGICA, INDAGINI GEOGNOSTICHE E ANALISI TERRE E ROCCE DA SCAVO</b></p> <p><b>PROGETTO DI FATTIBILITA’ TECNICO-ECONOMICA</b></p>
<b>COMMITTENTE</b>	FRIULI VENEZIA GIULIA STRADE SPA
<b>CONTENUTI</b>	RELAZIONE GEOLOGICA PRELIMIANRE
<b>DATA</b>	2021

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI

- **D.M. LL.PP. del 14/02/1992.**

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

-

- **Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.**

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

**Con particolare riferimento a:**

- **D.M. 11/3/88;** Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- **Nuove norme tecniche per le costruzioni – D.M. 14/01/2008**
- **Circolare 2 febbraio 2009 n°617/C.S.LL.PP.**
- **Aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni – D.M. 17/01/2018 – Gazzetta Ufficiale supplemento ordinario n° 8 del 20/02/2018.**





Figura 1 – Ubicazione del sito in esame – Regione FVG

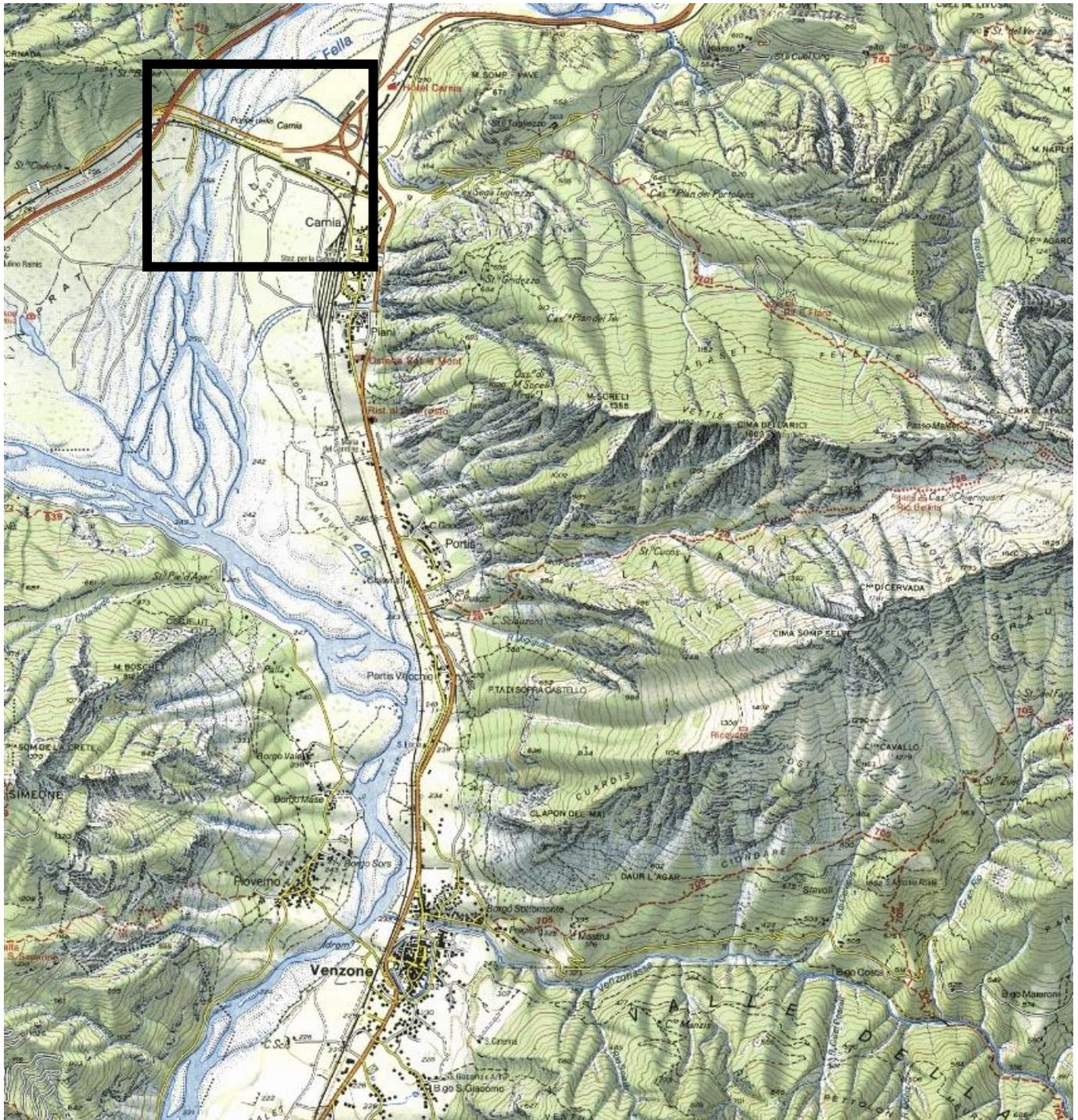


Figura 2 – Inquadramento sito in esame su Carta Tabacco 1:25.000

<b>CONTESTO GEOMORFOLOGICO</b>	<b>AMBITO PERTINENZA FLUVIALE F. FELLA</b>
<b>EVOLUZIONE PERIODO 1960-2015</b>	<b>AMBITO FLUVIALE ANTROPIZZATO</b>

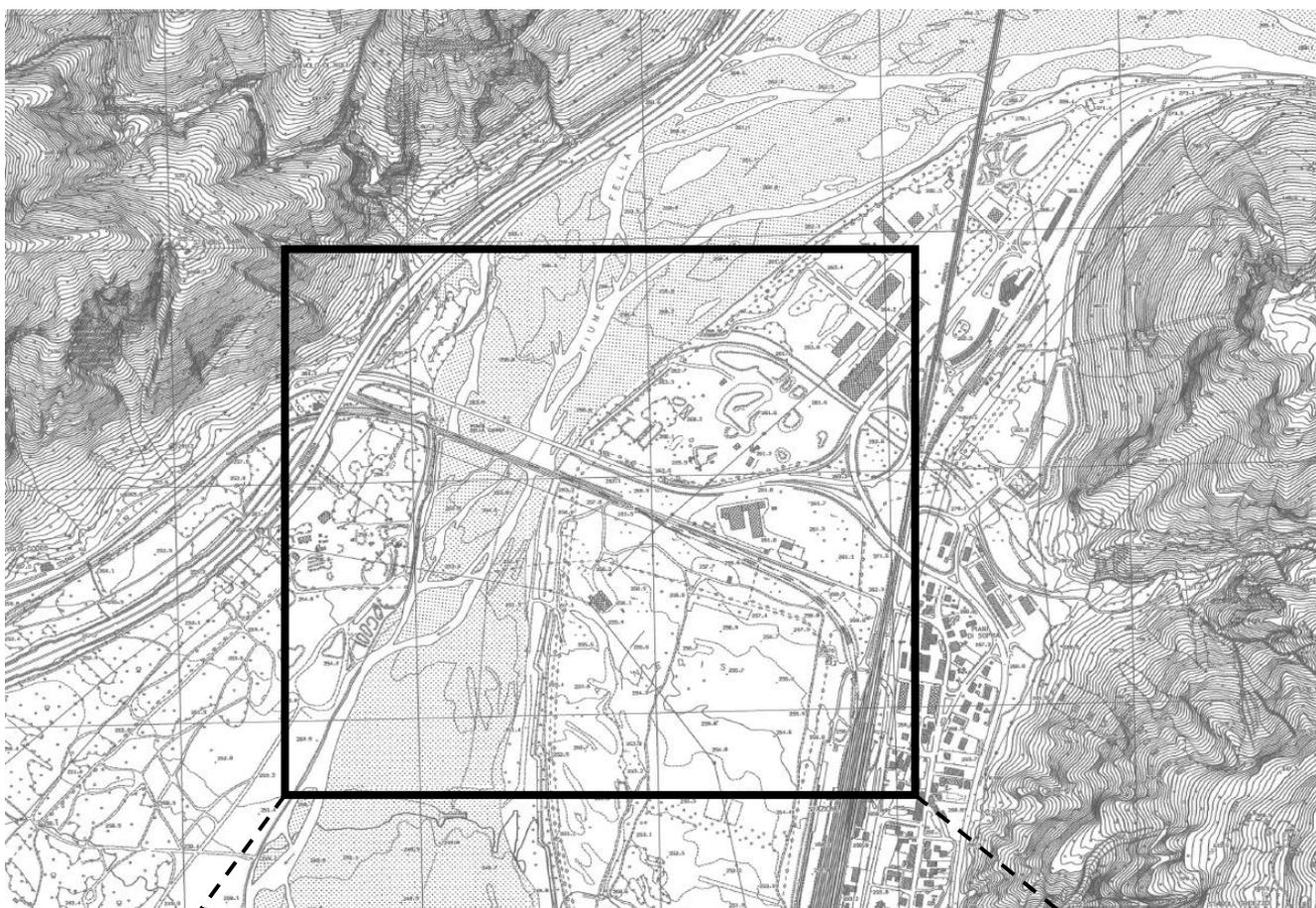
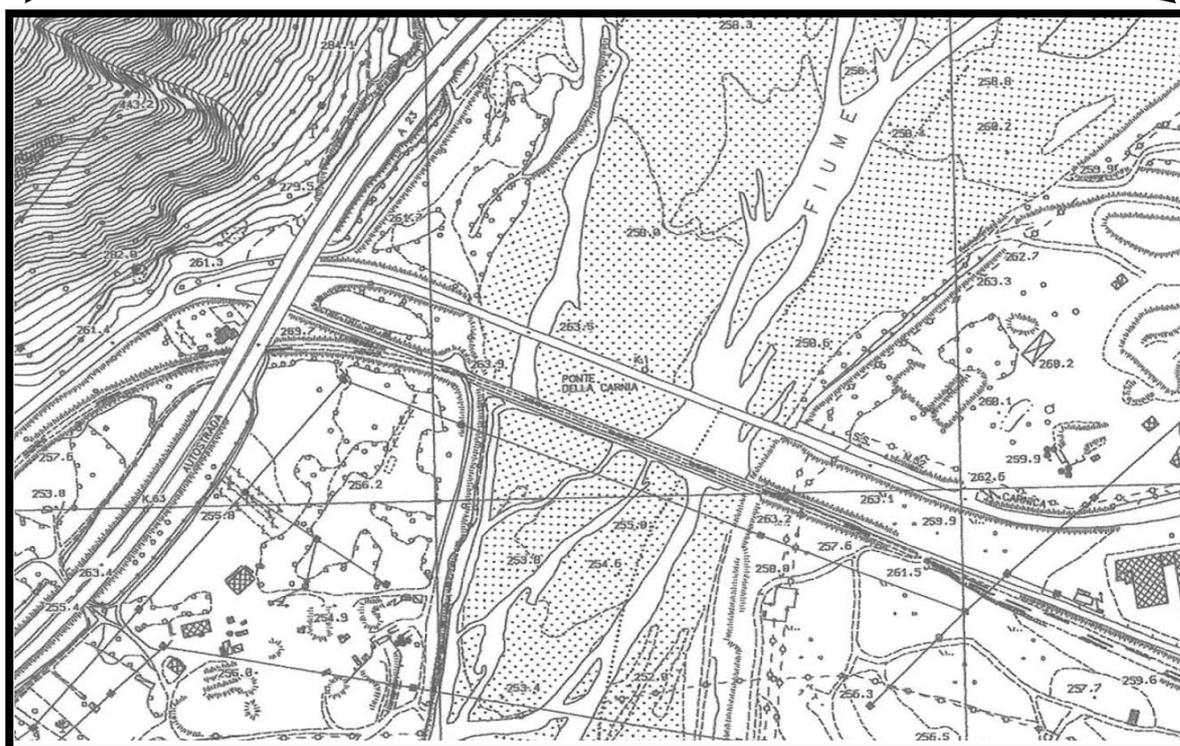


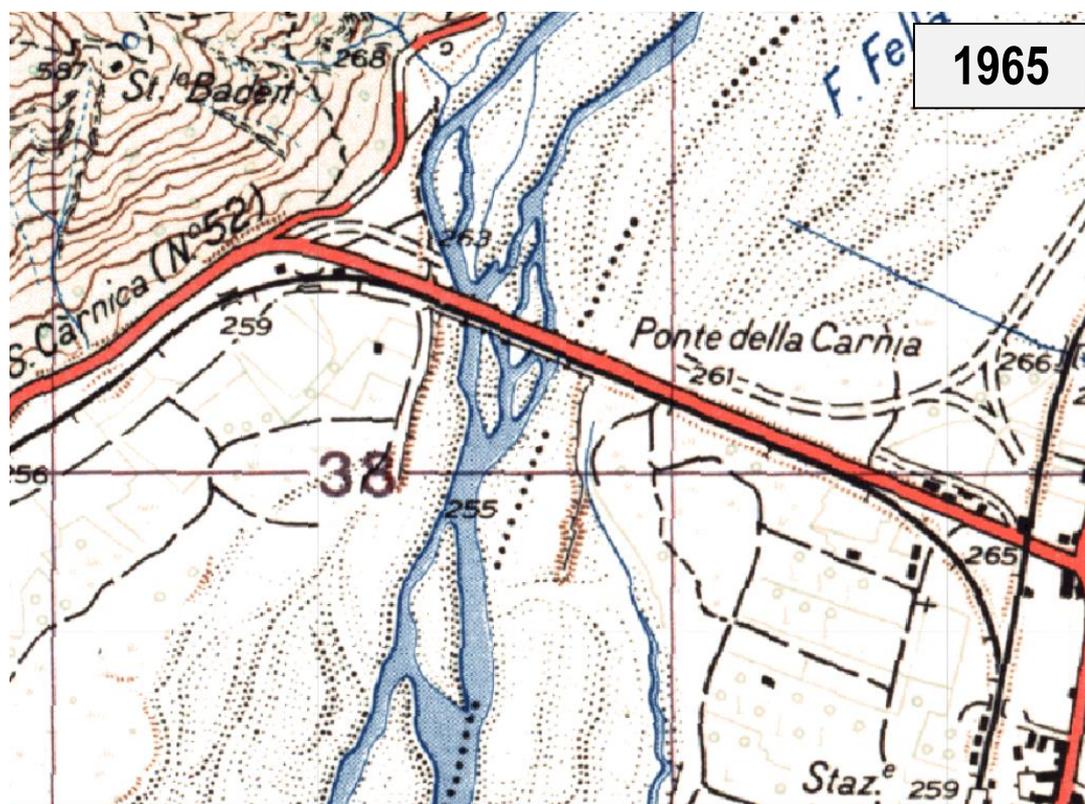
Figura 3 – Ubicazione del sito in esame su CTRN in scala 1:10.000 (non in scala) e su CTRN 1:5.000 (sotto – non in scala)



## 4. CONFRONTO STORICO



Figura 4 – Evoluzione del sito in esame dal 1805 al 1965



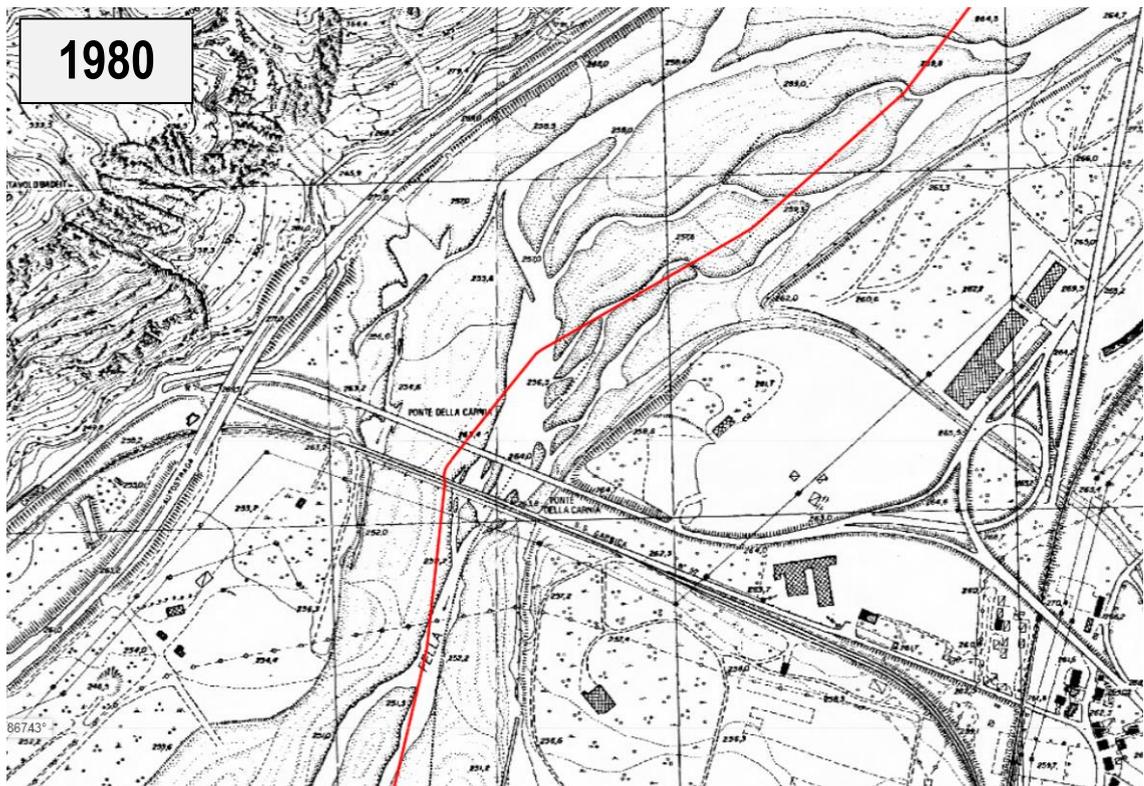


Figura 5 – Evoluzione del sito in esame CTRN dal 1980 al 2018

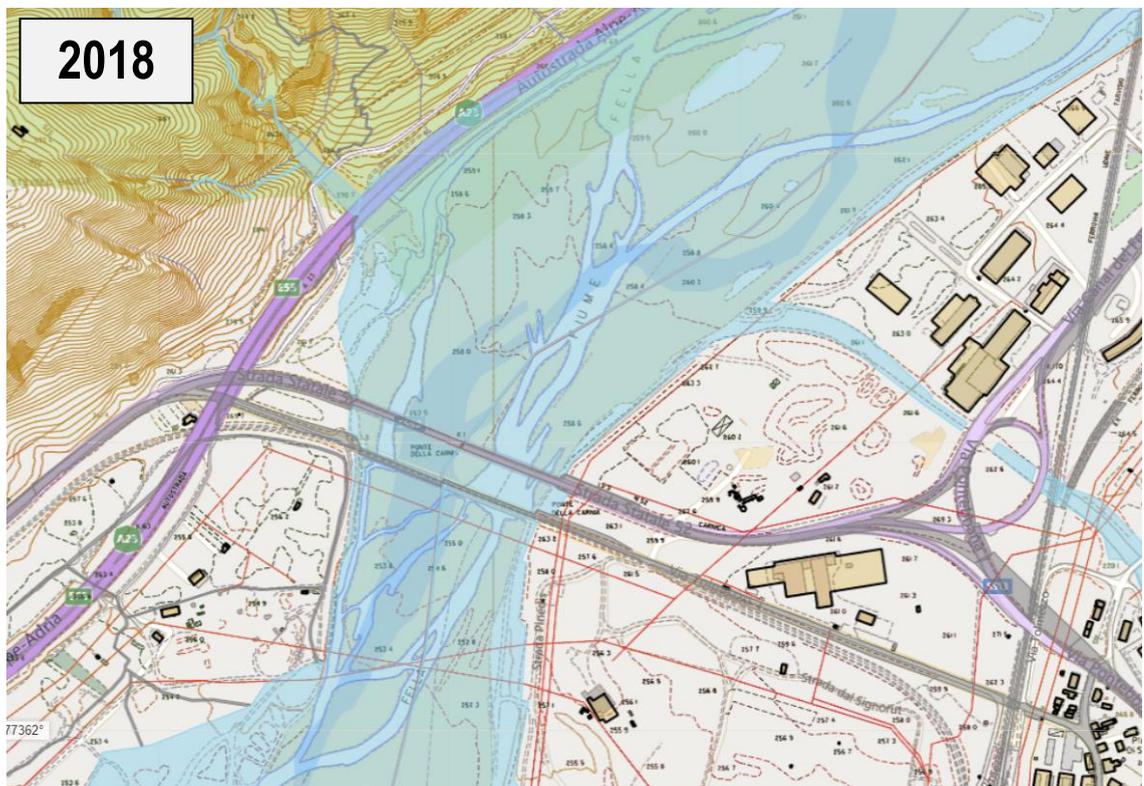




Figura 6 – Evoluzione del sito in esame – Ortofoto anno 2006 – anno 2018



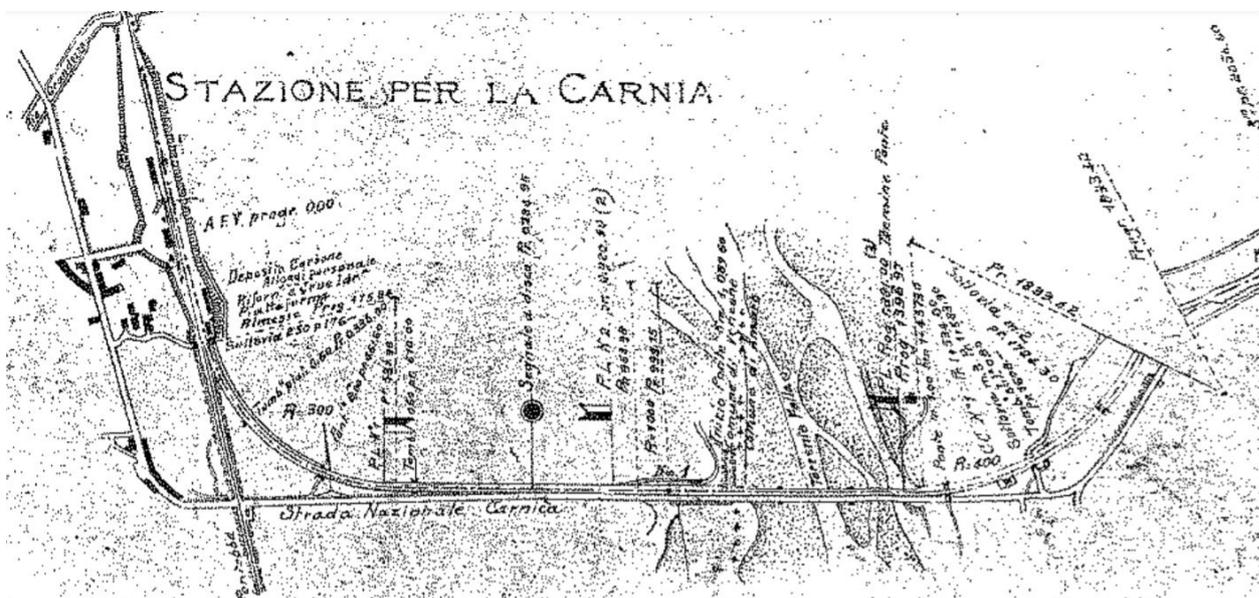


Figura 7 – Planimetria inizi 1900 con indicato il tracciato ferroviario Stazione Carnia – Tolmezzo – Sotto immagine attuale del Ponte Fella in esame



CONTESTO GEOMORFOLOGICO	AMBITO FLUVIALE – ALVEO ATTIVO
DINAMICA EVOLUTIVA	ALVEO SINUOSO BARRE ALTERNATE
PERICOLOSITA' GEOLOGICA	SISMICA – 3° CATEGORIA
PERICOLOSITA' IDRAULICA	AMBITO FLUVIALE ATTIVO

## 5. PREMESSA E ANALISI DEI VINCOLI

Su incarico di FVG Strade SpA, con contratto OA020775, prot. gen-gen-2021-36010-A del 05/08/2021, sono stati approfonditi gli aspetti geologico-tecnici PRELIMINARI per il Progetto “S.S.52 “Carnica” nei Comuni di Amaro e di Venzone (UD) Lavori urgenti di manutenzione straordinaria delle spalle, pile e dell’impalcato del ponte sul Fiume Fella in Comune di Amaro dal Km. 0+800 circa al Km. 1+190 circa”

<b>COORDINATE SITO ETRS89</b>	<b>46.381102, 13.123635</b>
<b>QUOTA MEDIA IMPALCATO</b>  <b>S.L.M.</b>	<b>263M</b>
<b>QUOTA MEDIA PIANO</b>  <b>GHIAIE S.L.M.</b>	<b>250M</b>
<b>COMUNI</b>	<b>VENZONE - AMRO</b>
<b>LOCALITA'</b>	<b>PONTE FELLA – S.S. 52 KM. 0+800 CIRCA AL KM. 1+190</b>
<b>PROGETTO</b>	<b>LAVORI URGENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DELLE SPALLE, PILE E DELL'IMPALCATO DEL PONTE SUL FIUME FELLA</b>
<b>ZONA SISMICA D.GR N°845 DEL 06/05/2010</b>	<b>1 - ALTA</b>
<b>PERICOLOSITA' DA PRG</b>	<b>IDRAULICA</b>
<b>AREALI P.A.I.</b>	<b>AMBITO FLUVIALE – ALVEO ATTIVO</b>

Il piano di lavoro geologico per l'acquisizione dei dati è stato disposto dalla Committenza al fine di caratterizzare il sedime di fondazione dell'opera che andrà a sostituire il manufatto esistente.

