

**INTERVENTI PREVISTI DAL PROGRAMMA DI ATTUAZIONE DEL PNRR
MISSIONE 2, COMPONENTE 4, INVESTIMENTO 3.3 “RINATURAZIONE DELL’AREA DEL PO”
FINANZIATO DALL’UNIONE EUROPEA – NEXTGENERATIONEU**

PROGETTO DI FATTIBILITA’ TECNICO ED ECONOMICA

**INTERVENTO N. 8 - KM 222 – P
BASSIGNANA (AL)**

CODICE ELABORATO:

PF.0.0.8.GEO.GE.R.T.0.0.1.A

TITOLO ELABORATO:

Relazione geologica e geotecnica

SCALA	COMMESSA	WBS			CODICE			REVISIONE
		Fase	Scheda	Opera	Argomento	Tipo. Elab.	Progressivo	Rev.
-	16299	PF	008	GEO	GE	RT	001	A

PROGETTAZIONE

Raggruppamento temporaneo di professionisti

Mandataria



Mandanti



STAZIONE APPALTANTE

**Agenzia Interregionale
per Il Fiume Po**
 Strada G. Garibaldi n.75
 43121 Parma (PR)

**Responsabile Unico
del Procedimento**
 Ing. Mirella Vergnani

Responsabile dell'integrazione delle prestazioni specialistiche
 Ing. Stefano Luca Possati

Coordinatore della Sicurezza in fase di progettazione
 Ing. Andrea Piacenti

**Responsabile
dell'elaborato**
 ENGEO S.r.l.
 Geol. Francesco Cerutti

A	07/08/2023	Prima emissione	M. Baisi	F. Cerutti	S.L. Possati
REV	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato

PNRR - M2C4 Investimento 3.3 - RINATURAZIONE DELL'AREA DEL PO	
Progetto di fattibilità tecnica ed economica	
INTERVENTO N. 8 – KM 222 – P BASSIGNANA (AL)	
<i>Codice elaborato:</i>	PF.0.0.8.GEO.GE.R.T.0.0.1.A
<i>Titolo elaborato:</i>	Relazione geologica e geotecnica

pag. 1 / 33

Sommario

1	PREMESSE.....	2
1.1	Riferimenti normativi	2
1.2	Intervento in progetto	3
2	GEOLOGIA.....	5
2.1	Inquadramento geologico.....	5
2.1.1	Subsidenza.....	7
2.1.2	Geositi	8
2.2	Caratteri geologici locali.....	8
3	GEOMORFOLOGIA.....	12
3.1	Inquadramento geomorfologico.....	12
3.2	Caratteri geomorfologici locali.....	12
4	IDROGEOLOGIA.....	15
4.1	Inquadramento idrogeologico.....	15
4.2	Caratteri idrogeologici locali	19
5	SISMICA.....	20
5.1	Sismicità del territorio.....	20
5.2	Classificazione sismica	22
5.3	Scenario di pericolosità sismica locale	25
6	GEOTECNICA	26
7	CAMPAGNA GEOGNOSTICA.....	27
8	ALLEGATI	28
Allegato A	Carta geologica	29
Allegato B	Carta geomorfologica	30
Allegato C	Carta idrogeologica	31
Allegato D	Ubicazione indagini	32

PNRR - M2C4 Investimento 3.3 - RINATURAZIONE DELL'AREA DEL PO Progetto di fattibilità tecnica ed economica	
INTERVENTO N. 8 – KM 222 – P BASSIGNANA (AL)	
<i>Codice elaborato:</i>	PF.0.0.8.GEO.GE.R.T.0.0.1.A
<i>Titolo elaborato:</i>	Relazione geologica e geotecnica

1 PREMESSE

La presente relazione descrive lo studio geologico e geotecnico effettuato a supporto del progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'intervento n. 8, nell'ambito del PNRR - M2C4 Investimento 3.3 - Rinaturazione dell'area del Po.

Detto studio nel rispetto della normativa vigente, richiamata nel successivo paragrafo 1.1, e, in particolare, delle "Norme tecniche per le costruzioni", di cui al Decreto ministeriale 17 gennaio 2018, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 8 del 20 febbraio 2018, ha comportato lo svolgimento delle seguenti attività:

1. raccolta e analisi critica di tutta la documentazione geologica, geotecnica e sismica pregressa;
2. rilevamento geologico e geomorfologico di campagna;
3. modellazione geologica del sito oggetto d'intervento, sulla base dei dati di cui ai punti precedenti;
4. caratterizzazione delle forme e dei processi morfologici che definiscono l'area di studio;
5. caratterizzazione dei complessi idrogeologici presenti in zona, con definizione della struttura degli acquiferi e della dinamica delle acque sotterranee;
6. macrozonazione sismica e analisi della sismicità storica dell'area sulla base dei cataloghi parametrici;
7. microzonazione sismica di primo livello della porzione di territorio indagata;
8. correlazione delle unità definite nel modello geologico con i parametri geotecnici e definizione preliminare del modello geotecnico del sottosuolo;
9. descrizione della campagna d'indagini in corso di svolgimento;
10. stesura della presente relazione geologica e geotecnica a corredo della quale sono stati redatti: i seguenti allegati (consultabili in calce alla relazione stessa):
 - Allegato A - Carta geologica
 - Allegato B – Carta geomorfologica
 - Allegato C – Carta idrogeologica
 - Allegato D - Ubicazione indagini

1.1 Riferimenti normativi

- Circolare 21/01/2019 n° 7 C.S.LL.PP. – Istruzioni per l'applicazione dell'“Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni” di cui al DM 17.01.2018
- D.G.R Piemonte n°65-7656 del 21.05.2014 relativamente all'individuazione delle zone sismiche su base comunale
- Decreto ministeriale 17/01/2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni
- Decreto ministeriale 14/01/2008 – Testo unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni Allegati A e B

PNRR - M2C4 Investimento 3.3 - RINATURAZIONE DELL'AREA DEL PO	
Progetto di fattibilità tecnica ed economica	
INTERVENTO N. 8 – KM 222 – P BASSIGNANA (AL)	
<i>Codice elaborato:</i>	PF.0.0.8.GEO.GE.R.T.0.0.1.A
<i>Titolo elaborato:</i>	Relazione geologica e geotecnica

pag. 3 / 33

- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