- Reperimento di informazioni di natura geologica da fonti bibliografiche, da colloqui con gli abitanti e con i tecnici dei Pubblici Uffici;
- Rilevamento geologico-tecnico in sito;
- Esecuzione di n°5 Sondaggi a carotaggio continuo;
- Esecuzione di stendimenti sismici tipo MASW;
- Prove granulometriche alveo Fella



**Figura 8** – Esecuzione indagini insito

## 6. INQUADRAMENTO URBANISTICO E VINCOLI

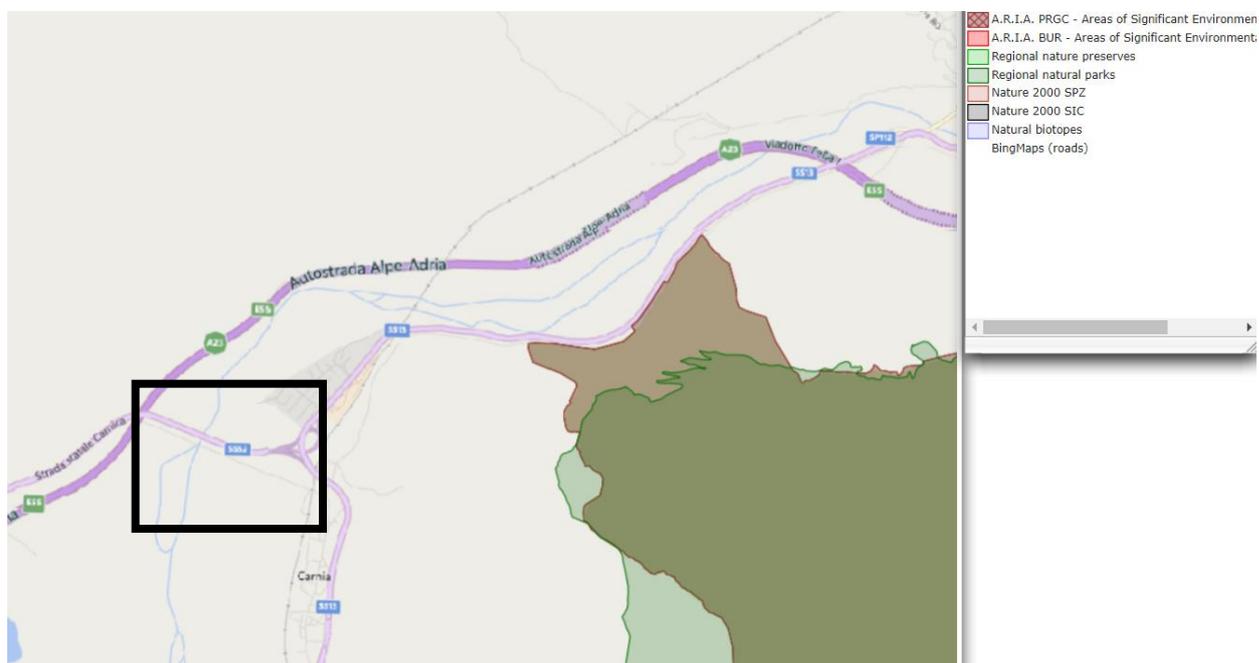


Figura 9 – Estratto Aree Naturali Tutelate Regione FVG

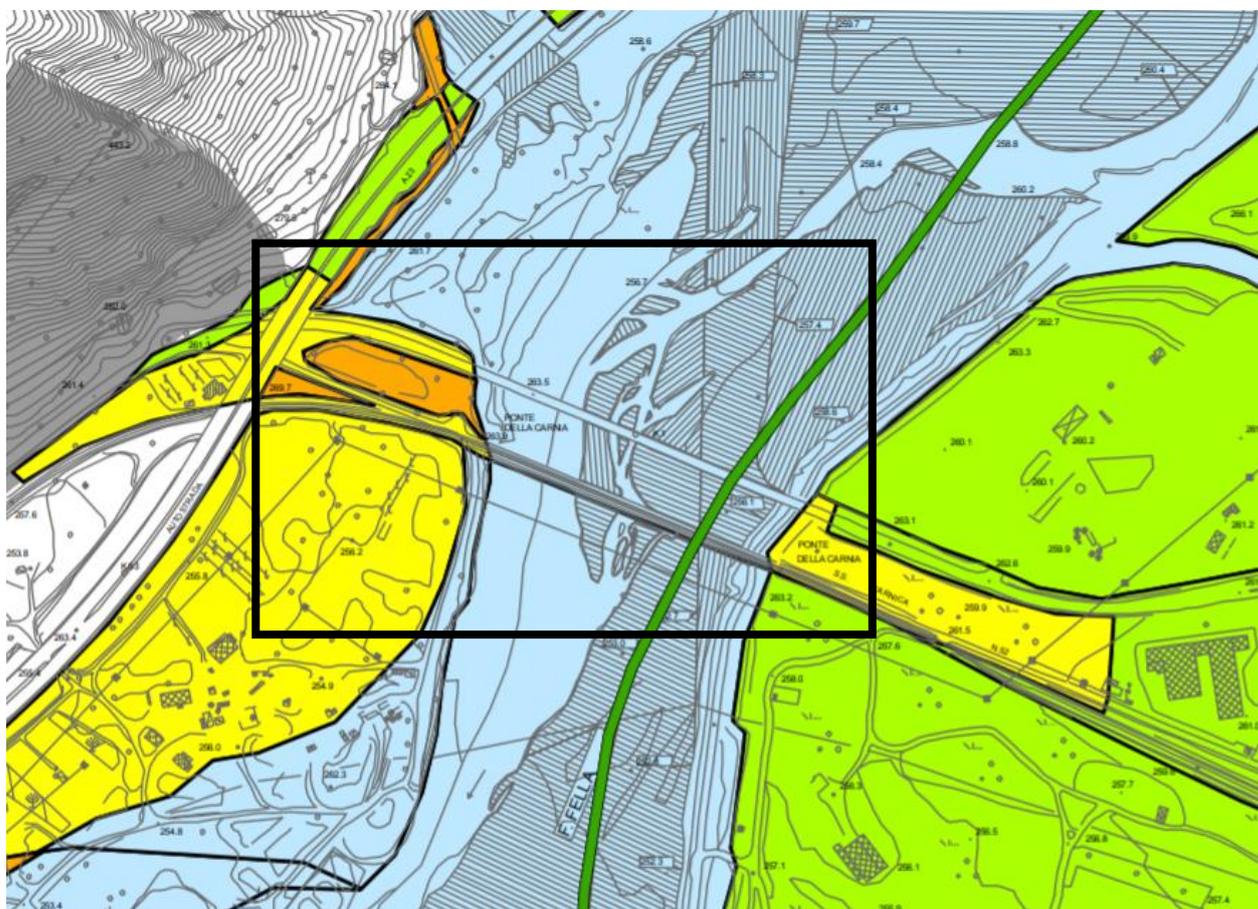


Figura 10 – Estratto Piano Assetto Idrogeologico – Pericolosità Idraulica

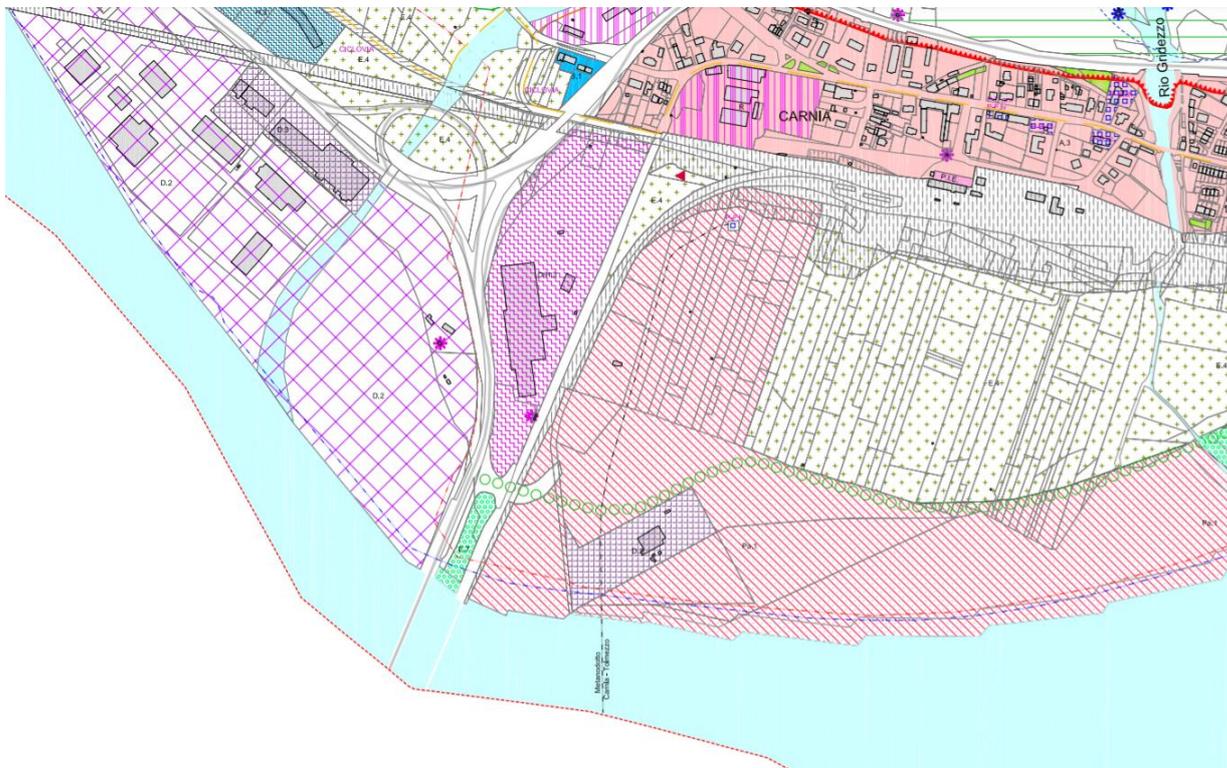


Figura 11 – Estratto PRG Venzone



Figura 12 – Estratto PRG Amaro

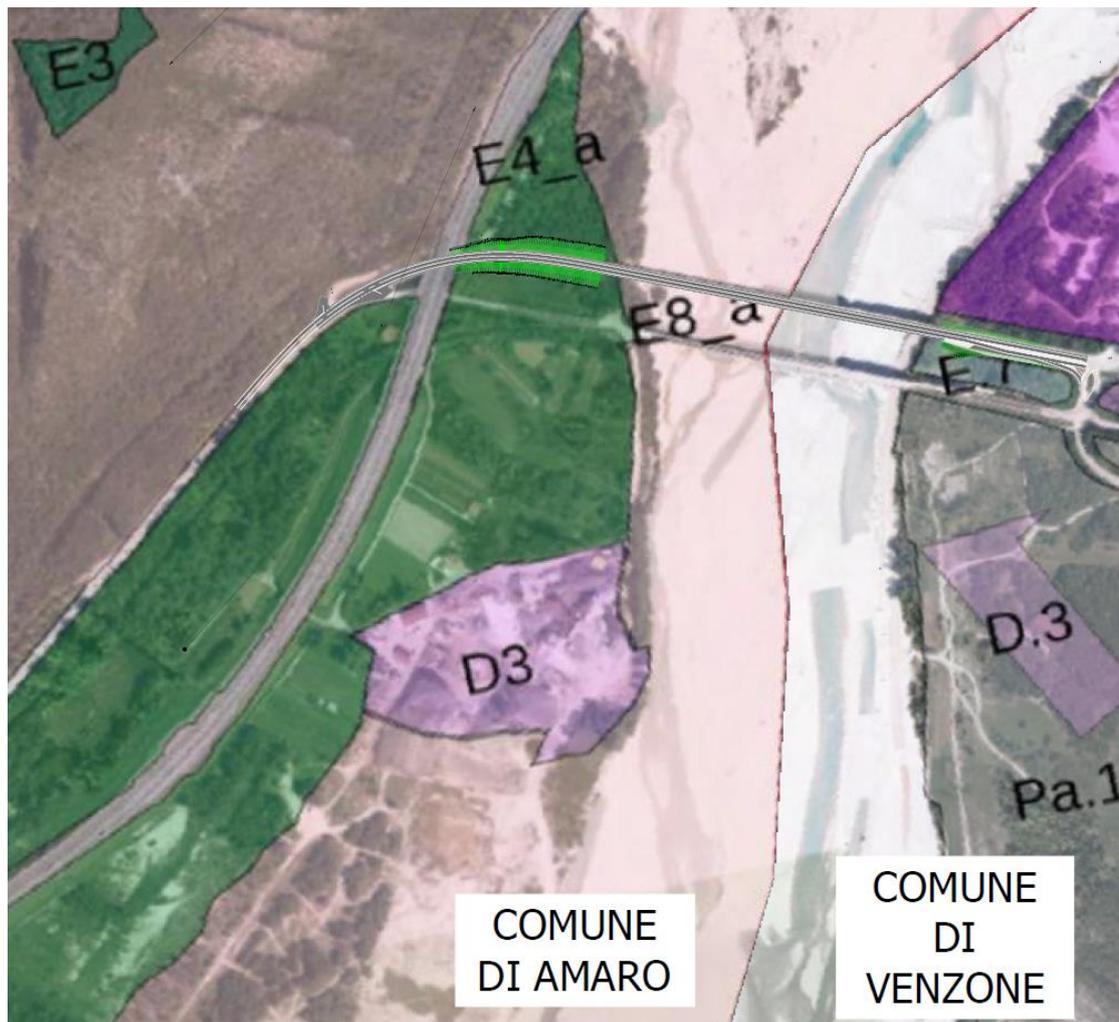
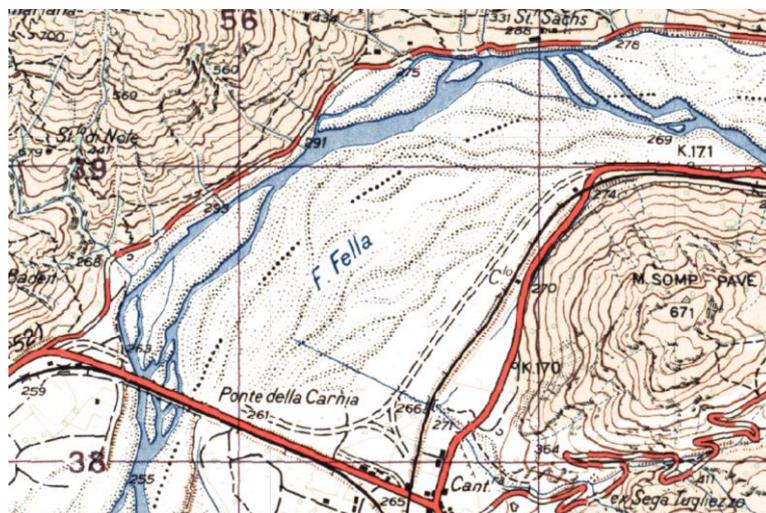


Figura 13 – Estratto Zonizzazione Urbanistica Ponte Fella – Progetto FTE

AMBITI URBANISTICI	E4A; E7; E8A
PERICOLOSITA' IDRAULICA SPALLA SX	P2 – P3
PERICOLOSITA' IDRAULICA SPALLA DX	P1 – P2
PERICOLOSITA' IDRAULICA ALVEO	AMBITO FLUVIALE ATTIVO

## 7. EVOLUZIONE MORFOLOGICA D'ALVEO



1965



2018

Figura 14 – Evoluzione tratto in esame

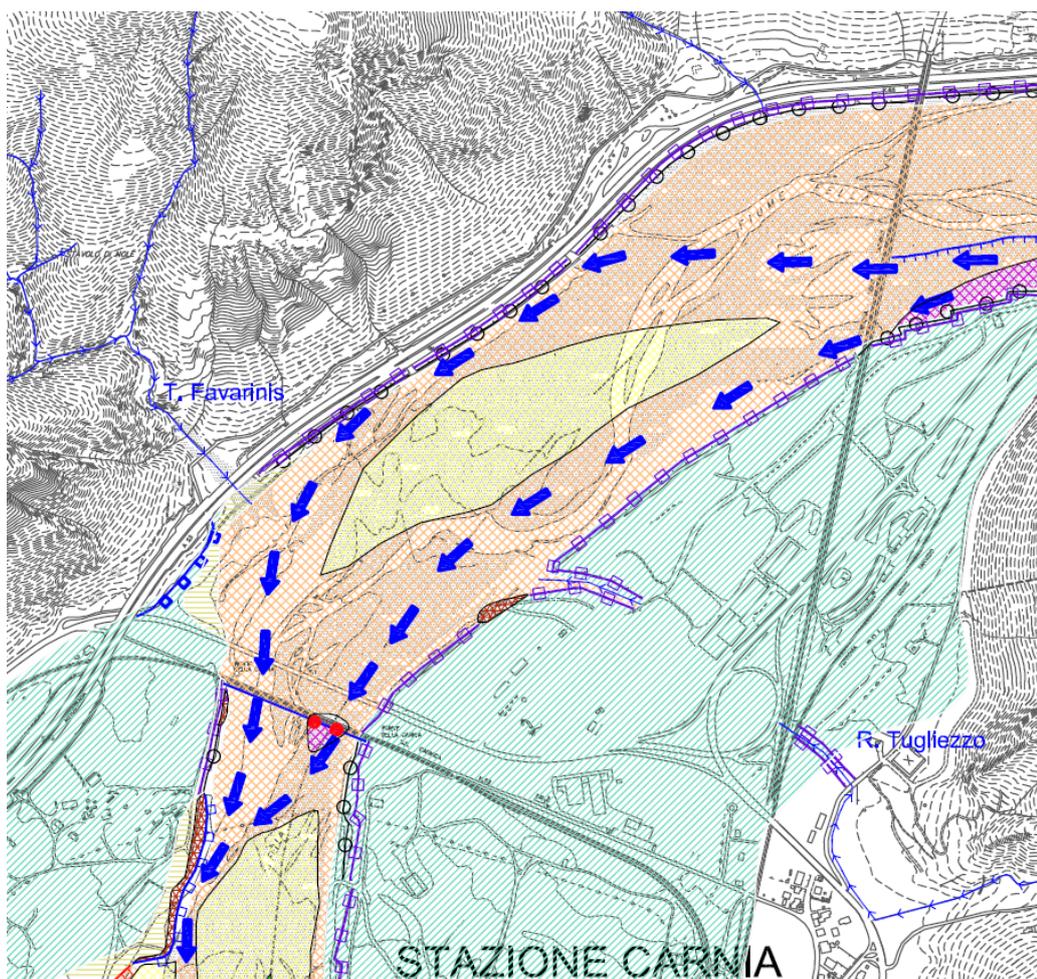
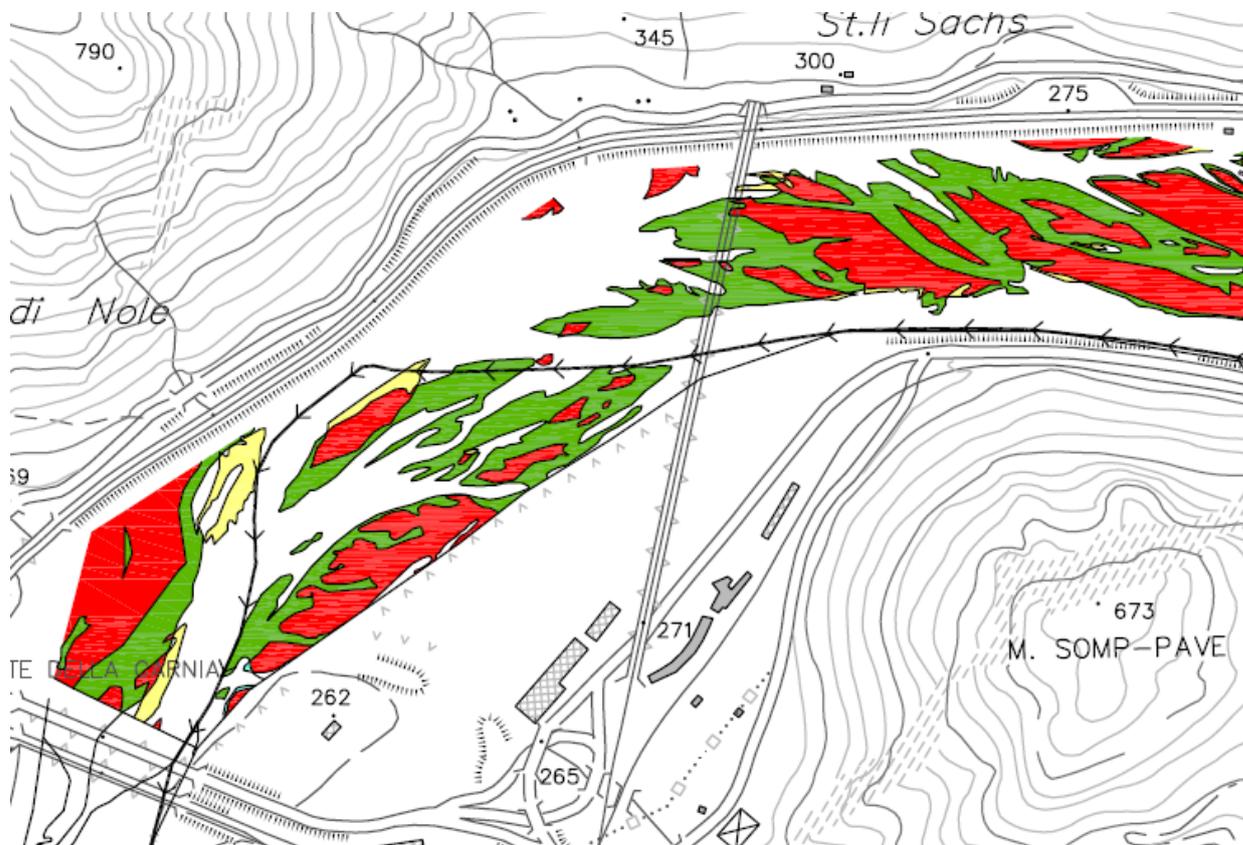


Figura 15 – Estratto Carta Geomorfologica – Valent

Simbologia:	Descrizione:	Simbologia:	Descrizione:
	Alveo in erosione prevalentemente verticale		Area golenale attuale/Area golenale recente
	Alveo in equilibrio		Accumulo artificiale di ghiaie e sabbie
	Alveo in ripascimento		A: Isole fluviali; B: stabili e particolarmente estese (2002)
	Alveo in alluvionamento		Isola rilevata nel 1991 ed ora asportata
Simbologia:	Descrizione:	Simbologia:	Descrizione:
	Terrazzo fluviale stabile con H>2m		Corso d'acqua secondario
	Terrazzo fluviale stabile con H<2m		Specchio d'acqua
	Canale principale con acqua anche in regime di magra		Argine/panello con H>2m
	Erosione concentrata per gorgo		Scogliera
	Nicchia di frana		Terrazzo in erosione con H>2m
	Massi ciclopici naturali di natura morenica ("Marocca")		Terrazzo in erosione con H<2m



## PLANIMETRIA di sintesi A (stima riferita al Piano di Riferimento)

Risultato della sovrapposizione (Overlay) fra le Planimetrie B e C

- 
 Aree corrispondente al volume di ghiaia non asportato dall'evento alluvionale AGOSTO 2003
- 
 Aree corrispondente al volume di ghiaia asportato dall'evento alluvionale AGOSTO 2003
- 
 Aree corrispondente al volume di ghiaia incrementato dall'evento alluvionale AGOSTO 2003

**Figura 15** – Estratto da “Piano per l’intervento di manutenzione ordinaria e straordinaria finalizzato all’urgente ripristino dell’ufficiosità delle sezioni di deflusso e delle piazze di deposito del Fiume Fella, 2004” – Committenti: Collini Valentino&Mario snc, Ghiaie Beton srl, Ravanelli Enrico spa – Progetto: Ing. Mario Causero – Geom Azzolino Bugari – Geologo Massimo Valent

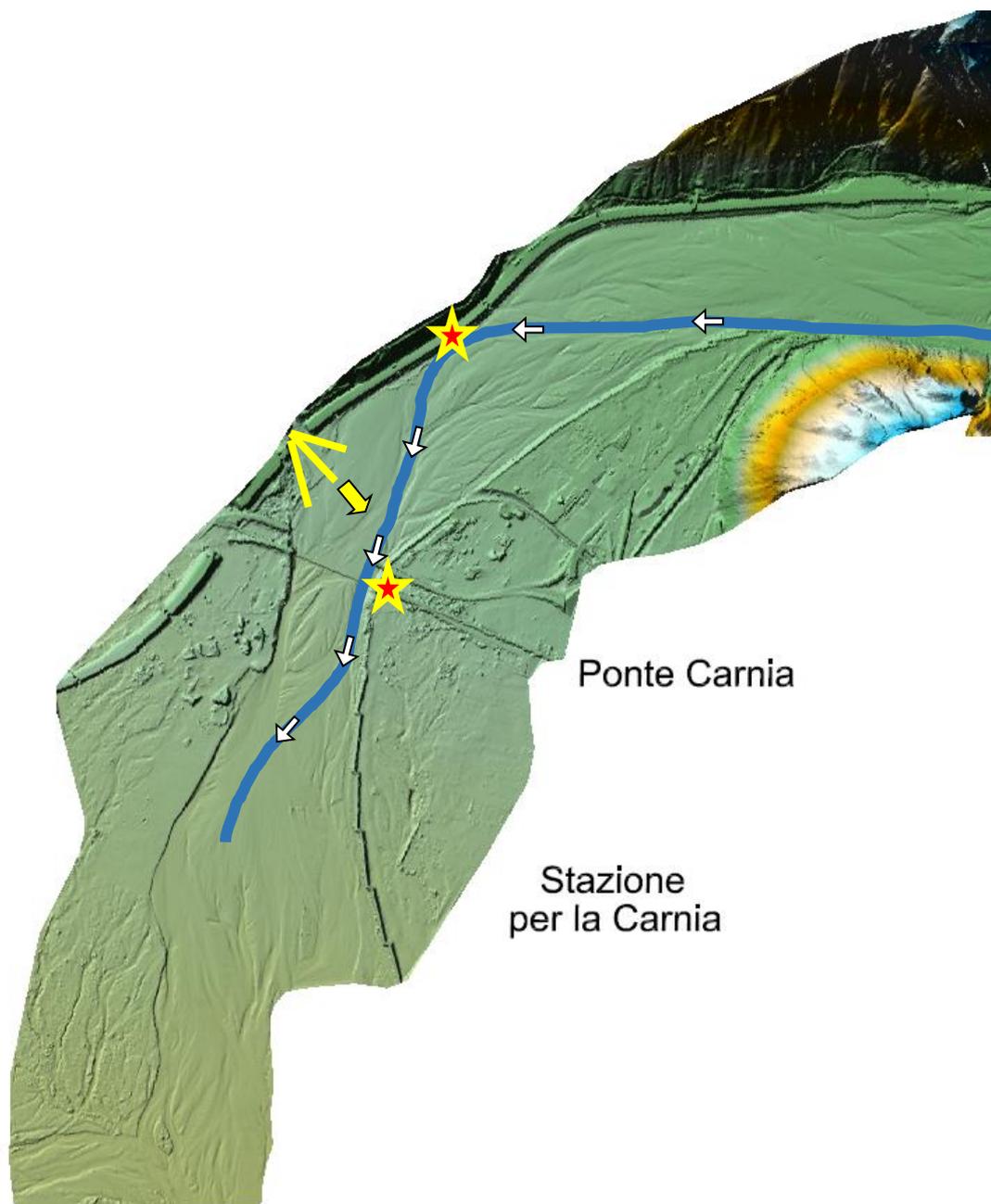
La dinamica del Fiume Fella nel tratto considerato è stata analizzata con l'ausilio del confronto storico, del rilievo in sito e sulla base delle risultanze di studi precedenti già affrontati dallo scrivente. In particolare nel 2004 - 2005 è stato affrontato il *“Piano per l'intervento di manutenzione ordinaria e straordinaria finalizzato all'urgente ripristino dell'efficienza delle sezioni di deflusso e delle piazze di deposito del Fiume Fella”* – Committenti: Collini Valentino & Mario snc, Ghiaie Beton srl, Ravanelli Enrico spa – Progetto: Ing. Mario Causero – Geom Azzolino Bugari - Geologo Massimo Valent”.

In quell'occasione venne eseguito un rilievo Laser Scan dell'alveo attivo a cavallo dell'evento alluvionale Agosto 2003, al fine di valutare l'evoluzione dell'alveo attivo. In particolare venne stato impiegato un algoritmo matematico in ambiente GIS Microstation (Bentley) in grado di calcolare sia in termini areali che volumetrici l'intersezione fra la superficie rilevata da Laser Scan con un Piano di Riferimento; quest'ultimo venne ottenuto dal profilo longitudinale tracciato in alveo con inserite le quote delle soglie principali (Carnia, Moggio, Peraria) e quelle delle fondazioni delle opere di difesa longitudinale.

Il risultato dell'intersezione fra il Piano di Riferimento con i rilievi di Luglio 2003 e Ottobre 2003 è sintetizzato nella figura precedente ottenuta mediante sovrapposizione (Overlay) dei 2 rilievi.

In corrispondenza dell'area in esame si nota un incremento dell'areale e quindi del volume relativo alle ghiaie con quota maggiore rispetto a quella del Piano di Riferimento; tale incremento calcolato a cavallo dell'evento alluvionale 2003 è stato quantificati in circa 600.000 m<sup>3</sup>.

A valle della traversa di Moggio il filone principale rimbalza dalla sponda sinistra alla sponda destra per poi ritornare in sponda sinistra in corrispondenza del rilevato della SS 13 dove, in occasione dell'evento alluvionale 2003, si è registrata un'erosione per un tratto di circa 100m. In corrispondenza del gomito verso sinistra si è registrato un incremento di materiale, già presente prima dell'evento alluvionale, mentre nel “corridoio” più a valle si nota la comparsa di nuovi areali assenti prima dell'alluvione;



## F. TAGLIAMENTO

**Figura 16** – Rilievo Lidar – Elaborazione DTM shaded relief a colori, con indicate le principali caratteristiche morfodinamiche Filone Idrico Principale nel, tratto in esame

Nel tratto Campiolo – Stali Sachs si registra la presenza di un consistente accumulo presente già prima dell'evento alluvionale e successivamente incrementato con il deposito di molti tronchi d'albero provenienti dalle zona alluvionata;

Subito più a valle si notano gli effetti della “traversa del Ponte della Carnia” con aree di accumulo in espansione dopo l’alluvione; a valle della si registra un consistente sviluppo areale positivo soprattutto nel settore sinistro e centrale dell’alveo.

In corrispondenza del tratto in esame si distinguono le seguenti caratteristiche morfodinamiche:

- Sponda sinistra: Ampio conoide del Rio Tugliezzo stabilizzato e difeso artificialmente. Le portate solide del Rio Tugliezzo, a tratti piuttosto copiose, vengono mediamente regimate e trattenute dalle opere idrauliche realizzate negli anni ottanta e novanta, a monte dell’area industriale;
- Sponda destra: Conoide del Rio Favarinis che tende a sospingere il filone idrico principale verso la sponda opposta. Alla confluenza del Rio Favarinis tende a formarsi una “lunata” sovralluvionata che mantiene il filone idrico verso la sponda opposta. In occasione di fenomeni alluvionali di media intensità tende a riattivarsi un filone idrico secondario per lo più aderente alla spalla destra;
- L’alveo attivo risulta quindi caratterizzato da una tipica forma sinuosa con barre alternate, semi-confinato, con richiamo verso la spalla sinistra del filone idrico principale e sovralluvionamento da centro alveo verso al spalla destra.
- La classe di erodibilità dell’alveo attivo risulta mediamente elevata, e determinata dall’alta mobilità del fondo dell’alveo e dalla tendenza altimetrica alla sedimentazione prevista per la mole di aree sorgenti di sedimento fornita dai torrenti Aupa e Resia;
- In questo settore l’alveo attivo ha subito negli anni un progressivo restringimento, determinato dalla realizzazione delle difese di sponda sinistra che hanno stabilizzato la confluenza del Rio Tugliezzo.

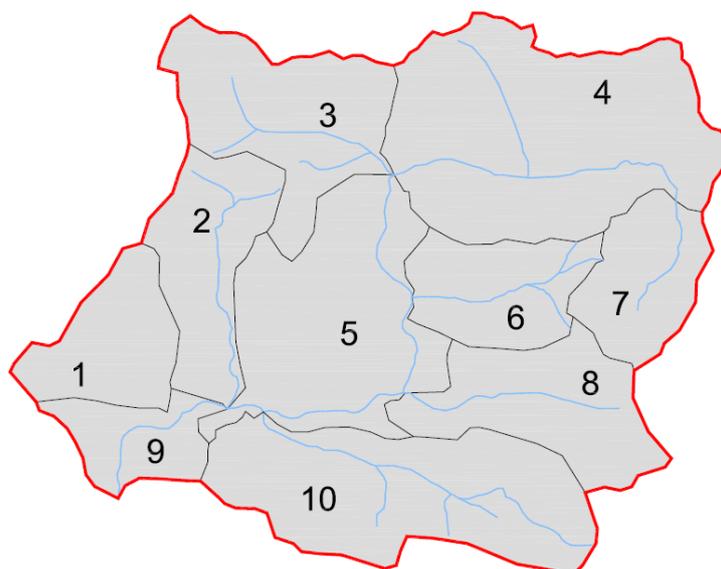
In sintesi:

<b>MORFOLOGIA</b>	<b>SINUOSO A BARRE ALTERNATE</b>
<b>VARIAZIONE MORFOLOGICA ALVEO ATTIVO</b>	<b>ALTA</b>
<b>CONFINAMENTO</b>	<b>SEMI CONFINATYO</b>
<b>DINAMICA MORFOLOGICA</b>	<b>MEDIO - ELEVATA</b>

## 8. VALUTAZIONE TRASPORTO SOLIDO

Il bacino del F.Fella occupa parte della Catena Carnica, delle Alpi Tolmezzine interessando anche le Alpi e le Prealpi Giulie nel settore centrale e meridionale, sviluppando una superficie complessiva di circa 700 Km<sup>2</sup> e una lunghezza di 51 Km. Dal punto di vista idrologico generale il bacino del T.Fella è stato suddiviso per comodità in 10 sottobacini:

### SCHEMA DEI SOTTOBACINI CONSIDERATI



SOTTOBACINO
GLAGNÒ
AUPA
PONTEBBANA
FELLA MONTE
FELLA VALLE
DOGNA
VALBRUNA
RACCOLANA
FELLA (CONFLUENZA)
RESIA

Rispetto ai tratti situati più a monte si nota un aumento degli elementi dolomitici specie a valle della confluenza con il T.Resia (Broili, Cola, Foramitti, 1993):

LITOTIPI PREVALENTI	LITOTIPI IN SUBORDINE
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Calcari dolomitici, dolomie grigie e grigio-scuro;</li> <li>○ Calcari e calcari marnosi chiari;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Elementi arenacei policromi;</li> <li>○ Elementi di breccia, conglomerato e quarziti</li> </ul>

I litotipi descritti provengono prevalentemente dai vasti affioramenti di dolomia principale ed in misura minore dalle facies marnose del Carnico.

In generale l'azione di trasporto, frammentazione e rimaneggiamento che il T.Fella esplica sul materiale in alveo determina una rimodellazione dei detriti producendo una selezione a scapito dei litotipi meno resistenti (rocce tenere) che, pur essendo presenti nel bacino, tendono a scomparire nel tratto finale considerato. In particolare si è notata una discreta presenza di materiali fini costituiti da sabbie prevalentemente grossolane miste a ghiaietto minuto. La granulometria allegata mette a confronto i risultati ottenuti sui campioni prelevati sul F.Tagliamento (Osoppo e Amaro) e sul T.Fella (Moggio): le granulometrie risultano confrontabili per le stazioni di Osoppo e Moggio, mentre la stazione di Amaro denuncia una quantità di sabbia inferiore.

Feruglio (1981) descrive 2 campioni prelevati rispettivamente all'altezza di Campiolo e su una barra di materiale fine a monte del ponte di Stazione per la Carnia:

#### STAZIONE CAMPIOLO:

Diametro	0 -	2 -	10 -	25 -
materiale (mm)	2	10	25	71
Percentuale (%)	6.4	13.7	27.4	52.5

#### STAZIONE PONTE CARNIA:

Diametro materiale (mm)	0 - 2	2 - 10	10 - 25	25 - 71
Percentuale (%)	77.5	22.5	-	-

In corrispondenza del tratto in esame sono stati prelevati alcuni campioni di materiale alluvionale per l'esecuzione delle analisi granulometriche, qui di seguito si riassumono i risultati ottenuti:

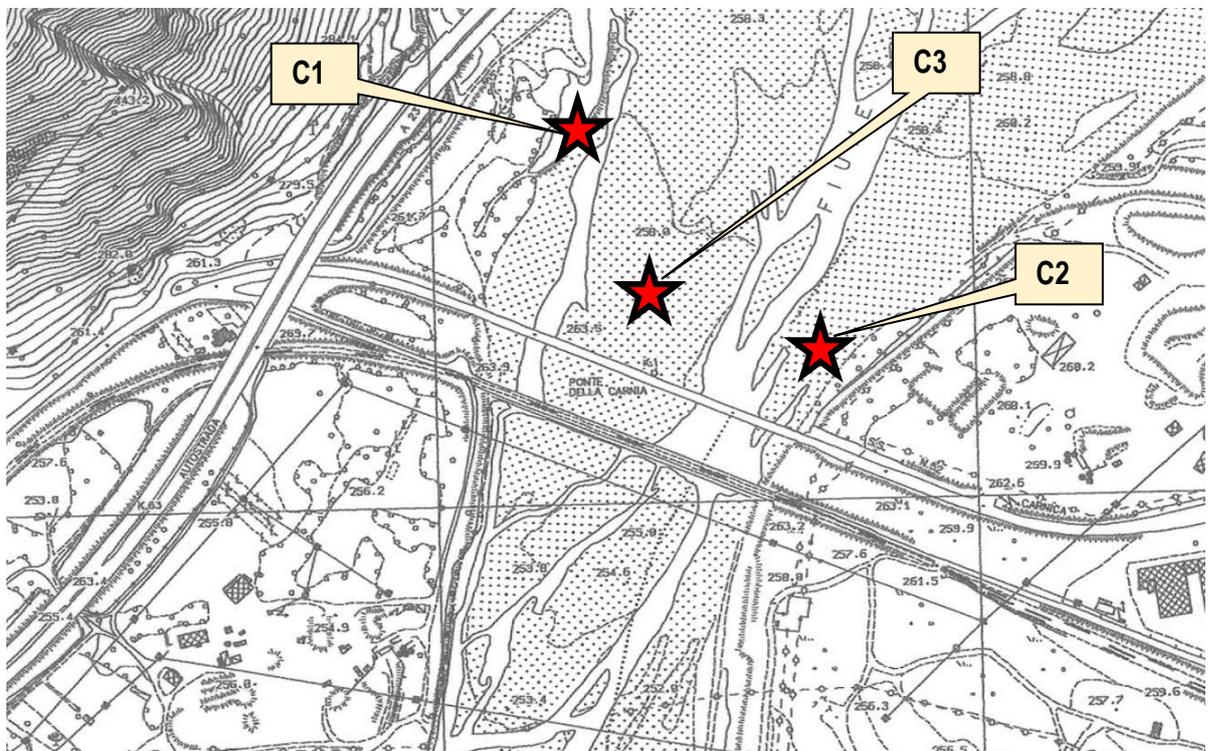


Figura 17 – Stazioni di prelievo campioni alveo

Campione C1: Campione prelevato in alveo in prossimità della spalla destra;

Campione C2: Campione prelevato in alveo in prossimità della sponda sinistra;

Campione C3: Campione prelevato in centro alveo;

## Campione C1



Figura 18 – Stazioni di prelievo campioni alveo – C1

Classi granulometriche:		
Ciottolo ( $\phi > 63\text{mm}$ ) =	32,4	%
Ghiaia ( $2,0 < \phi < 63\text{mm}$ ) =	55,8	%
Sabbia ( $0,063 < \phi < 2,0\text{mm}$ ) =	10,9	%
Limo ( $0,002 < \phi < 0,063\text{mm}$ ) =	0,9	%
Argilla <sup>(1)</sup> ( $\phi \leq 0,002\text{mm}$ ) =	-	%

## Campione C2



Figura 19 – Stazioni di prelievo campioni alveo – C2

<i>Classi granulometriche:</i>		
Ciottolo ( $\phi > 63\text{mm}$ ) =	27,7	%
Ghiaia ( $2,0 < \phi < 63\text{mm}$ ) =	71,8	%
Sabbia ( $0,063 < \phi < 2,0\text{mm}$ ) =	0,4	%
Limo ( $0,002 < \phi < 0,063\text{mm}$ ) =	0,1	%
Argilla <sup>(1)</sup> ( $\phi \leq 0,002\text{mm}$ ) =	-	%

## Campione C3

<i>Classi granulometriche:</i>		
Ciottolo ( $\phi > 63\text{mm}$ ) =	18,7	%
Ghiaia ( $2,0 < \phi < 63\text{mm}$ ) =	63,6	%
Sabbia ( $0,063 < \phi < 2,0\text{mm}$ ) =	17,3	%
Limo ( $0,002 < \phi < 0,063\text{mm}$ ) =	0,4	%
Argilla <sup>(1)</sup> ( $\phi \leq 0,002\text{mm}$ ) =	-	%



**Figura 20** – Stazioni di prelievo campioni alveo – C3

La stima quantitativa della produzione solida in alveo risulta estremamente complessa non solo a causa dei numerosi parametri in gioco ma anche in ragione della loro variabilità all'interno di ogni singolo bacino di alimentazione. Di conseguenza il calcolo della “quantità di perdita di suolo” annuo per il bacino montano del Tagliamento può fornire solamente dei risultati indicativi sull'ordine di grandezza del fenomeno, dal momento che allo stato

attuale delle conoscenze non sono disponibili metodologie di studio particolarmente attendibili.

La stima è stata effettuata adottando la formula proposta da Gavrilovic analizzando su scala di bacino le tematiche di uso del suolo, acclività, fenomeni d'instabilità e litologia rappresentate in planimetria G1 e tratte dallo studio eseguito da Elettroconsult nel 1979.

## 8.1 LITOLOGIA

In sintesi il bacino del T. Fella è caratterizzato da una predominanza di litotipi carbonatici, in genere dotati di buone caratteristiche geomeccaniche, salvo i casi in cui sono interessati da discontinuità tettoniche che aumentano la fratturazione fino a rendere la massa rocciosa cataclastica ed assimilabile ad una roccia molto tenera.

L'estensione dei litotipi di natura clastica rappresentati da siltiti, arenarie e marne sono subordinati ed in genere localizzati a basse quote.

Risultano abbondanti i materiali alluvionali di fondovalle (materiali incoerenti – Fig. 1.3.1), in particolare nei tratti Caporosso – Pontebba e Chiusaforte confluenza con il F.Tagliamento. Il detrito di falda è diffuso alle pendici delle cime più alte e all'interno di alcune valli afferenti al corso principale (T. Glagnò, Aupa e Raccolana), nonché alla base dei versanti immediatamente prospicienti il corso del T.Fella interessati da un'intensa fratturazione (ad es. sponda destra in corrispondenza di Malborghetto). Depositi di natura morenica sono presenti alle quote maggiori un po' in tutto il bacino ed in particolare in corrispondenza delle cime più alte (Cavallo di Pontebba, Jof di Montasio, Canin etc.).

La distribuzione dei litotipi su scala di bacino è rappresentata in tavola G1 dove sono state distinte 3 classi:

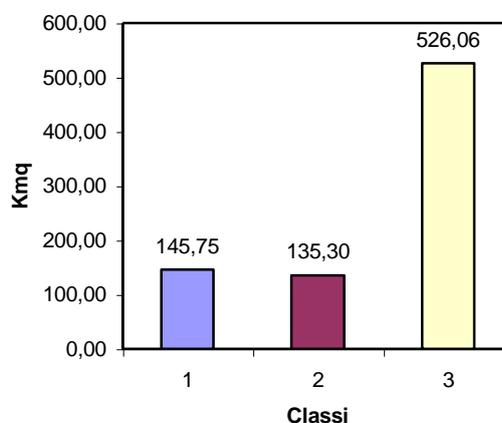
### 1 Depositi incoerenti:

- Ghiaie e sabbie;
- Sabbie e limi;
- Accumuli clastici di varie dimensioni senza frazione fine;
- Accumuli clastici di varie dimensioni con frazione fine di origine morenica;
- Depositi torbosi.

- Zone del bacino da cui possono prodursi, per erosione, sabbie silicee, micacee, feldspatiche etc.
- 2 Rocce tenere
- Arenarie debolmente cementate;
  - Areniti e marne in strati per lo più sottili (Flysch);
  - Flysch prevalentemente marnoso;
  - Flysch prevalentemente arenitico;
  - Argilliti, siltiti e arenarie fittamente stratificate;
  - Marne, siltiti e calcari marnosi;
  - Marne, calcari con intercalazioni marnose, calcari gessiferi, dolomie cariate e argilliti;
  - Gessi e rocce molto gessifere;
- 3 Rocce scarsamente erodibili
- Calcari stratificati e massicci;
  - Dolomie e calcari dolomitici;
  - Porfidi e rocce associate;
  - Graniti e rocce associate;
  - Conglomerati tenacemente cementati;

Inoltre sono stati riportati i tematismi relativi all'assetto strutturale del bacino.

**Estensione classi litologiche**



La classe 3 costituita da rocce scarsamente erodibili risulta essere dominante.

## 8.2 USO DEL SUOLO

Qui di seguito vengono esposti i risultati dei calcoli eseguiti per stimare la produzione solida di bacino, per quanto attiene alla tematica uso del suolo, qui di seguito trattata analiticamente secondo la seguente legenda:

1.1 = superficie boschi e frutteti (Km<sup>2</sup>);

1.2 = superficie prati e pascoli (Km<sup>2</sup>);

1.3 = superficie coltivati (Km<sup>2</sup>);

1.4 = superficie sterile (Km<sup>2</sup>);

SOTTOBACINO		USO DEL SUOLO			
N°	Nome	1_1	1_2	1_3	1_4
1	Glagnò	9,52	33,34	0,00	4,75
2	Aupa	18,04	36,08	0,00	6,01
3	Pontebbana	29,12	29,12	8,31	16,64
4	Fella monte	131,40	12,57	6,70	16,75
5	Fella valle	35,28	70,27	0,00	11,76
6	Dogna	35,54	5,08	0,00	10,15
7	Valbruna	34,70	2,31	0,00	9,25
8	Raccolana	42,29	14,09	0,00	14,09
9	Fella	9,80	16,34	1,62	4,90
10	Resia	39,38	78,77	0,00	13,12

## 8.3 DISSESTI

In termini generali il dissesto, di qualunque tipo sia e possa essere classificato rappresenta, in un passaggio a profili giovanili come quello della zona montana del bacino considerato, nient'altro che un'accelerazione localizzata e catastrofica dell'evoluzione generale dei profili

morfologici. Si tratta quindi del fenomeno più diretto ed importante nella produzione di materiale solido che poi può essere preso in carico da un corso d'acqua.

In questo paragrafo si esamina la presenza ed il peso di condizioni in diverso grado suscettibili di intervenire nella quantificazione del valore della superficie dissestata (V) e del coefficiente di degradazione dato dai dissesti.

M. Corsi redige nel 1969 un documento cartografico regionale di grande interesse in scala 1:100.000 che propone, con l'ausilio di una relazione guida, il tema dei movimenti franosi della regione F.V.G., basato su ricerche geologiche-storico-geografiche, con una valutazione dei fenomeni rilevati. Egli pone in evidenza i rapporti tra le frane e la tettonica e la litologia delle masse rocciose ed osserva inoltre l'elevata frequenza di quelle definibili come soils-slips (38.87%), di tipo misto (23.23%), di crollo (12,43%) e di scorrimento (8.29%). Da questa ricerca si rileva l'esistenza di 193 frane con una superficie totale di 11.80 Km<sup>2</sup>.

Un tipo di movimento franoso che si verifica molto spesso creando notevoli danni anche ai centri abitati e che contribuisce in modo consistente al trasporto solido dei torrenti va sotto il nome di "Debris Flow" molto frequente nelle valli tributarie al corso d'acqua principale del T.Fella (alluvioni 1996 e 2003).

Dopo il sisma del 1976 si è potuta osservare una correlazione tra cause naturali (pioggia, gelo, vento) ed antropiche (discariche, occupazioni di aree a rischio) che hanno determinato fenomeni di franosità complessa ("fluvio-franosa", valangosa-franosa) e di torrenzialità (Sanna, 1994). Vengono riportate qui di seguito alcune delle note generali fatte dal Centro di Coordinamento per l'indagine geologica, datate 11/06/1976, e derivanti da numerosi sopralluoghi effettuati subito dopo l'evento sismico del maggio 1976:

*A) le variazioni geomorfologiche apportate dal sisma non hanno grande rilevanza geologica e non presentano difficoltà d'inquadramento sistematico. Purtroppo hanno provocato una forte accelerazione dei fenomeni di degradazione dei versanti e degli alvei che richiederanno onerosi interventi sistematori. Abbiamo rilevato che nelle zone più interne dei bacini montani ed alle quote più elevate, in corrispondenza*

- dei versanti dirupati (M. Chiampon, M. Ledis, M. Serio, M. Grauzaria, ecc.) si sono avuti fenomeni franosi che hanno mobilizzato nel complesso masse rocciose dell'ordine di milioni di m<sup>3</sup> che talora hanno distrutto ampie fasce di vegetazione protettiva ed hanno ingombrato i fondo-valle per spessori di parecchi metri ostruendo pericolosamente alcuni corsi d'acqua del primo e del secondo ordine;*
- B) lungo le pendici si rilevano spesso un grande numero di massi più o meno pericolanti provenienti in parte dai corpi di frana di neo-formazione ed in parte dai accumuli ulteriormente dislocati dal sisma (M. Plauris ecc.);*
- C) il grande evento sismico, data l'aspra configurazione morfologica dei versanti montani, ha reso più evidenti le pre-esistenti condizioni di equilibrio instabile legate all'intensa fatturazione delle masse calcaree e calcareo-dolmitiche affioranti;*
- D) falde e coni di detrito hanno subito frequenti fenomeni di assestamento (ad es. Valle d'Incarajo ecc.) rimarcati dai dissesti prodotti sui manufatti (cedimenti di corpi stradali, lesioni e spancamenti di muri contenimento, cedimenti differenziali di fabbricati, ecc.);*
- E) le alture modellate nei terreni terziari (marne, marne-argillose, arenarie e conglomerati) sono state per lo più interessate da modesti scortecciamenti spesso smascherati dalla copertura vegetale che hanno reso anche inaccessibili alcune zone, in cui si può presumere la presenza di dissesti (avallamenti, scollamenti, fenditure, crepacci ecc.). Localmente tali dissesti sono stati ipotizzati dai danni subiti dai manufatti. Esempi tipici di tali manifestazioni si sono rilevati nei Comuni di Pinzano, Forgaria ecc.);*

Per gli affluenti del T. Fella si segnala in particolare:

- Lungo il bacino della Val Saisera sono presenti notevoli quantità di materiale detritico che gradualmente viene veicolato a valle nelle vicinanze del corso d'acqua principale;

- i bacini confluenti in sponda destra tra Ugovizza e Pontebba presentano un'elevata predisposizione alla produzione di colate detritiche a causa dell'abbondante disponibilità di materiale presente nelle immediate vicinanze dell'alveo e fornito dal continuo disgregarsi della massa rocciosa fortemente tettonizzata. In occasione dell'evento alluvionale 2003 i torrenti Uque, Malborghetto, Cucco, Bianco e Rio degli Uccelli hanno esplicato un'intensa azione di trasporto e deposito di ingenti quantità di materiali detritici che hanno alluvionato gli abitati di Ugovizza, Malborghetto nonché la viabilità principale e secondaria. Alcuni dei rii minori non dispongono di un efficace recapito al corpo ricettore principale e possiedono un regime effimero esplicando erosione e trasporto solo in occasione di eventi meteorici molto intensi, come ad esempio nel corso delle alluvioni del 1903, 1996 e 2003;
- In sponda sinistra il Rio Pirgler è caratterizzato da un alveo instabile e da un elevatissimo trasporto solido; caratteristiche simili possiedono anche alcuni rii provenienti dal versante sinistro come ad esempio il Rio Solfo e i Rii Granuda;
- Nella Val Pontebbana si registra un'intensa azione di erosione e trasporto ad opera dell'omonimo Rio soprattutto da parte del Rio Bombaso che nel corso dell'alluvione 2003 ha prodotto numerosi dissesti lungo il suo corso.
- Nella Val Raccolana soprattutto il tratto intermedio del torrente compreso fra Pezzet e Piani denuncia un peggioramento dell'assetto ideologico;
- In Val Resia si registrano notevoli apporti solidi dovuti a situazioni di dissesto idrogeologico in corrispondenza ad esempio del Rio Resartico e lungo la sponda sinistra del corso inferiore del T.Resia;
- In Val D'Aupa la presenza di grandi depositi detritici di falda tra Aupa e Bevorchians sia in sinistra che in destra idrografica, determinano notevoli portate solidi lungo i rii che confluiscono nel T.Aupa, la cui capacità erosiva è stata dimostrata dagli eventi alluvionali del 1996 e 2003.

In occasione dell'evento alluvionale 2003 il corso principale del T.Fella ha esplicato un'azione erosiva localizzata che ha seriamente danneggiato alcuni tratti della viabilità

principale (ad es. SS 13 tra Pontebba e Dogna) asportando ampi tratti di sponda sia in destra che in sinistra come in corrispondenza dell'abitato di Pietratagliata, dove si è registrato il crollo in alvo di alcuni edifici.

Le categorie utilizzate stimare il grado del dissesto nel bacino considerato sono le seguenti:

- superficie con aree generalmente franose in Km<sup>2</sup>;
- superficie con frane in rocce sciolte e pseudo-coerenti in Km<sup>2</sup> ;
- superficie con forme pseudo calanchive per tettonizzazione in rocce coerenti in Km<sup>2</sup> ;
- superficie con numerosi crolli in Km<sup>2</sup> ;
- superficie con crolli diffusi in Km<sup>2</sup> ;
- superficie con valanghe (sviluppo in Km<sup>2</sup> x 0.1 Km) in Km<sup>2</sup>.

#### 8.4 STIMA DELLA PRODUZIONE SOLIDA

Nel caso in esame è stato applicato il metodo di Gavrilovic che fornisce la quantità teorica media annua di materiale solido prodotto per erosione dal bacino. La confluenza con il F. Tagliamento rappresenta la sezione di chiusura della stima calcolata attraverso la formula estesa di Gavrilovic:

$$W = Sx\sqrt{\frac{T^{\circ}}{10}} + 0.1xHlx\pi x\sqrt{(m_1xm_2xm_3)^3} \quad \mathbf{1.1}$$

dove:

W = Quantità di materiale prodotto per erosione nel sottobacino/bacino (m<sup>3</sup>/anno);

S = superficie del sottobacino (Km<sup>2</sup>);

T° = Temperatura media del sottobacino (°C);

Hl = precipitazione media nel sottobacino annua (mm);

π = 3.14159;

m<sub>1</sub> = fattore legato all'uso del suolo;

m<sub>2</sub> = fattore legato alla litologia superficiale;

m<sub>3</sub> = fattore legato all'acclività di bacino.

In relazione alla tabella di calcolo riportata in Tavola G1 la 1.1 diventa:

$$W = Sx\sqrt{\frac{T^\circ}{10}} + 0.1xHLx\pi x \sqrt{\left( \frac{1.1x0.2+1.2x0.5+1.3x0.8+1.4x1.0}{S} x \frac{2.1x1.6+2.2x0.8+2.3x0.3+2.4x1.6}{S} x Kx\sqrt{I} \right)^3} \quad \mathbf{1.2}$$

in cui i fattori  $m_1$ ,  $m_2$  e  $m_3$  sono calcolati in funzione delle superfici calcolate per le varie classi di uso del suolo, della litologia e dell'acclività di bacino:

Uso del suolo ( $m_1$ ):

- 1.1 = superficie boschi e frutteti ( $\text{Km}^2$ );
- 1.2 = superficie prati e pascoli ( $\text{Km}^2$ );
- 1.3 = superficie coltivati ( $\text{Km}^2$ );
- 1.4 = superficie sterili ( $\text{Km}^2$ );
- 1.5 = Coefficiente di protezione del suolo dato dalla vegetazione

Litologia ( $m_2$ ):

- 2.1 = superficie rocce incoerenti ( $\text{Km}^2$ );
- 2.2 = superficie rocce pseudo e semi-coerenti ( $\text{Km}^2$ );
- 2.3 = superficie rocce coerenti ( $\text{Km}^2$ );
- 2.4 = sviluppo faglie in  $\text{Km} \times 0.1 \text{ Km}$  ( $\text{Km}^2$ );
- 2.5 = Coefficiente di erodibilità del suolo dato dalla litologia;

Acclività ( $m_3$ ):

Il fattore  $m_3$  risulta dalla relazione:

$$m_3 = Kx\sqrt{I}$$

dove:

K è funzione del rapporto V/S e fornisce un'indicazione del grado di dissesto morfologico del bacino. V è dato dalla relazione :

$$V (Km^2) = 0.2N + 4.2P + 4.9Q + 2.25R + 0.75S + 2U$$

In cui:

N = superficie con aree generalmente franose in Km<sup>2</sup>;

P = superficie con frane in rocce sciolte e pseudo-coerenti in Km<sup>2</sup> ;

Q = superficie con forme pseudo calanchive per tettonizzazione in rocce coerenti in Km<sup>2</sup> ;

R = superficie con numerosi crolli in Km<sup>2</sup> ;

S = superficie con crolli diffusi in Km<sup>2</sup> ;

U = superficie con valanghe (sviluppo in Km<sup>2</sup> x 0.1 Km) in Km<sup>2</sup>.

Stimato V, la grandezza K si ricava dalla seguente tabella B:

V/S	K
0	0
0.5	0.2
2	0.4
4	0.6
6	0.8
7	0.9
7.5	0.95

Dove, per valori intermedi si procede per interpolazione.

Il fattore I esprime invece l'influenza dell'acclività del bacino e si ricava dalla relazione

1.3:

$$I = \frac{\sum_{m=1}^6 I_m i_m}{S} \quad \mathbf{1.3}$$

**IN CUI:**

3.1 = I<sub>1</sub> superficie (Km<sup>2</sup>) con pendenza 0 – 10%; pendenza media i<sub>1</sub> = 0.05;

- 3.2 =  $I_2$  superficie (Km<sup>2</sup>) con pendenza 10 – 20%; pendenza media  $i_2 = 0.15$ ;
- 3.3 =  $I_3$  superficie (Km<sup>2</sup>) con pendenza 20 – 40%; pendenza media  $i_3 = 0.30$ ;
- 3.4 =  $I_4$  superficie (Km<sup>2</sup>) con pendenza 40 – 60%; pendenza media  $i_4 = 0.50$ ;
- 3.5 =  $I_5$  superficie (Km<sup>2</sup>) con pendenza 60 – 80%; pendenza media  $i_5 = 0.70$ ;
- 3.6 =  $I_6$  superficie (Km<sup>2</sup>) con pendenza superiore 80%; pendenza media  $i_6 = 2.00$ ;

La grandezza **W** così ricavata rappresenta la quantità di sedimento disponibile nel bacino per il trasporto.

Per ragioni grafiche, la tabella di calcolo completa con i risultati parziali e totali, è riportata nell'allegato G1 dove sono anche rappresentate le carte tematiche di bacino utilizzate per la stima della grandezza W. Dopo aver suddiviso il bacino principale nei 10 sottobacini che lo compongono, sono state eseguite tutte le stime parziali in funzione di ciascuna tematica sopra esposta; i tematismi utilizzati sono stati tratti dallo "Studio dell'assetto fluviale e costiero della Regione F.V.G." (Elettroconsult, Milano 1979) ed in seguito opportunamente modificati e georeferenziati al fine di consentire una stima delle aree il più precisa possibile.

SOTTOBACINO		W
N°	Nome	(m <sup>3</sup> /anno)
1	GLAGNÒ	40533
2	AUPA	69500
3	PONTEBBANA	90297
4	FELLA MONTE	54520
5	FELLA VALLE	208105
6	DOGNA	24195
7	VALBRUNA	28290
8	RACCOLANA	73024
9	FELLA	68910
10	RESIA	240887
<b>TOTALE BACINO T. FELLA</b>		<b>898.261</b>

Come già anticipato il risultato è da ritenersi puramente indicativo e fornisce un ordine di grandezza su cui ragionare; ad ogni modo il valore ricavato si accorda con quelli più frequentemente attribuiti ai medi bacini della regione alpina. A tal proposito si ricorda che il valore di W ricavato nello “Studio interdisciplinare sul regime dei trasporti liquidi e solidi del bacino idrografico del F.Tagliamento” (1993) per il bacino del T. Fella risulta pari a 760.678 m<sup>3</sup>/anno.

## 9. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

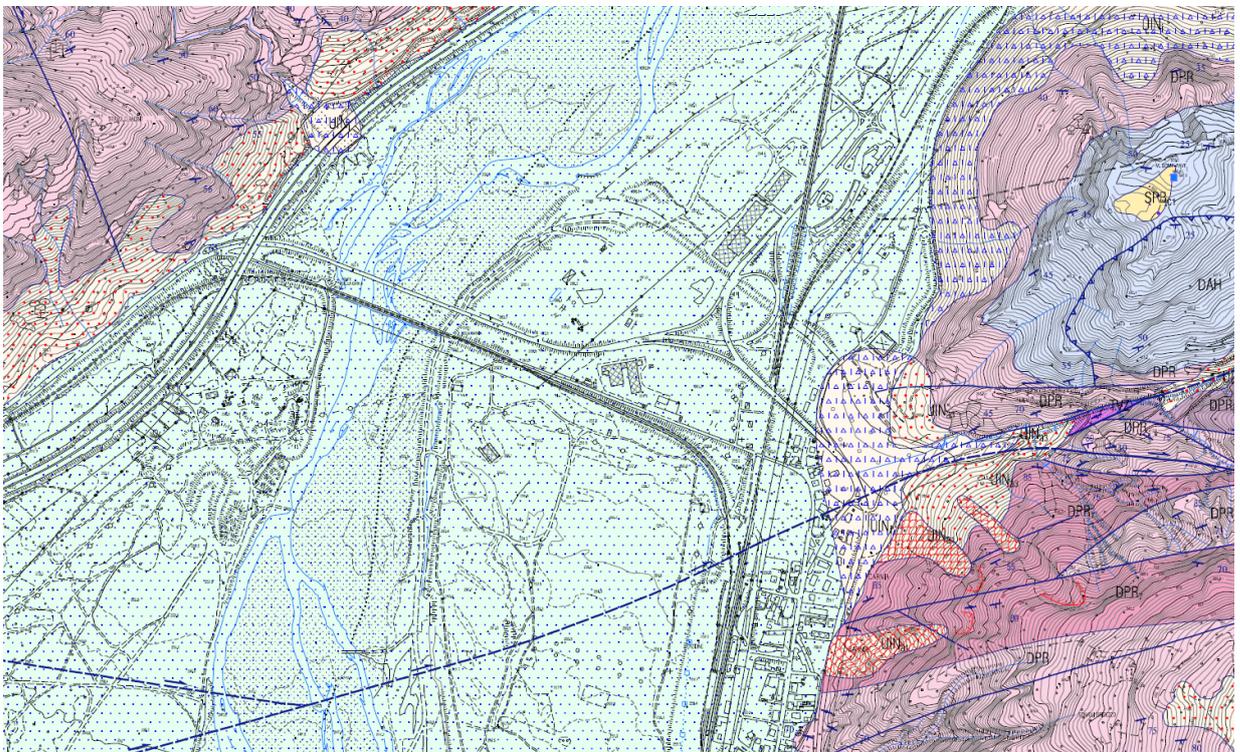


Figura 21– Estratto Carta Geologica Foglio Gemona 1:50.000 CARG

Il settore in esame risulta caratterizzato dalle seguenti litologie:

Spalla destra e spalla sinistra: Materiale di riporto costituito da ghiaia sabbiosa con ciottoli e blocchi, più frequenti in corrispondenza della spalla sinistra;

Alveo: Ghiaie sabbiose con limo in subordinate, ciottoli e blocchi.

Al fine di verificare le caratteristiche del sottosuolo sono state eseguite una serie di perforazioni verticali a carotaggio continuo, disposte ortogonalmente al corso d'acqua attraverso l'alveo attivo e le spalle del ponte.

I punti d'indagine sono stati ubicati su indicazione della Committenza e per l'esecuzione dei sondaggi è stata impiegata una perforatrice con le seguenti caratteristiche:

**Caratteristiche generali:**

*Modello:* Gelma 2;

*Peso sonda:* 25.000 Kg;

Camion 3 assi Astra

*Morse:* Doppia morsa diametro max 200mm.

*Pompa Acqua:* Pompa triplex 200l/min.

**Testa di rotazione;**

*Velocità albero di rotazione:* 0 – 650 r/min;

*Accessori:* Martello in Testa;

*Coppia massima:* 1.100 Kg/m;

**Slitta di avanzamento:**

*Corsa utile effettiva:* 3.600mm;

*Tiro max 11 tonnellate*

*Trazione/spinta:* 79KN;

*Velocità max movimentazione testa:* 40cm/sec;

**Centralina oleodinamica:**

*Motore:* Deutz 2005 6 cilindri;

Nei sondaggi a carotaggio continuo, per il prelievo dei campioni in materiale sciolto, è stato utilizzato un carotiere semplice con diametro 131mm,



**Figura 22** – Carotiere semplice diam 101/131mm

Per la stabilizzazione delle pareti del foro si è fatto ricorso a tubi di rivestimento metallici del diametro di 152 infissi a secco a seguire le operazioni di campionamento.

I campioni prelevati in continuo sono stati posti nelle apposite cassette catalogatrici a scomparti con l'indicazione delle profondità progressive per una loro visione diretta e per la ricostruzione litostratigrafica e successivamente fotografati (in allegato si riporta la completa documentazione fotografica).

Il campionamento dei terreni è stato eseguito applicando le ANISG.

Le perforazioni sono state eseguite a carotaggio continuo, evitando l'immissione nel sottosuolo di composti chimici estranei con le seguenti procedure:

- rimozioni di lubrificanti dalle zone filettate con lavaggio mediante idropulitrice a vapore;
- utilizzo di oli vegetali per la filettatura di aste e rivestimenti
- utilizzo di utensili di perforazione (corone e scarpe) non verniciati
- eliminazione di perdita di olio dalle parti idrauliche dell'attrezzatura di perforazione
- pulizia dei contenitori di stoccaggio acqua di perforazione

Tipologia di perforazione

La perforazione è stata eseguita a carotaggio continuo garantendo una percentuale di recupero > 90% per essere rappresentativo del terreno indagato.

Vista la presenza di materiale sciolto grossolano eterogeneo, il carotaggio nei terreni è stato eseguito a secco utilizzando carotieri semplici con diametro 131mm, in modo preservare meglio i campioni;

Inoltre ed al fine di evitare fenomeni di surriscaldamento del materiale carotato è stato utilizzato il martelli idraulico in testa, che ha consentito il carotaggio a secco a roto-percussione riducendo al minimo fenomeni di surriscaldamento del terreno carotato.

La manovra di carotaggio è stata seguita dal rivestimento provvisorio del foro con rivestimenti in acciaio diametro 152mm.

Nei casi in cui si è resa necessaria l'adozione di fluidi di circolazione è stata utilizzata solo acqua pulita.

La prova SPT, è stata eseguita all'interno di entrambe i fori di sondaggio; essa consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di un campionatore a pareti grosse infisso a percussione secondo le modalità contenute nella normativa ASTM N.D. 1586/68: "*Standard Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soil*", e compresa nella "Raccomandazione" ISSMFE per la standardizzazione delle prove penetrometriche in Europa (1976). Dopo la pulizia del fondo foro, avendo cura di evitare refluenti e franamenti delle sue pareti, sono state svolte le seguenti operazioni:

- 1) impiego di un dispositivo automatico per lo sganciamento del maglio con un peso di 140 libbre (63,5 kg) ed altezza di caduta pari a 30" (76 cm); la massa battente scorre lungo aste di collegamento al terminale d'infissione aventi peso per metro lineare 6,5 kg (+0,5 kg/m);
- 2) impiego di un campionatore Raymond munito di valvola a sfera in sommità con misura separata del numero dei colpi (N) necessari alla penetrazione di tre tratti consecutivi di 15 cm ciascuno; il valore di N SPT è dato dalla somma dei colpi ottenuti per il 2° e il 3° tratto (ultimi 30 cm) ; il ritmo della percussione è compreso tra 10 e 25 colpi/minuto;
- 3) un numero di colpi superiore ai 50 per l'infissione di uno dei tratti di 15 cm, testimonia dell'avvenuto raggiungimento del rifiuto e quindi la fine della prova.

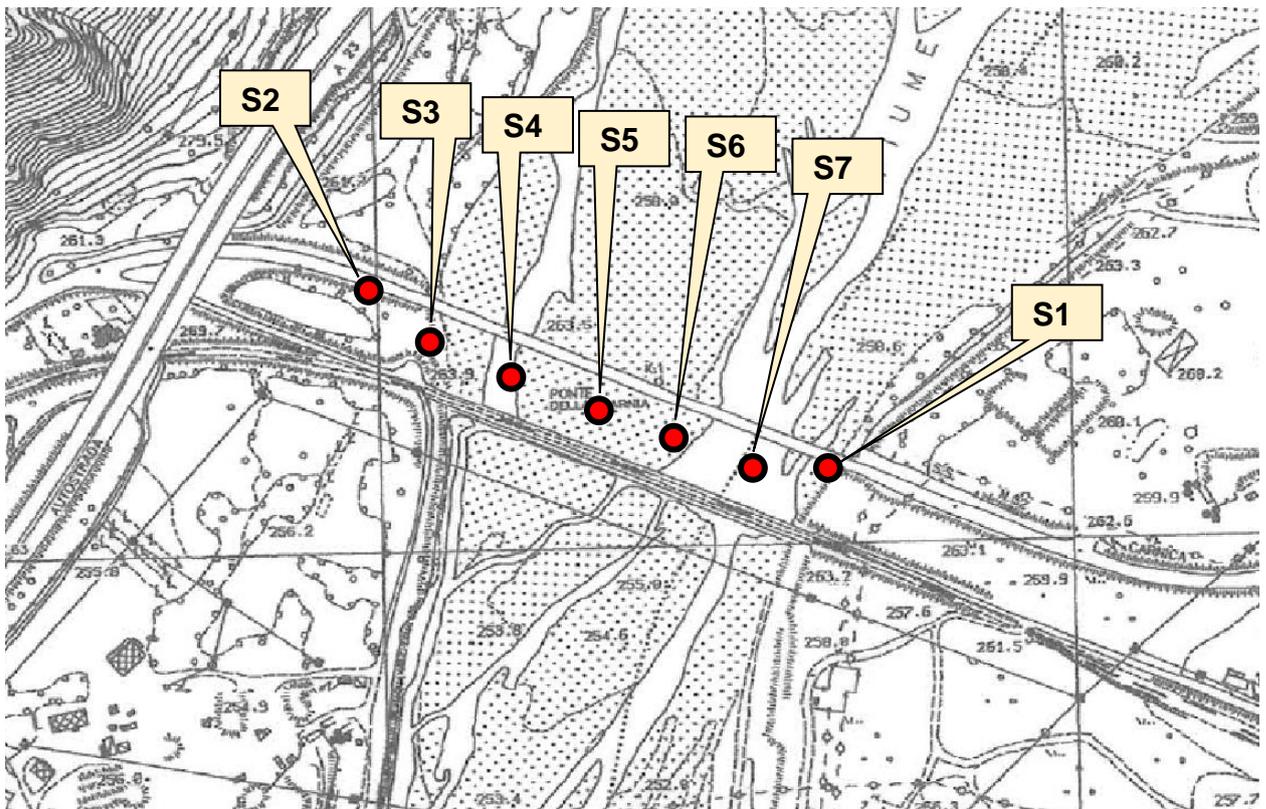


Figura 23 – Ubicazione sondaggi geognostici

Qui di seguito si riportano le stratigrafie sintetiche delle perforazioni a carotaggio eseguiti dalla Ditta SRV indagini geologiche srl. I certificati completi sono allegati in calce alla relazione.

#### Sondaggio S01 - 04 - 06/08/2021

0.0m – 0.2m: Pavimentazione stradale – Asfalto;

0.2m – 4.7m: Ghiaia sabbiosa grossolana con ciottoli e blocchi, con matrice di colore da grigio chiaro a marrone chiaro. Clasti per lo più carbonatici sub-arrotondati. ASCIUTTA, rimaneggiata mediamente addensata;

4.7m – 6.7m: Ghiaia con matrice sabbiosa e limo in subordine, di colore grigio marroncino, con ciottoli. Clasti per lo più carbonatici da arrotondati a sub-arrotondati. ASCIUTTA - addensata;

6.7m – 8.0m: Ghiaia grossolana con matrice sabbiosa e limo in subordine, di colore grigio marroncino, con blocchi e ciottoli. Clasti per lo più carbonatici da

arrotondati a sub-arrotondati. UMIDA, BAGNATA a partire da 7.5m.

Addensata;

8.0m – 9.6m: Ghiaia con matrice sabbiosa e limo in subordine, di colore grigio marroncino, con ciottoli. Clasti per lo più carbonatici da arrotondati a sub-arrotondati. BAGNATA - addensata;

9.6m – 25.0m: Ghiaia molto grossolana con blocchi matrice sabbiosa e limo in subordine di colore grigio marroncino fino a 15.4m; rimane poi ricca in ciottoli con frequenti blocchi e ciottoli. Clasti carbonatici, arenitici e quarziti da arrotondati a sub-arrotondati. BAGNATA. Addensata;

Livello Falda: 7.5m da piano strada

Prova SPT in foro:

- SPTa 5.0m: 22, 30, R (+3cm);
- SPTb 10.0m: 25, 32, R (+1cm);
- SPTc 15.0m: 27, 33, R (+8cm);
- SPTd 20.0m: 24, 29, 37;

#### **Sondaggio S02, 07 - 10/08/2021**

0.0m – 0.3m: Pavimentazione stradale – Asfalto;

0.2m – 6.3m: Ghiaia sabbiosa grossolana con ciottoli e blocchi, con matrice di colore da grigio chiaro a marrone chiaro. Clasti per lo più carbonatici sub-arrotondati. ASCIUTTA, rimaneggiata mediamente addensata;

6.3m – 8.8m: Ghiaia sabbiosa con ciottoli e matrice di colore da grigio chiaro a marrone chiaro. Clasti per lo più carbonatici sub-arrotondati. ASCIUTTA, mediamente addensata;

8.8m – 11.1m: Ghiaia sabbiosa con limo, ciottoli e blocchi matrice di colore da grigio chiaro a marrone chiaro. Clasti per lo più carbonatici sub-arrotondati. UMIDA, mediamente addensata;

11.1m – 15.3m: Ghiaia sabbioso limosa con ciottoli, matrice di colore marroncino giallastro. Clasti per lo più carbonatici sub-arrotondati. BAGNATA, poco addensata;

15.3m – 25.0m: Ghiaia sabbiosa con limo ciottoli e qualche blocco, matrice di colore grigio marroncino. Clasti per lo più carbonatici sub-arrotondati. BAGNATA, poco addensata;

Livello Falda: 13.0m da piano strada

Prova SPT in foro:

- SPTa 3.0m: 23, 44, R (+8cm);
- SPTb 6.0m: 32, R (+9cm);
- SPTc 9.0m: 23, 41, R (+2cm);
- SPTc 12.0m: 12, 18, 22;
- SPTc 15.0m: 22, 36, 50 (+9cm);
- SPTd 25.0m: R (+12cm);

### Sondaggio S03 - 11 - 14/08/2021

0.0m – 4.3m: Ghiaia sabbiosa grossolana con ciottoli e blocchi, con matrice di colore da grigio chiaro. Clasti per lo più carbonatici sub-arrotondati. ASCIUTTA fino a 2.0m poi UMIDA e Bagnata da 2.7m, sciolta;

4.3m – 10.3m: Ghiaia sabbiosa con limo, ciottoli e blocchi matrice di colore da grigio chiaro a marrone chiaro. Clasti per lo più carbonatici sub-arrotondati, in subordine areniti. BAGNATA, addensata;

10.3m – 13.5m: Ghiaia sabbioso limosa con ciottoli, matrice di colore da grigio chiaro a marrone chiaro. Clasti per lo più carbonatici sub-arrotondati. BAGNATA, poco addensata;

13.5m – 14.0m: Ghiaia limosa di colore marrone rossastro poco addensata, asciutta;

14.5m – 19.7m: Ghiaia sabbioso limosa ciottoli e blocchi, matrice di colore grigio marroncino. Clasti per lo più carbonatici, con areniti, quarziti e siltiti in subordinate. sub-arrotondati. BAGNATA, mediamente addensata;

19.7m – 20.1m: Ghiaia limosa di colore marrone rossastro poco addensata, asciutta;

20.1m – 21.5m: Ghiaia sabbioso limosa con ciottoli, matrice di colore grigio marroncino. Clasti per lo più carbonatici, sub-arrotondati. ASCIUTTA, addensata;

21.5m – 35.0m: Ghiaia sabbioso limosa con ciottoli e rari blocchi, matrice di colore grigio. Clasti per lo più carbonatici, con areniti, quarziti e siltiti in subordinate. sub-arrotondati. BAGNATA, mediamente addensata;

Livello Falda: 2.7m

Prova SPT in foro:

- SPTa 5.0m: 12, 15, 22;
- SPTb 7.5m: 28, 32, 44;
- SPTc 9.0m: 33, R (+8cm);
- SPTc 10.0m: 14, 28, 33;
- SPTc 15.0m: 22, 50 (+4cm);
- SPTd 20.0m: 28, 38, R (+2cm);
- SPTd 25.0m: 32, 45, 48;
- SPTd 30.0m: 25, 28, 34;

#### **Sondaggio S04 - 23 - 25/08/2021**

0.0m – 4.2m: Ghiaia sabbiosa grossolana con ciottoli e blocchi, con matrice di colore da grigio chiaro. Clasti per lo più carbonatici sub-arrotondati. ASCIUTTA fino a 1.3m poi UMIDA e Bagnata da 2.5m, sciolta;

4.2m – 10.0m: Ghiaia sabbiosa con limo, ciottoli e blocchi matrice di colore da grigio chiaro a marrone chiaro. Clasti per lo più carbonatici sub-arrotondati, in subordinate areniti e quarziti. BAGNATA, addensata;

10.0m – 11.7m: Blocco carbonatico resistente alla perforazione;

11.7m – 17.4m: Ghiaia sabbioso limosa con ciottoli, matrice di colore da grigio chiaro a marrone chiaro. Clasti per lo più carbonatici, con areniti, siltiti e quarziti in subordinate, sub-arrotondati. BAGNATA, poco addensata;

17.4m – 18.6m: Ghiaia sabbioso limosa più grossolana con ciottoli e blocchi, matrice di colore da grigio chiaro a marrone chiaro. Clasti per lo più carbonatici, con areniti, siltiti e quarziti in subordinate, sub-arrotondati. BAGNATA, poco addensata;

18.6m – 20.0m: Ghiaia limo sabbiosa con ciottoli, matrice di colore marrone nocciola rossastro. Clasti per lo più carbonatici, con areniti, siltiti e quarziti in subordinate, sub-arrotondati. BAGNATA, poco addensata;

20.0m – 22.3m: Ghiaia sabbioso limosa con ciottoli, matrice di colore da grigio chiaro a marrone chiaro. Clasti per lo più carbonatici, con areniti, siltiti e quarziti in subordinate, sub-arrotondati. da UMIDA ad ASCIUTTA, addensata;

22.3m – 35.0m: Ghiaia sabbioso limosa con ciottoli e rari blocchi, matrice di colore grigio. Clasti per lo più carbonatici, con areniti, quarziti e siltiti in subordinate. sub-arrotondati. BAGNATA, mediamente addensata;

Livello Falda: 2.2m

Prova SPT in foro:

- SPTa 5.0m: 12, 33, 44;
- SPTb 10m: 50 (+3cm);
- SPTc 15.0m: 28, 38, 46;
- SPTd 22.0m: 12, 18, 36;
- SPTd 25.0m: 12, 34, 38;
- SPTd 30.0m: 28, 36, 50 (+4cm);

**Sondaggio S05 - 26 - 28/08/2021**

0.0m – 3.7m: Ghiaia sabbiosa grossolana con ciottoli e blocchi, con matrice di colore da grigio chiaro. Clasti per lo più carbonatici sub-arrotondati. ASCIUTTA fino a 2.2m poi UMIDA e Bagnata da 2.8m, sciolta;

3.7m – 16.1m: Ghiaia sabbiosa con limo, ciottoli e blocchi matrice di colore da grigio chiaro a marrone chiaro. Clasti per lo più carbonatici sub-arrotondati, in subordinate areniti e quarziti. BAGNATA, addensata;

16.1m – 20.0m: Ghiaia sabbioso limosa con ciottoli, matrice di colore marrone chiaro. Clasti per lo più carbonatici, con areniti, siltiti e quarziti in subordinate, sub-arrotondati. BAGNATA, poco addensata;

20.0m – 20.8m: Ghiaia sabbioso limosa con ciottoli, matrice di colore da grigio chiaro a marrone chiaro. Clasti per lo più carbonatici, con areniti, siltiti e quarziti in subordinate, sub-arrotondati. da UMIDA ad ASCIUTTA, addensata;

20.8m – 35.0m: Ghiaia sabbioso limosa con ciottoli e rari blocchi, matrice di colore da grigio a marroncino. Clasti per lo più carbonatici, con areniti, quarziti e siltiti in subordinate sub-arrotondati. BAGNATA, da poco a mediamente addensata;

Livello Falda: 2.7m

Prova SPT in foro:

SPTa 5.0m: 22, 18, 23;

SPTb 10m: 22, 50 (+4cm);

SPTc 15.0m: 18, 50 (+3cm);

SPTd 22.0m: 12, 18, 37;

SPTd 25.0m: 22, 29, 33;

SPTd 30.0m: 32, 50 (+10cm)



Figura 24 – Sondaggio S1

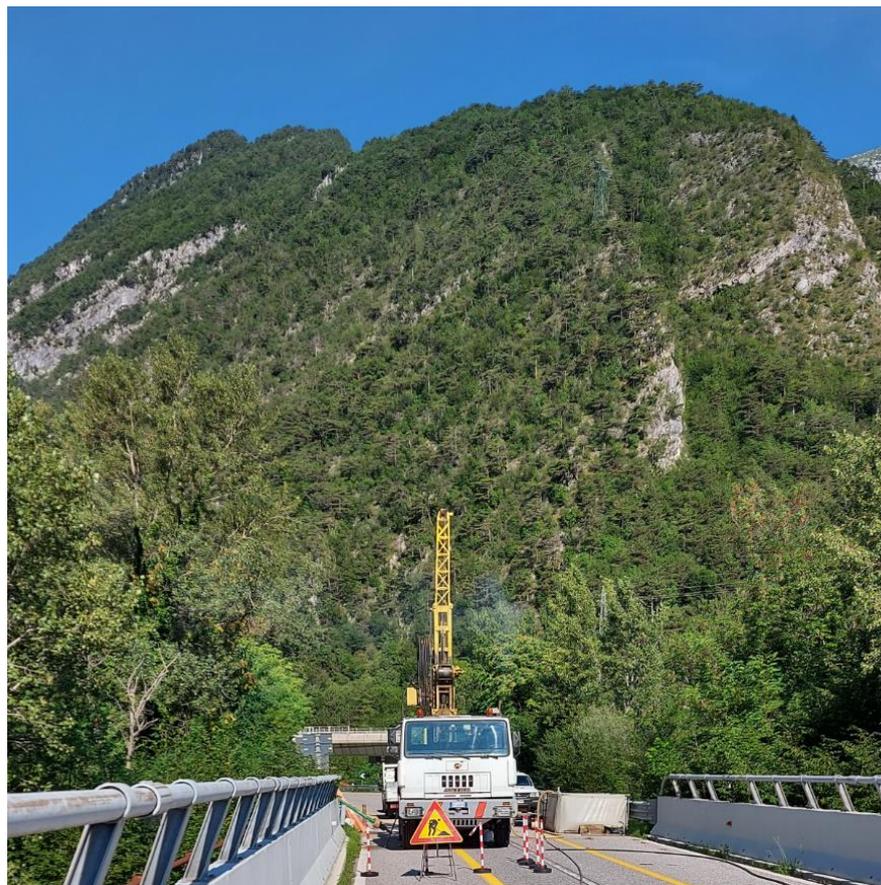


Figura 25 – Sondaggio S02



Figura 26 – Sondaggio S03



Figura 27 – Sondaggio S04



Figura 28 – Sondaggio S05

Pertanto, ed anche sulla base delle informazioni dedotte dalle indagini in sito, si ritiene di potere suggerire il seguente modello geotecnico per gli orizzonti litotecnici sopra definiti e presenti nell'area in esame:

<b>Litologia</b> .....	<i>da sondaggi;</i>
$\gamma'$ (t/m <sup>3</sup> ) .....	<i>peso di volume efficace (Bibliografia);</i>
<b>C'/Cu</b> (kg/cm <sup>2</sup> ).....	<i>coesione drenata (SPT);</i>
$\phi'$ (°) .....	<i>angolo d'attrito interno (SPT);</i>
<b>Dr</b> (%).....	<i>Densità relativa (SPT);</i>

La distinzione fra i vari orizzonti è stata fatta sulla base assunzioni di tipo litotecnico considerando una serie di parametri geotecnici caratteristici di materiali alluvionali e di riporto assimilabili a quelli incontrati nel medesimo contesto morfologico.

### MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE

Orizzonte litotecnico	Pesi volume (t/m <sup>3</sup> ) dry/sat	Coesione (Kpa)	Densità Relativa %	Angolo attrito (°)
<b>A – GHIAIA SABBIOSA</b> <i>GROSSOLANA RIMANEGGIATA E DI RIPORTO – SPALLE PONTE</i>	1.8/2.0	<b>c' = 0</b>	<b>60 ÷ 80</b>	<b>33-36</b>
<b>B1 – GHIAIA SABBIOSO-LIMOSA</b> <i>CON CIOTTOLI E BLOCCHI. ALVEO - POCO ADDENSATA</i>	1.9/2.1	<b>c' = 0</b>	<b>40 ÷ 50</b>	<b>32-34</b>
<b>B2 – GHIAIA SABBIOSO-LIMOSA</b> <i>CON CIOTTOLI E BLOCCHI. ALVEO - DA MEDIAMENTE ADD AD ADDENSATA</i>	1.9/2.1	<b>c' = 2</b>	<b>70 ÷ 100</b>	<b>38</b>

Le indagini dirette e sismiche non hanno intercettato il substrato lapideo.

I materiali intercettati dalle indagini risultano essere ascrivibili a ghiaie sabbiose con limo in subordinate, con ciottoli e blocchi di natura per lo più carbonatica; in subordinate sono presenti litologie arenitiche, siltitite, breccie e conglomerati. A tal proposito si segnala la presenza di blocchi costituiti da breccie della Formazione di Ugovizza e conglomerati di Quarzite, assai resistenti alla perforazione.

Le indagini eseguite in corrispondenza della spalla sinistra hanno individuato un orizzonte di riporto ghiaioso addensato grossolano fino a circa 5m dal p.c.; più in profondità l'orizzonte ghiaioso permane generalmente grossolano con blocchi e addensato.

In corrispondenza della spalla destra è stato intercettato materiale ghiaioso di riporto fino ad oltre 6m, per poi passare a ghiaie sabbiose mediamente addensate fino a 11m circa; più in profondità compaiono livelli ghiaiosi generalmente meno addensati.

In alveo le indagini rilevano la presenza di alluvioni per lo più sabbiose con livelli limosi mediamente più frequenti nell'intervallo 12m-20m. Nell'intervallo 20m-22m si rileva un orizzonte ghiaioso particolarmente addensato e mediamente asciutto che confina al tetto il sottostante orizzonte granulare saturo.

In generale le profondità rappresentate nel modello geologico sono da considerarsi indicative e dedotte sulla base delle indagini eseguite. Il modello geotecnico dovrà quindi essere verificato in cantiere dal geologo, così come la presenza e l'identificazione delle anomalie di riporto.

Nel corso di eventuali fasi di scavo e/o perforazione dovrà essere presente il geologo, al fine di verificare il modello geotecnico sopra esposto e la stabilità dei fronti di scavo.

Le pareti di scavo all'interno degli orizzonti ghiaiosi possiedono una precaria capacità di autosostentamento sub-verticale anche nel breve periodo, anche per la presenza di falda subalveo. Pertanto qualora debbono essere eseguite lavorazioni all'interno dello scavo che implicano la presenza di personale, si dovrà:

- provvedere all'approntamento delle necessarie misure di sostegno provvisoria ed accorgimenti volti a preservare la superficie dall'azione delle acque meteoriche (teli plastificati);
- evitare l'accumulo di pesi in prossimità dell'orlo di scarpata;
- verificare le interferenze con le strutture vicine;
- prevedere la possibilità di aggotare la falda e strutture di contenimento delle pareti di scavo;
- Deviazione dei filoni idrici superficiali.

**N.B.** Si ricorda che, in base a quanto disposto al punto 6.8.6.2. del D.M. 17.01.2018, “Per scavi in trincea a fronte verticale di altezza superiore ai 2 m, nei quali sia prevista la permanenza di personale, e per scavi che ricadano in prossimità di manufatti esistenti, deve essere prevista una struttura di sostegno delle pareti di scavo. Le verifiche devono essere svolte nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) e nei confronti degli stati limite di servizio (SLE), quando pertinenti. Le azioni dovute al terreno, all'acqua e ai sovraccarichi anche transitori devono essere calcolate in modo da pervenire, di volta in volta, alle condizioni più sfavorevoli. Le ipotesi per il calcolo delle azioni del terreno e delle sollecitazioni della struttura di sostegno devono essere giustificate portando in conto la deformabilità relativa del terreno-struttura di sostegno, le modalità esecutive dello scavo, le caratteristiche meccaniche del terreno e il tempo di permanenza dello scavo”.

## 10. IDROGEOLOGIA

Il sito in esame si trova all'interno dell'alveo attivo. F.Fella in questo tratto possiede un regime perenne, con fenomeni di piena repentini alternati a periodi con il letto fluviale interessato da un unico filone idrico, generalmente prossimo alla spalla sinistra. Il regime superficiale si riflette anche sulla falda di subalveo che subisce importanti escursioni. Il sondaggio S1 è stato eseguito in corrispondenza della spalla sinistra ed ha intercettato la falda a partire da circa 7.5m dal piano strada (periodo poco piovoso); il sondaggio S2 è stato eseguito a partire dal piano strada della spalla destra ed ha intercettato la falda alla profondità di 13m (periodo poco piovoso). Le perforazioni eseguite in alveo a partire dal

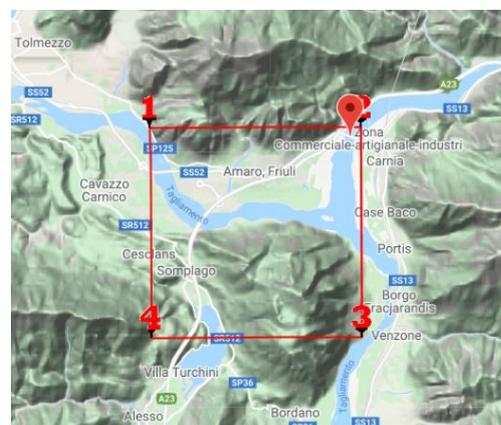
piano medio delle ghiaie hanno intercettato il sub-alveo nell'intervallo di profondità 2.5m-3.0m (periodo poco piovoso).

## 11. SISMICITA

Con l'attuale normativa (modifiche del D.M. 14/01/2008: Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 17/01/2018, pubblicato su Gazzetta Ufficiale supplemento ordinario n°8 del 20/02/2018), si fornisce una stima della pericolosità sismica, ricordando che il sito in esame ricade all'interno della maglia di microzonazione sismica indicata nella figura qui di seguito (nodi 1-4):

Da delibera Giunta Regionale n°845 del 06/05/2010, i Comuni di VENZONE e AMARO ricadono in:

**Zona 1, a ALTA Sismicità**



**Vertici punto (WGS 84): 46.381102, 13.123635**

Qui di seguito si riporta più in dettaglio le mappe di pericolosità sismica per il sito in esame. Le mappe riportano due parametri dello scuotimento:  $a(g)$  (accelerazione orizzontale massima del suolo, come definita dall'OPCM 3519/2006, corrispondente a quella che in ambito internazionale viene chiamata PGA) e  $Se(T)$  (Spettro di risposta Elastico in funzione del periodo  $T$ , in accelerazione); l'unità di misura è  $g$ , vale a dire l'accelerazione di gravità, corrispondente a  $9.8m/sec^2$ . Per i soli valori di  $a(g)$  è disponibile la relativa disaggregazione.

Le mappe in  $a(g)$  sono state calcolate per differenti probabilità di superamento in 50 anni (in totale 9, dal 2% all'81%). Per ogni stima è disponibile la distribuzione del 50mo

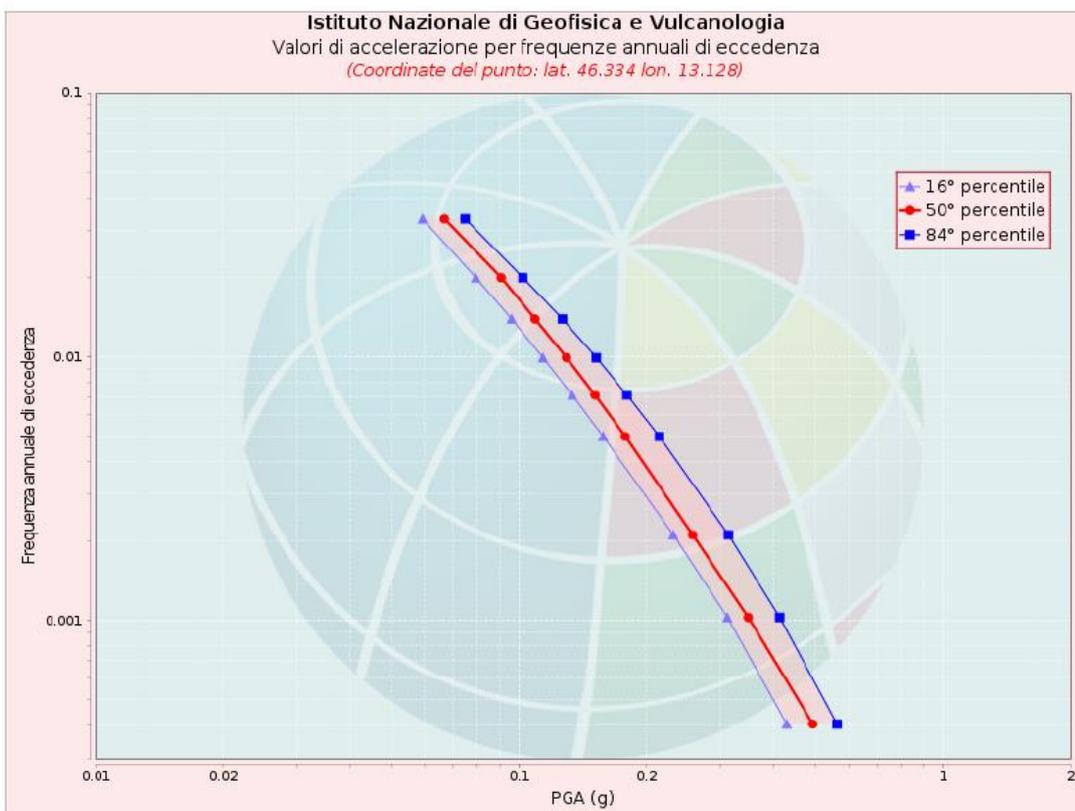
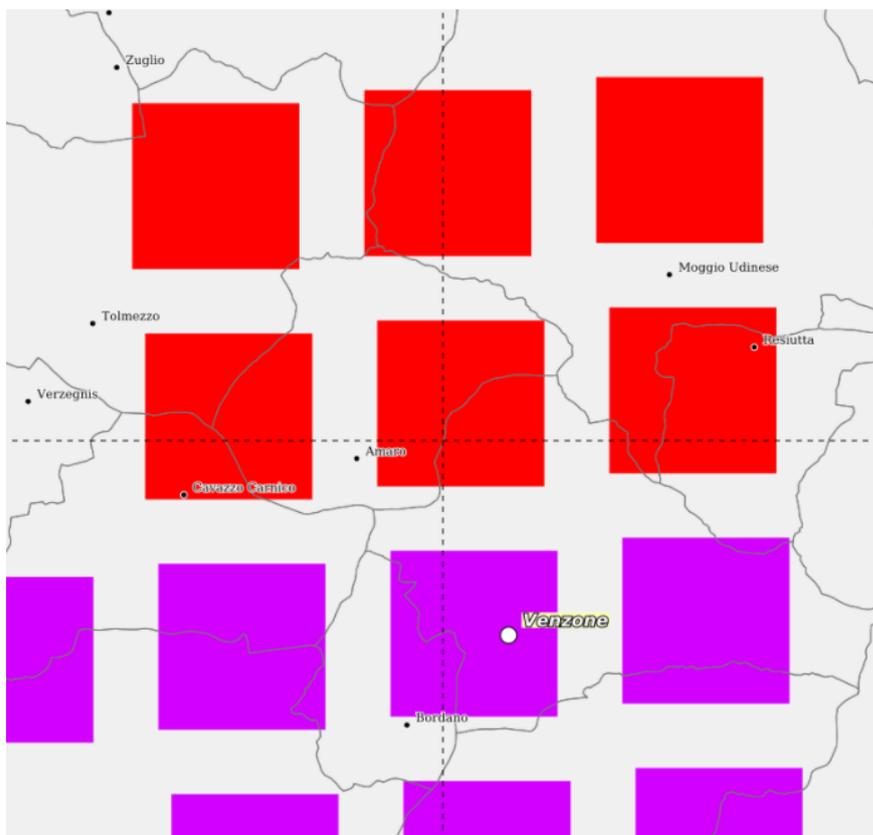
percentile (mappa mediana, che è la mappa di riferimento per ogni probabilità di superamento) e la distribuzione del 16mo e dell'84mo percentile che indicano la variabilità delle stime. I dettagli sulla realizzazione di queste stime di pericolosità sono disponibili nella pagina che descrive il deliverable D2 di questo progetto.

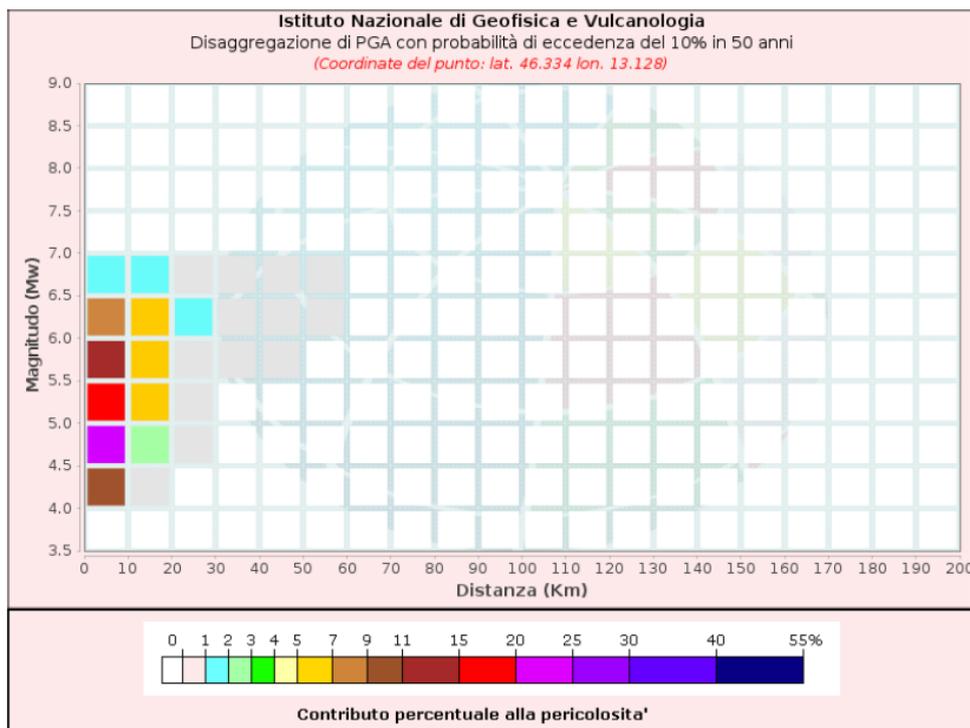
Le mappe in  $Se(T)$  sono state pure calcolate per le stesse probabilità di superamento in 50 anni (in totale 9, dal 2% all'81%) e per differenti periodi (in totale 10, da 0.1 a 2 secondi). Anche in questo caso per ogni stima è disponibile la distribuzione del 50mo percentile (mappa mediana, che è la mappa di riferimento per ogni probabilità di superamento) e la distribuzione del 16mo e dell'84mo percentile che indicano la variabilità delle stime. I dettagli sulla realizzazione di queste stime di pericolosità sono disponibili nella pagina che descrive il deliverable D3 di questo progetto.

L'utente, nella barra Selezione mappa, può scegliere i parametri della mappa che intende visualizzare, quindi premendo il bottone Ridisegna mappa avrà la visualizzazione richiesta.

Per ogni singolo nodo della griglia di riferimento è possibile richiedere il dettaglio in forma grafica e tabellare del parametro dello scuotimento visualizzato, attraverso lo strumento Grafico sul nodo griglia.

Dalla mappa in  $a(g)$  si otterrà, per ogni nodo, la corrispondente curva di hazard (andamento di  $a(g)$  per le diverse probabilità annuali di superamento); dalla mappa in  $Se(T)$ , si otterranno i cosiddetti UHS (Uniform Hazard Spectra = Spettri a Pericolosità Uniforme) per le diverse probabilità di eccedenza in 50 anni.





Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

Distanza in Km	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	9.8000	23.6000	19.2000	13.1000	7.6600	1.0200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.4690	2.8600	5.2100	6.3500	5.9900	1.0500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0036	0.2910	0.9590	1.4500	0.3190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0812	0.3250	0.0904	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0588	0.0255	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0035	0.0046	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi: magnitudo = 5.32 ; distanza = 7.6 ; epsilon = 0.934

Per ogni singolo nodo della griglia di riferimento è possibile richiedere il dettaglio in forma grafica e tabellare dell'analisi di disaggregazione (vale a dire il contributo delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza alla pericolosità del nodo) della relativa  $a(g)$ , utilizzando lo strumento Grafico di disaggregazione. Per lo stesso nodo si otterranno anche i valori medi di M-D- $\epsilon$  (magnitudo, distanza, epsilon).

L'analisi della disaggregazione dei valori di  $a(g)$  riporta, per ogni nodo della griglia di calcolo, la valutazione del contributo percentuale alla stima di pericolosità fornito da tutte le possibili coppie di valori di magnitudo e distanza; questa informazione è riportata sia in forma grafica sia in forma tabellare.

Per ogni nodo della griglia sono anche riportati, dopo la tabella, i valori medi di M-D- $\epsilon$ .

Questo tipo di analisi è utile nell'individuazione della sorgente sismogenetica che contribuisce maggiormente a produrre il valore di scuotimento stimato in termini probabilistici ed è utile in analisi di microzonazione. Tutti i dettagli su questo tipo di analisi sono contenuti nel deliverable D14 di questo progetto.

Al fine di determinare la categoria di sottosuolo sono stati eseguiti n°3 stendimenti sismici con tecnica MASW e n°3 stazioni di sismica passiva.

**MASW 1 – HVSr 1:** Alveo Attivo fra le pile n°2 e n°3;

**MASW 2 – HVSr 2:** Alveo Attivo fra le pile n°7 e n°8;

**MASW 3 – HVSr 3:** Alveo Attivo fra le pile n°11 e n°12;



Figura 29 – Stendimento sismico MASW 1 e HVSr 1



Figura 30 – Stendimento sismico MASW 2 e HVSR 2



**Figura 31** – Stendimento sismico MASW 3 e HVSR 3

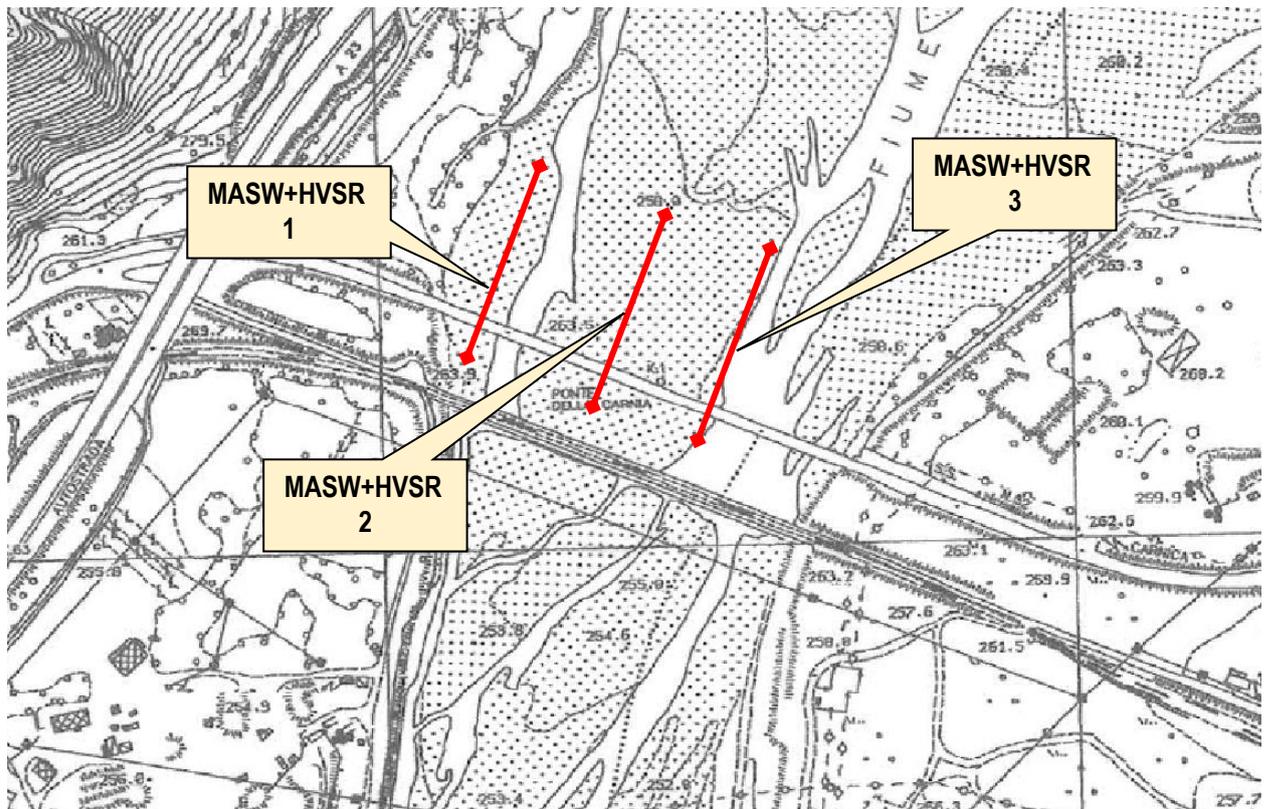


Figura 32 – Indagini sismiche MASW e HVSr

In prossimità del centro di ciascun stendimento sismico MASW è stata materializzata anche la stazione sismica monocanale HVSr.

### HVSr 1

Dataset: Fella\_A\_1.SAF

DATA ACQUISITION

Date and time: 2021 09 15 09 24 00

GPS data: Unavailable

DATA PROCESSING

Date: 15 9 2021

Time: 14 8

Sampling frequency (Hz): 64

Window length (sec): 20

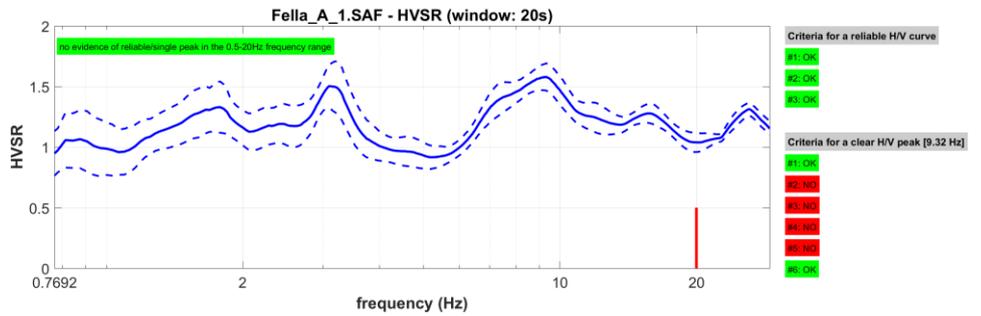
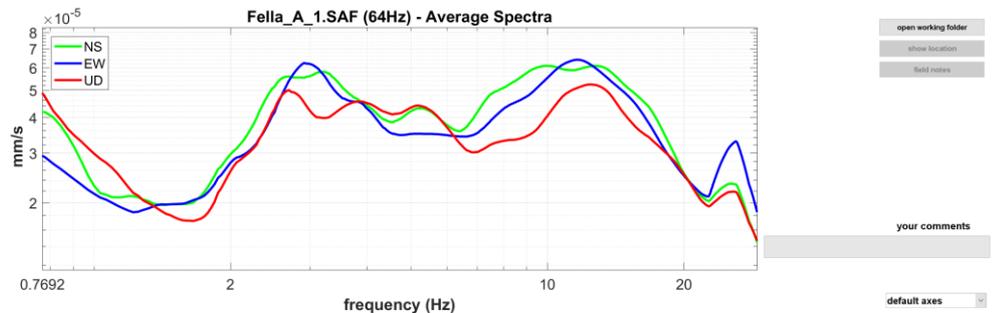
Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 20.0

Tapering (%): 5

Smoothing (%): 15

The screenshot shows a software interface with several panels. The top panel includes 'show data', 'reset', and 'upload HVSR curve'. Below it are sections for 'step#1 (optional) - decimate', 'step#2 - HV computation', and 'remove events'. The 'step#2 - HV computation' panel contains parameters for window length (20s), tapering (5%), amplitude threshold (2.6), HVSR threshold (250), spectral smoothing (15%), detrending order (2), and HOLLISD-2 Hz. There are also checkboxes for 'Particle motion', 'full output', 'continuity', '3D motion', and 'save video'. The 'directivity analysis' panel has 'frequencies to highlight' set to '1.0 5.0 10.0 Hz'. The 'save options' panel includes 'save HVSR as it is', 'save HV from 0.789 to 30 Hz', and 'save HV curve (as it is)'. The 'picking HV or amplitude spectra' panel has 'save picked HV' and 'compute' buttons. The 'quick analysis (HVVs@t)' panel has 'average Vs (m/s)', 'depth of the bedrock (m)', and 'Vs of the bedrock' fields. The 'highlight a frequency' panel has 'draw/highlight' and '10 Hz' fields. The 'directivity over time' panel has 'directivity in time' and 'time step: 120 s' fields.



To model the HVSR (also jointly with MASW or ReMi/ESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrum/a, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

## SESAME criteria

In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 9.3 (±3.9)

Peak HVSR value: 1.6 (±0.1)

### Criteria for a reliable H/V curve

#1.  $[f_0 > 10/Lw]$ :  $9.322 > 0.5$  (OK)

#2.  $[nc > 200]$ :  $7084 > 200$  (OK)

#3.  $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$  (OK)

## MASW 1

Date: 16 9 2021

Time: 15 2

Rayleigh dataset: A\_RVF2.sgy

Love dataset: A\_THF2.sgy

Retrieved model

Vsv (m/s): 180 240 350 450 480 490 550 1000

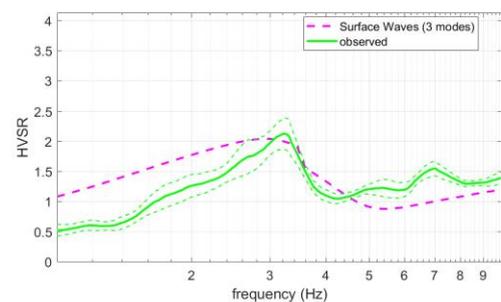
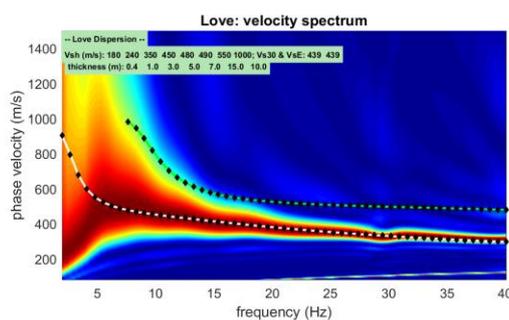
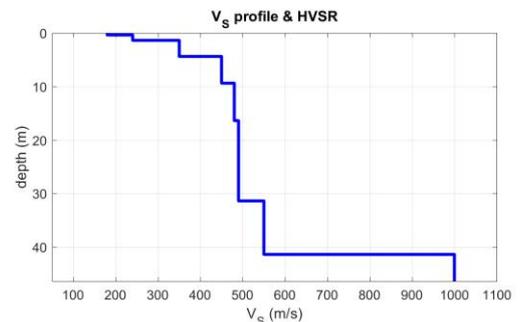
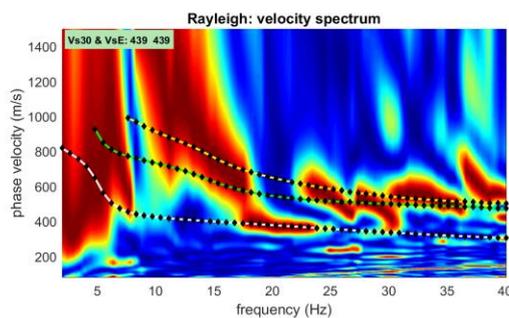
Vsh (m/s): 180 240 350 450 480 490 550 1000

Thickness (m): 0.4 1.0 3.0 5.0 7.0 15.0 10.0

Density (gr/cm<sup>3</sup>): 1.79 1.86 1.95 2.01 2.03 2.03 2.06 2.17

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 58 107 239 407 467 488 623 2173

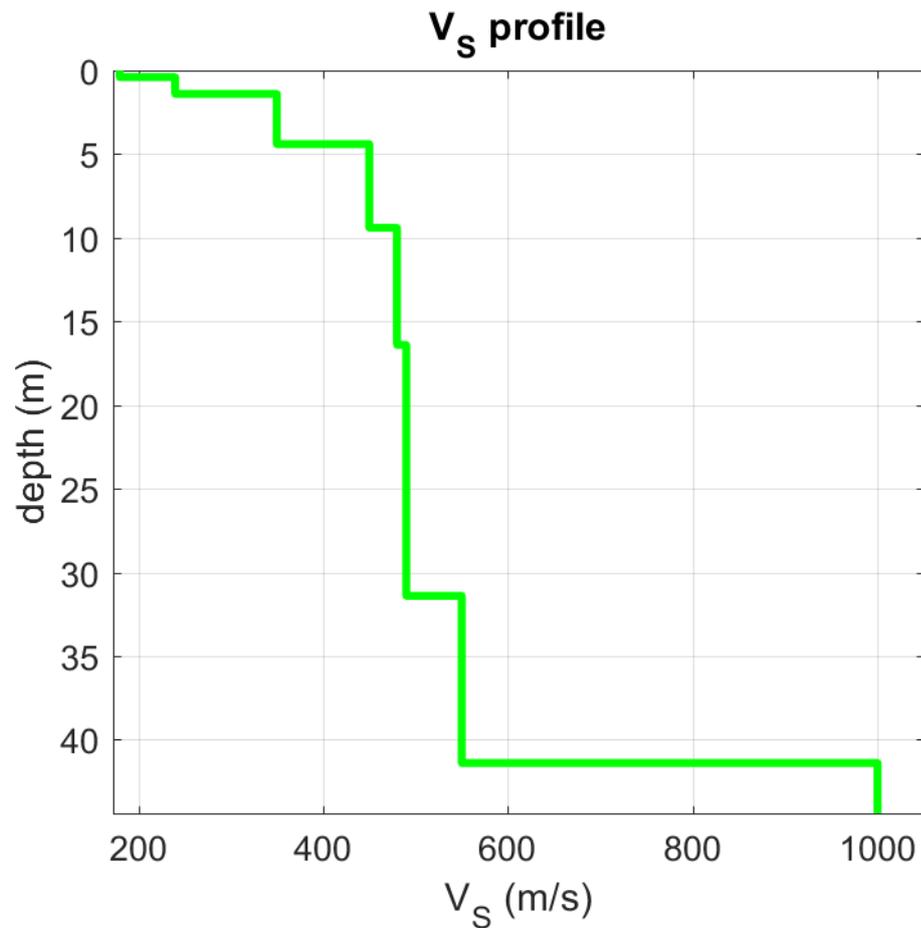
Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0 0 0 0 0



Approximate values for Vp and elastic moduli (please, see manual)

Vp (m/s): 337 449 655 842 898 917 1029 1633

Poisson: 0.30 0.30 0.30 0.30 0.30 0.30 0.30 0.20



**VS30 and VsE (m/s): 439 439**

## HVSR 2

Dataset: Fella\_B\_1.SAF

### DATA ACQUISITION

Date and time: 2021 09 15 10 20 00

GPS data: Unavailable

### DATA PROCESSING

Date: 15 9 2021

Time: 14 11

Sampling frequency (Hz): 64

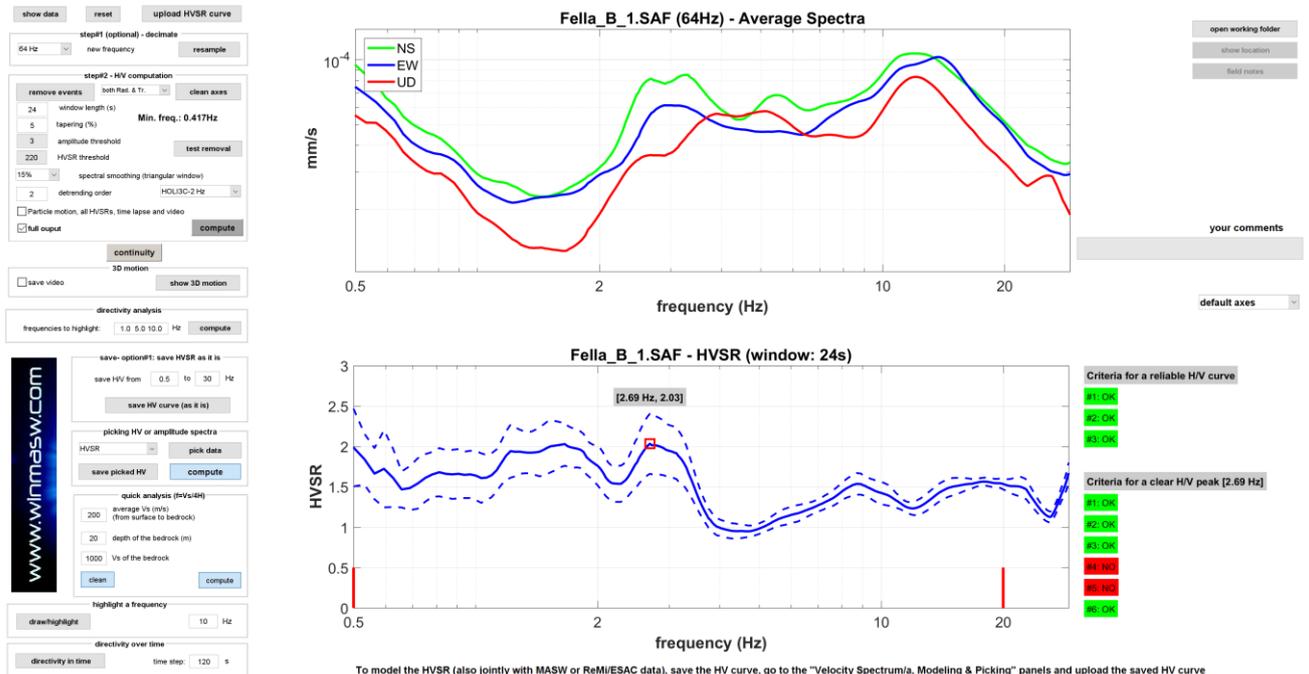
Window length (sec): 24

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.41667Hz

Length of analysed dataset (min): 20.0

Tapering (%): 5

Smoothing (%): 15



## SESAME criteria

In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 2.7 ( $\pm 0.9$ )

Peak HVSr value: 2.0 ( $\pm 0.4$ )

### Criteria for a reliable H/V curve

#1.  $[f_0 > 10/Lw]$ :  $2.690 > 0.41667$  (OK)

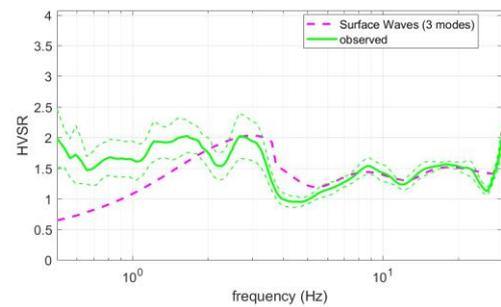
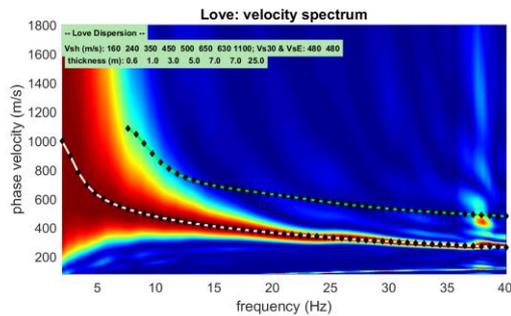
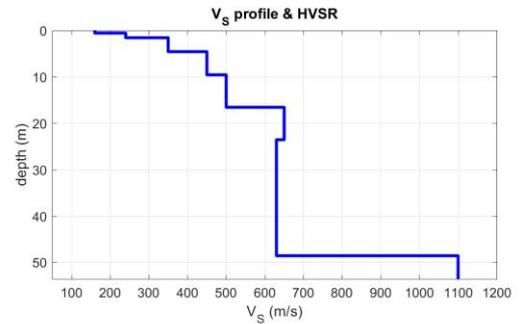
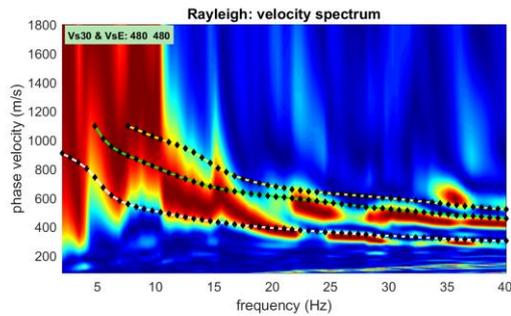
#2.  $[nc > 200]$ :  $2518 > 200$  (OK)

#3.  $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$  (OK)

**MASW 2**

Date: 15 9 2021

Time: 15 8



Rayleigh dataset: B\_RVF2.sgy

Love dataset: B\_THF2.sgy

Retrieved model

Vsv (m/s): 160 240 350 450 500 650 630 1100

Vsh (m/s): 160 240 350 450 500 650 630 1100

Thickness (m): 0.6 1.0 3.0 5.0 7.0 7.0 25.0

Density (gr/cm3): 1.79 1.89 1.98 2.04 2.06 2.10 2.09 2.20

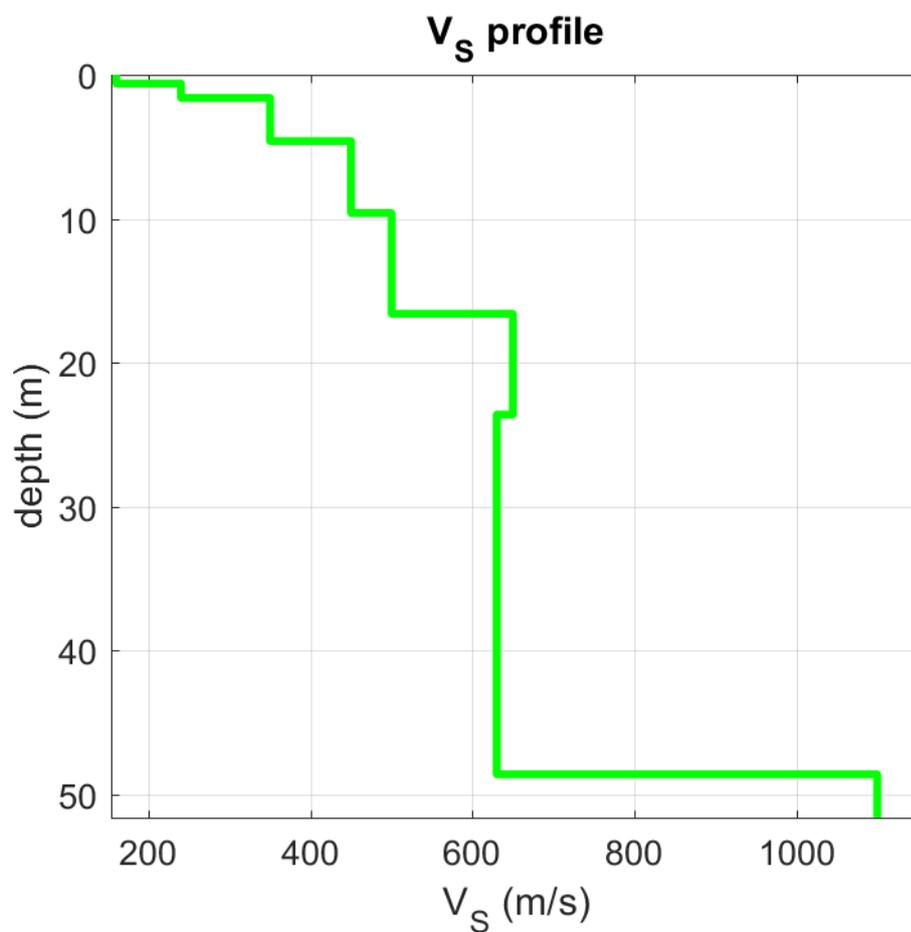
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 46 109 242 413 516 888 831 2657

Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0 0 0 0 0

Approximate values for  $V_p$  and elastic moduli (please, see manual)

$V_p$  (m/s): 333 500 729 937 1041 1216 1179 1796

Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.30 0.30 0.20



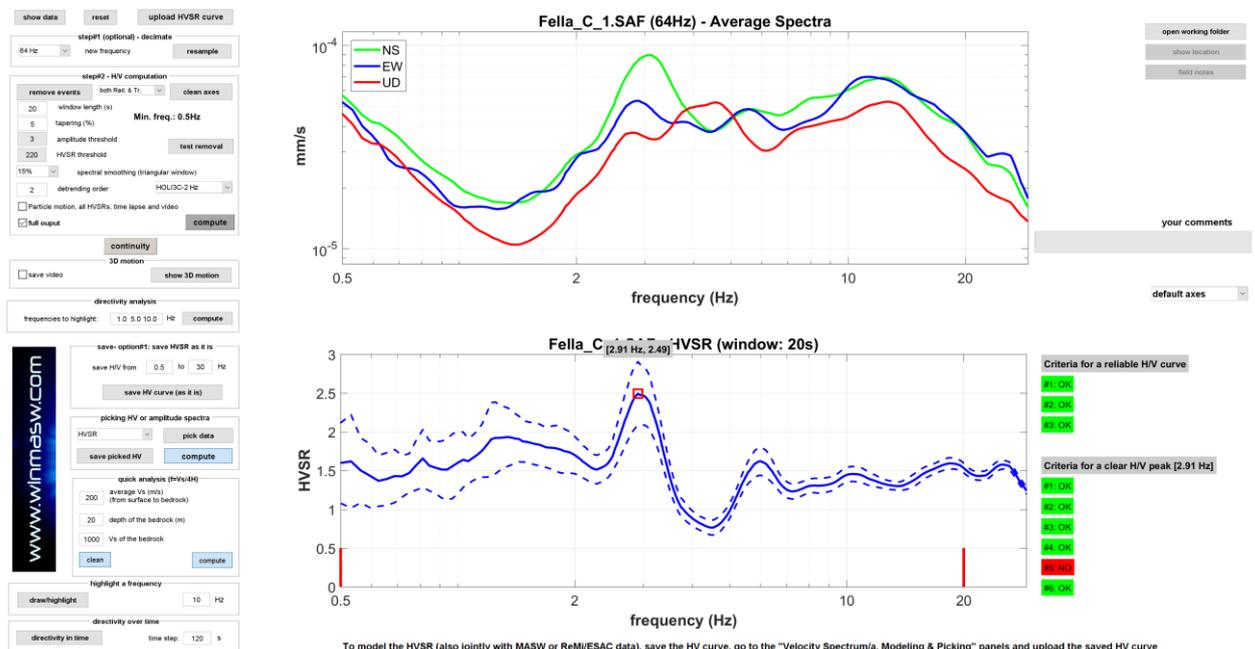
### HVSR 3

Dataset: Fella\_C\_1.SAF

DATA ACQUISITION

Date and time: 2021 09 15 11 12 00

GPS data: Unavailable



## DATA PROCESSING

Date: 15 9 2021

Time: 14 13

Sampling frequency (Hz): 64

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 20.0

Tapering (%): 5

Smoothing (%): 15

## SESAME criteria

In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 2.9 (a1.1)

Peak HVSR value: 2.5 (a0.4)

Criteria for a reliable H/V curve

#1. [f0 > 10/Lw]: 2.909 > 0.5 (OK)

#2. [nc > 200]: 3375 > 200 (OK)

#3.  $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$  (OK)

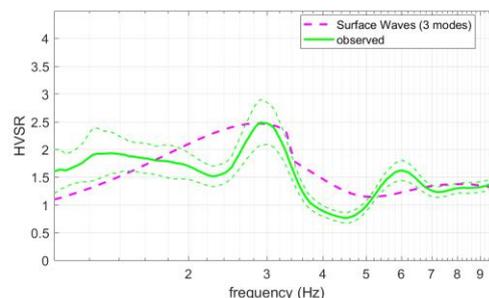
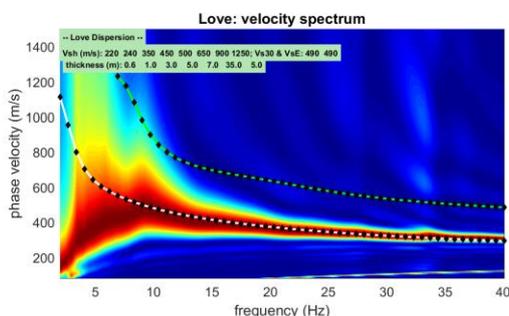
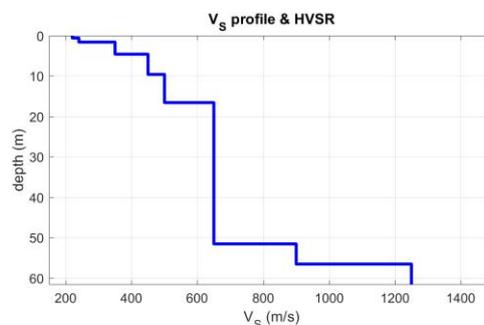
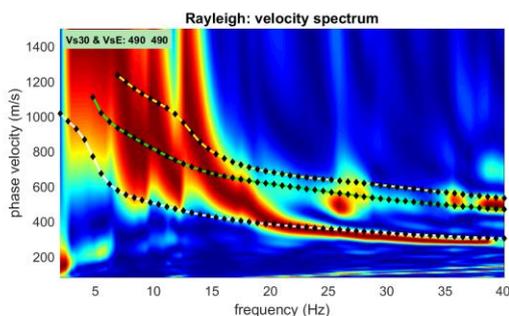
### MASW 3

Date: 15 9 2021

Time: 15 13

Rayleigh dataset: C\_RVF2.sgy

Love dataset: C\_THF2.sgy



Retrieved model

Vsv (m/s): 220 240 350 450 500 650 900 1250

Vsh (m/s): 220 240 350 450 500 650 900 1250

Thickness (m): 0.6 1.0 3.0 5.0 7.0 35.0 5.0

Density (gr/cm<sup>3</sup>): 1.84 1.86 1.95 2.01 2.06 2.10 2.18 2.23

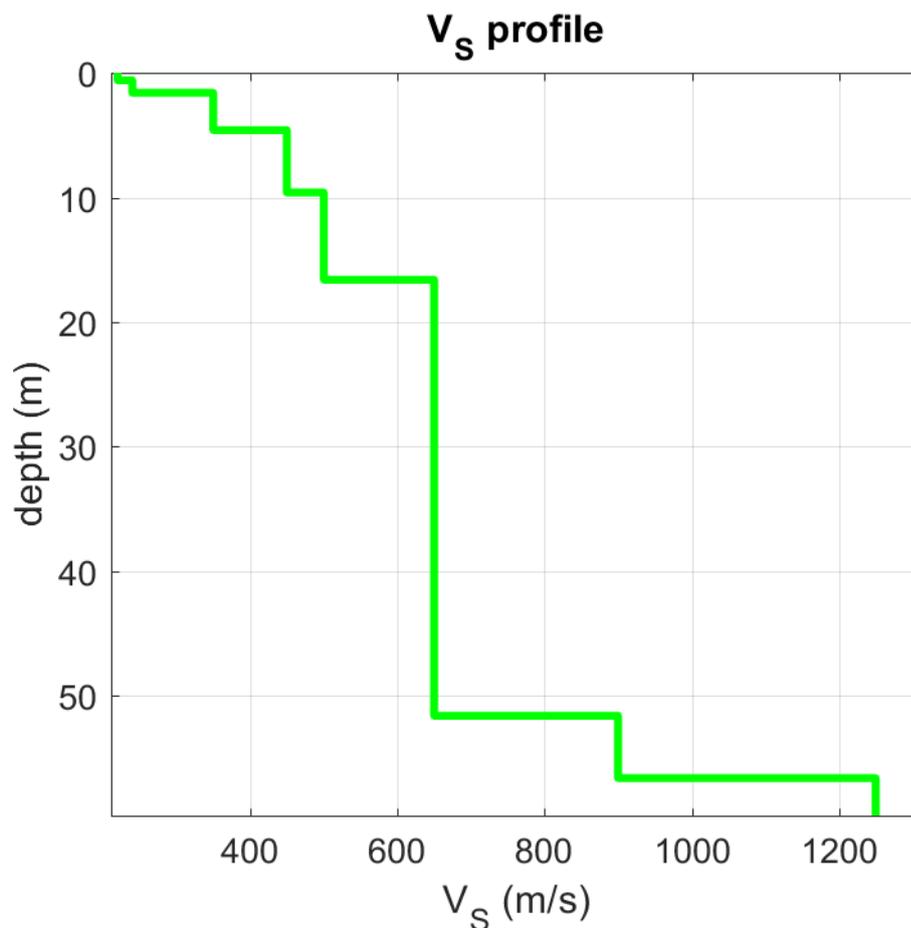
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 89 107 239 407 516 888 1766 3480

Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0 0 0 0 1248

Approximate values for  $V_p$  and elastic moduli (please, see manual)

$V_p$  (m/s): 412 449 655 842 1041 1216 1684 2041

Poisson: 0.30 0.30 0.30 0.30 0.35 0.30 0.30 0.20



**VS30 and VsE (m/s): 490 490**

Dalla normativa vigente (NTC 2018. DECRETO 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni.), la categoria di suolo risulta essere del tipo:

**Categoria B** - Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle

proprietà meccaniche con la profondità, caratterizzati da valori di VS30 compresi fra 360 m/s e 800 m/s.

Non sono presenti condizioni morfologiche che implicino amplificazioni della forza sismica.

Dalle indagini eseguite, il sottosuolo del sito in esame possiede una distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 25 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

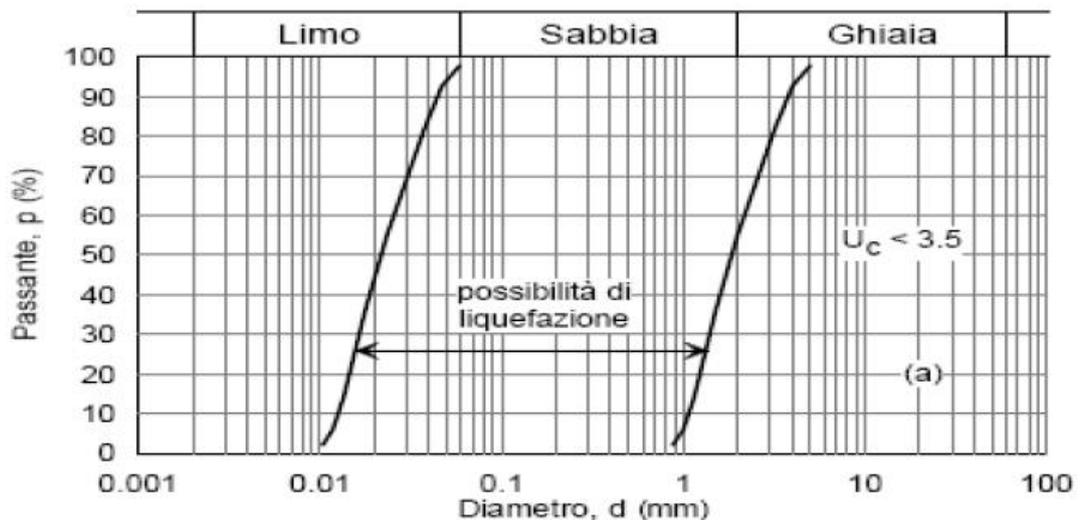


Figura 33 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Sono quindi assenti anche potenziali fenomeni di liquefazione.

## 12. VARIANTE AL PRGC

Al fine di realizzare l'opera in progetto è necessario procedere alla redazione di una Variante Urbanistica ai PRG vigenti dei Comune di Amaro e Venzone al fine della imposizione del vincolo preordinato all'esproprio.

Attualmente infatti, come si evince dalla sovrapposizione del progetto sul PRGC, si rende necessario occupare aree con le seguenti destinazioni:

#### Comune di Venzone:

Nel territorio comunale di Venzone verrà occupata la zona E.7 “di riqualificazione paesaggistica”;

#### Comune di Amaro:

Nel territorio comunale di Amaro l’opera in progetto andrà ad occupare l’attuale zona E.4 sottozona E.4.1 “ambiti di interesse paesaggistico di riconoscimento di attività agricole esistenti” e ad aree in “Ambito di interesse fluviale”.

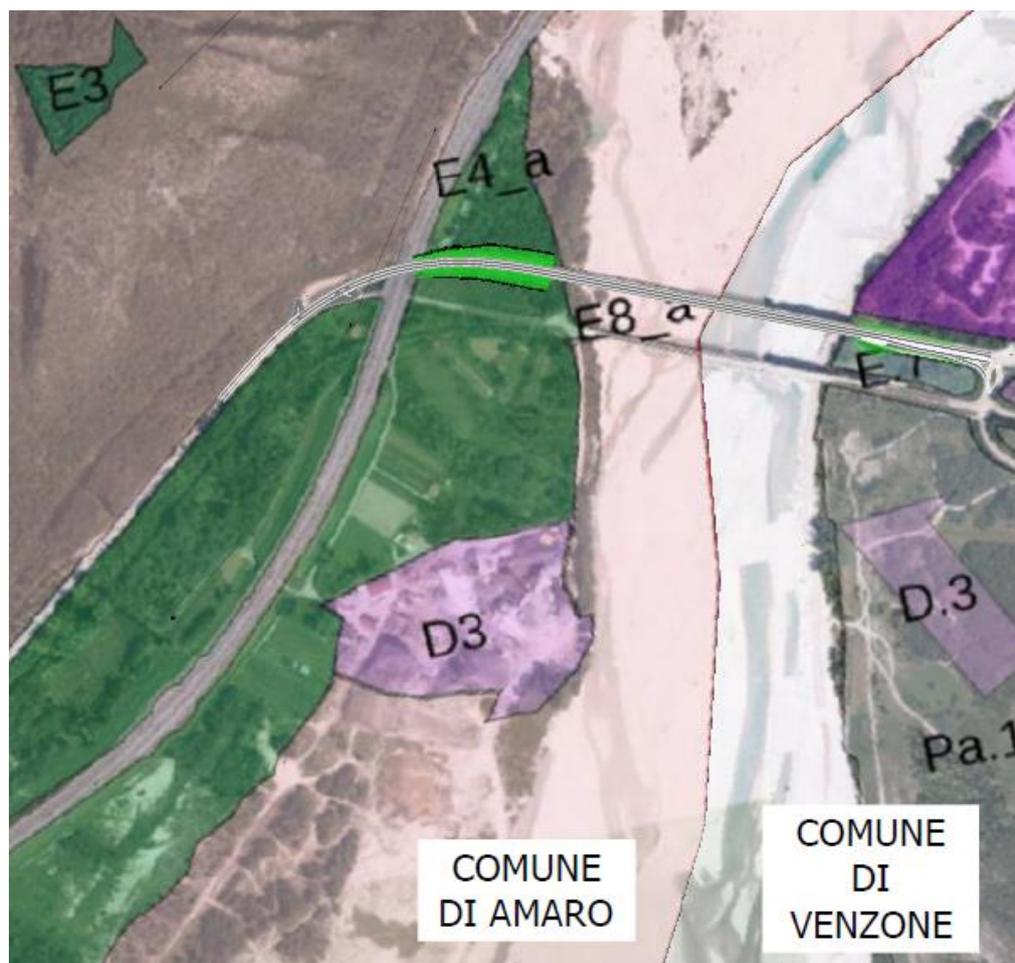


Figura 34 –Estratto PRG stato di fatto

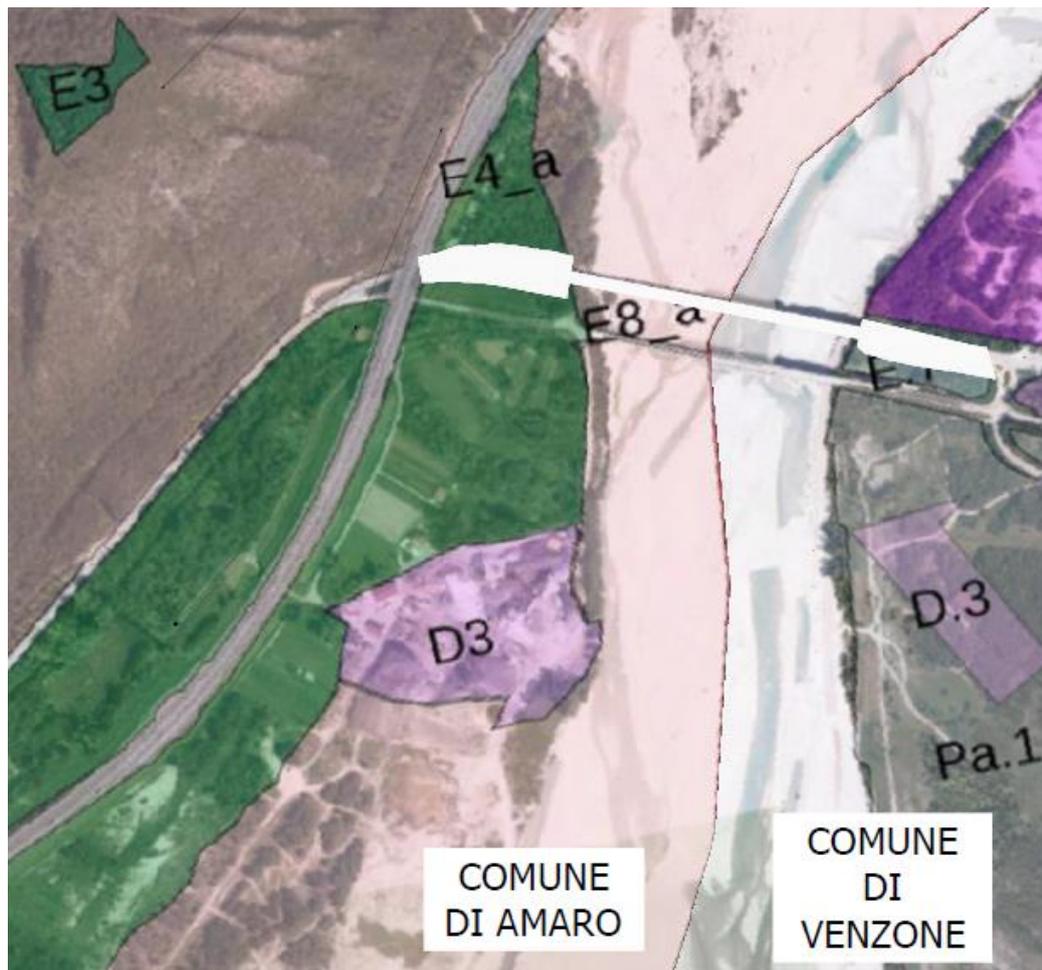


Figura 35 –Estratto PRG stato di progetto con in bianco le aree di nuova occupazione

Gli interventi in progetto mirano alla sistemazione della viabilità attraverso opere che non determinano un incremento della pericolosità idrogeologica esistente.

In rapporto alle Nda del PAI (Piano di Assetto Idrogeologico – Fiume Fella) le attività in progetto devono rientrare nelle attività previste dall'art.8 comma 4:

4. Al fine di non incrementare le condizioni di rischio nelle aree fluviali e in quelle pericolose, fermo restando quanto stabilito al comma precedente ed in rapporto alla specifica natura e tipologia di pericolo individuata, tutti i nuovi interventi, opere, attività consentiti dal Piano o autorizzati dopo la sua approvazione, devono essere tali da: a. mantenere le condizioni esistenti di funzionalità idraulica o migliorarle, agevolare e comunque non impedire il normale deflusso delle acque;

ed in particolare si configurano come attività contemplate dal par h dell'articolo 9, ovvero:

*h. realizzazione o ampliamento di infrastrutture viarie, ferroviarie e di trasporto pubblico nonché di piste ciclopedonali, purché siano contestualmente attuati i necessari interventi di mitigazione della pericolosità o del rischio; in particolare gli interventi di realizzazione di nuove infrastrutture stradali devono anche essere coerenti alle previsioni del piano di protezione civile ove esistente; adeguamenti delle infrastrutture viarie esistenti sono ammissibili anche in deroga all’obbligo di contestuale realizzazione degli interventi di mitigazione solo nel caso in cui gli adeguamenti si rendano necessari per migliorare le condizioni di sicurezza della percorribilità delle stesse;*

Pertanto

**Per le modifiche sopraelencate, ai sensi e per gli effetti dell’art. 10 della L.R. 27/88, si dichiara la compatibilità fra le previsioni dello strumento urbanistico costituente variante al P.R.G.C. e le condizioni geologiche dell’area.**

Massimo Valent GEOLOGO



Umberto Stefanel GEOLOGO



### 13. CONCLUSIONI

In base a quanto esposto si riassumono i seguenti punti sulla base del N.T.C. 2018

CONTESTO MORFOLOGICO:	AMBITO FLUVIALE
PROCESSI GEOMORFOLOGICI ATTIVI	ALVEO ATTIVO – PROCESSI DI SOVRALLUVIONAMENTO IN BARRE FLUVIALI E INCISIONE CANALI DI DEFLUSSO
VELOCITA' EVOLUTIVA PAESAGGIO	ALTA
UNITA' LITOLOGICHE:	ALLUVIONI PREVALENTEMENTE GHIAIOSE (CARBONATICHE PREVALENTI) CON SABBIE, CIOTTOLI E BLOCCHI E LIMO IN SUBORDINE.
CATEGORIA SOTTOSUOLO (NTC 2018)	CATEGORIA B
AMPLIFICAZIONI SISMICHE TOPOGRAFICHE (NTC 2018)	NESSUNA
FALDA	SUB-ALVEO, TALORA CON LIVELLI IN DEBOLE PRESSIONE IN PROFONDITAÀ
PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE DA P.A.I.:	NESSUNA
PERICOLOSITÀ IDRAULICHE DA P.A.I.R.:	AMBITO FLUVIALE (ALVEO), PERICOLOSITA' P1 E P2 (SPALLE PONTE)

In particolare:

Attualmente il corso d'acqua possiede una dinamica tipo wandering, caratterizzato da una tipica forma sinuosa con barre alternate, semi-confinato, con richiamo verso la spalla sinistra del filone idrico principale e sovralluvionamento da centro alveo verso al spalla destra.

La classe di erodibilità dell'alveo attivo risulta mediamente elevata, e determinata dall'alta

mobilità del fondo dell'alveo e dalla tendenza altimetrica alla sedimentazione prevista per la mole di aree sorgenti di sedimento fornita dai torrenti Aupa e Resia. In questo settore l'alveo attivo ha subito negli anni un progressivo restringimento, determinato dalla realizzazione delle difese di sponda sinistra che hanno stabilizzato la confluenza del Rio Tugliezzo.

Le indagini dirette e sismiche non hanno intercettato il substrato lapideo.

I materiali intercettati dalle indagini risultano essere ascrivibili a ghiaie sabbiose con limo in subordinate, con ciottoli e blocchi di natura per lo più carbonatica; in subordinate sono presenti litologie arenitiche, siltitici, breccie e conglomerati. A tal proposito si segnala la presenza di blocchi costituiti da breccie della Formazione di Ugovizza e conglomerati di Quarzite, assai resistenti alla perforazione.

Il modello geotecnico è stato redatto sulla base delle indagini eseguite e dovrà essere verificato in cantiere dal geologo, così come la presenza l'identificazione delle anomalie di riporto.

Nel corso di eventuali fasi di scavo e/o perforazione dovrà essere presente il geologo, al fine di verificare il modello geotecnico sopra esposto e la stabilità dei fronti di scavo.

Le pareti di scavo all'interno degli orizzonti ghiaiosi possiedono una precaria capacità di autosostentamento sub-verticale anche nel breve periodo, anche per la presenza di falda subalveo.

La stima del tutto indicativa della produzione solida del corso d'acqua fornisce un valore pari a circa 900.000mc/anno.

Nel rispetto di quanto sopra sottolineato e consigliato ed in considerazione della tipologia d'intervento, le caratteristiche geologico-tecniche rilevate in corrispondenza del sito in esame si sono rivelate compatibili con la realizzazione delle opere in progetto.

Massimo Valent GEOLOGO



Umberto Stefanel GEOLOGO



## 14. ALLEGATI

**ANALISI DI LABORATORIO**

L.G.T. Laboratorio Geotecnico Srl

Via Pasteur, 2 - 33050 Ruda (Udine) – tel. 0431 30151 email info@ellegiti.it PEC lgt@legalmail.it

**LABORATORIO PROVE**

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su materiali da costruzioni  
Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su terre e rocce

**PROVE SU TERRE**

Rif. Cap. 5 - Settore A Circ. 7618/STC del 08/09/2010

CERTIFICATO DI PROVA N.

72908

Lavoro N.

12726/21

Committente

SRV SRL

Cantiere

PONTE FIUME FELLA

Località

AMARO (UD)

Richiedente

DR. UMBERTO STEFANEL

Richiesta

VERBALE

del

22/07/21

Verbale di  
accettazione n.

15714/1

del

22/07/21

Campione

"SPALLA DESTRA"

Prelievo a cura di

COMMITTENTE

Dichiarazione :

- Il presente certificato si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prova .
- La riproduzione, anche parziale, del Certificato di prova deve essere autorizzata per iscritto dal Laboratorio .

Spazio destinato alla marca da bollo in caso  
d'uso

Data di emissione

04/08/21

Lo Sperimentatore: Dr. A. Tentor

Il Direttore del Laboratorio: Geol. Roberto Fioriti

Azienda Certificata ISO 9001:2015 N. 30861

pag. 1/2

ALIG

ASSOCIAZIONE LABORATORI DI  
INGEGNERIA E GEOTECNICA



**LABORATORIO PROVE**

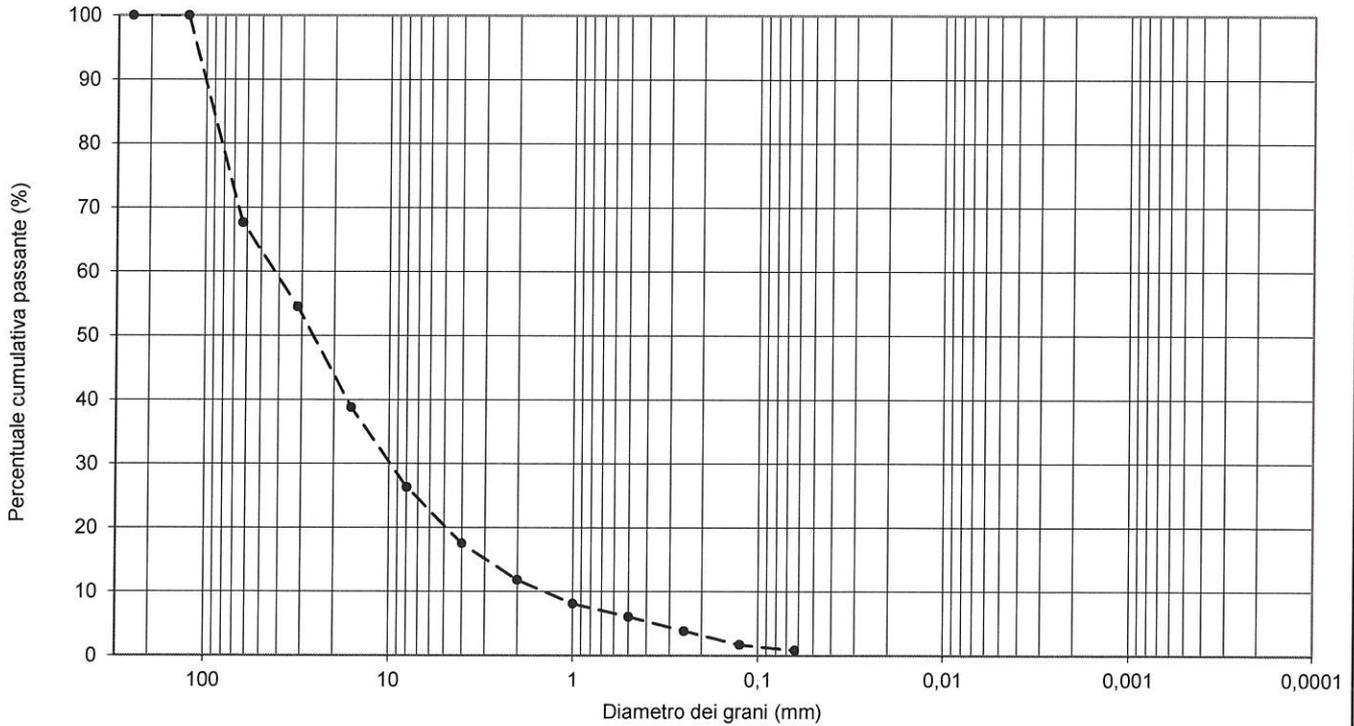
Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su materiali da costruzioni

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su terre e rocce

CERTIFICATO N. **72908** Lavoro N. **12726/21** Verbale di Accettazione N. **15714/1**

**Analisi granulometrica - UNI EN 933-1**

Data fine prove: **02/08/21**



**ANALISI PER SETACCIATURA** Serie stacci secondo UNI EN 933-2

mm	250	125	63	31,5	16	8,0	4	2	1	0,5	0,250	0,125	0,063
% passante	100,0	100,0	67,6	54,5	38,8	26,3	17,5	11,8	8,1	6,1	3,9	1,7	0,9

**ANALISI PER SEDIMENTAZIONE** Densimetro serie ASTM 152 H ed eseguita secondo UNI CEN ISO TS 17892-4

μ m													
% passante													

Altri parametri	Classi granulometriche:	Classificazione secondo UNI EN 11531-1:
Peso specifico (-) = -	Ciottolo ( $\phi > 63\text{mm}$ ) = 32,4 %	-
Limite liquido (%) = -	Ghiaia ( $2,0 < \phi < 63\text{mm}$ ) = 55,8 %	
Limite plastico (%) = -	Sabbia ( $0,063 < \phi < 2,0\text{mm}$ ) = 10,9 %	Definizione secondo UNI EN ISO 14688-1 p.to 4:
	Limo ( $0,002 < \phi < 0,063\text{mm}$ ) = 0,9 %	<b>Ghiaia con Ciottoli debolmente Sabbiosa - saccoGr</b>
	Argilla <sup>(1)</sup> ( $\phi \leq 0,002\text{mm}$ ) = - %	

Nota (1): Qualora nelle classi granulometriche non venga indicata la percentuale di argilla, la percentuale di limo è da intendersi come sommatoria delle percentuali di "Limo e Argilla"

Data di emissione **04/08/21** Lo Sperimentatore: **Dr. A. Tentor** Il Direttore del Laboratorio: **Geol. Roberto Fioriti**

Azienda Certificata ISO 9001:2015 N. 30861



ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA



L.G.T. Laboratorio Geotecnico Srl

Via Pasteur, 2 - 33050 Ruda (Udine) – tel. 0431 30151 email info@ellegiti.it PEC lgt@legalmail.it

**LABORATORIO PROVE**

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su materiali da costruzioni  
Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su terre e rocce

**PROVE SU TERRE**

Rif. Cap. 5 - Settore A Circ. 7618/STC del 08/09/2010

CERTIFICATO DI PROVA N.

72909

Lavoro N.

12726/21

**Committente**

SRV SRL

**Cantiere**

PONTE FIUME FELLA

**Località**

AMARO (UD)

**Richiedente**

DR. UMBERTO STEFANEL

**Richiesta**

VERBALE

del

22/07/21

**Verbale di  
accettazione n.**

15714/2

del

22/07/21

**Campione**

"SPONDA SINISTRA"

**Prelievo a cura di**

COMMITTENTE

Dichiarazione :

- Il presente certificato si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prova .
- La riproduzione, anche parziale, del Certificato di prova deve essere autorizzata per iscritto dal Laboratorio .

Spazio destinato alla marca da bollo in caso  
d'uso

Data di emissione

04/08/21

Lo Sperimentatore: Dr. A. Tentor

Il Direttore del Laboratorio: **Geol. Roberto Fioriti**

Azienda Certificata ISO 9001:2015 N. 30861

pag. 1/2

**ALIG**

ASSOCIAZIONE LABORATORI DI  
INGEGNERIA E GEOTECNICA





L.G.T. Laboratorio Geotecnico Srl

Via Pasteur, 2 - 33050 Ruda (Udine) – tel. 0431 30151 email info@ellegiti.it PEC lgt@legalmail.it

**LABORATORIO PROVE**

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su materiali da costruzioni

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su terre e rocce

**PROVE SU TERRE**

Rif. Cap. 5 - Settore A Circ. 7618/STC del 08/09/2010

CERTIFICATO DI PROVA N.

72910

Lavoro N.

12726/21

Committente

SRV SRL

Cantiere

PONTE FIUME FELLA

Località

AMARO (UD)

Richiedente

DR. UMBERTO STEFANEL

Richiesta

VERBALE

del

22/07/21

Verbale di  
accettazione n.

15714/3

del

22/07/21

Campione

"CENTRO ALVEO"

Prelievo a cura di

COMMITTENTE

Dichiarazione :

- Il presente certificato si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prova .
- La riproduzione, anche parziale, del Certificato di prova deve essere autorizzata per iscritto dal Laboratorio .

Spazio destinato alla marca da bollo in caso  
d'uso

Data di emissione

02/08/21

Lo Sperimentatore: Dr. A. Tentor

Il Direttore del Laboratorio: Geol. Roberto Fioriti

Azienda Certificata ISO 9001:2015 N. 30861

pag. 1/2

ALIG

ASSOCIAZIONE LABORATORI DI  
INGEGNERIA E GEOTECNICA



**LABORATORIO PROVE**

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su materiali da costruzioni

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su terre e rocce

CERTIFICATO N. **72910**

**72910**

Lavoro N. **12726/21**

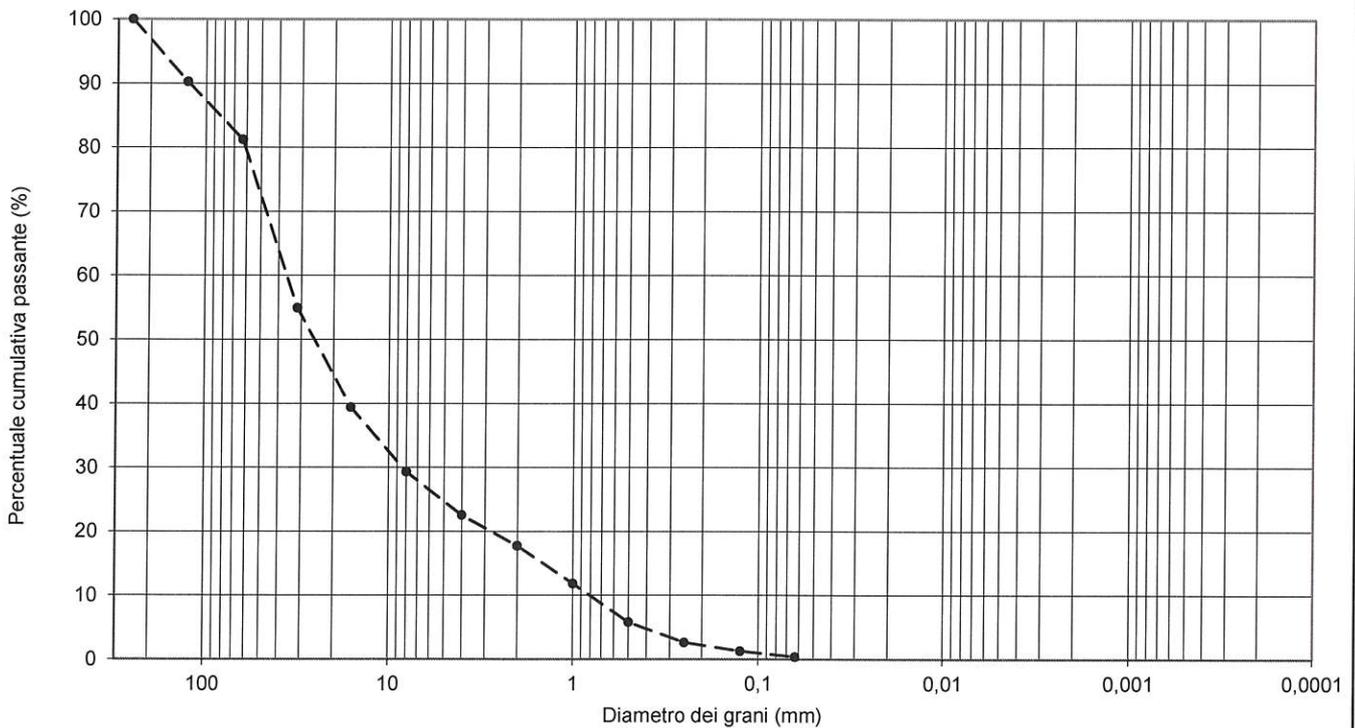
**12726/21**

Verbale di  
Accettazione N.

**15714/3**

**Analisi granulometrica - UNI EN 933-1**

Data fine prove: **02/08/21**



**ANALISI PER SETACCIATURA** Serie stacci secondo UNI EN 933-2

mm	250	125	63	31,5	16	8,0	4	2	1	0,5	0,250	0,125	0,063
% passante	100,0	90,2	81,3	55,0	39,4	29,3	22,5	17,7	11,9	5,8	2,6	1,3	0,4

**ANALISI PER SEDIMENTAZIONE** Densimetro serie ASTM 152 H ed eseguita secondo UNI CEN ISO TS 17892-4

μ m													
% passante													

Altri parametri	Classi granulometriche:	Classificazione secondo UNI EN 11531-1:
Peso specifico (-) = -	Ciottolo ( $\phi > 63\text{mm}$ ) = 18,7 %	-
Limite liquido (%) = -	Ghiaia ( $2,0 < \phi < 63\text{mm}$ ) = 63,6 %	
Limite plastico (%) = -	Sabbia ( $0,063 < \phi < 2,0\text{mm}$ ) = 17,3 %	Definizione secondo UNI EN ISO 14688-1 p.to 4: <b>Ghiaia Ciottolosa e Sabbiosa / saccoGr</b>
	Limo ( $0,002 < \phi < 0,063\text{mm}$ ) = 0,4 %	
	Argilla <sup>(1)</sup> ( $\phi \leq 0,002\text{mm}$ ) = - %	

Nota (1): Qualora nelle classi granulometriche non venga indicata la percentuale di argilla, la percentuale di limo è da intendersi come somma delle percentuali di Limo e Argilla

Data di emissione **02/08/21**

Lo Sperimentatore: **Dr. A. Tentor**

Il Direttore del Laboratorio: **Geol. Roberto Fioriti**

Azienda Certificata ISO 9001:2015 N. 30861

pag. 2/2

**ALIG**

ASSOCIAZIONE LABORATORI DI  
INGEGNERIA E GEOTECNICA



PS 85-01/1013-1016 Rev.1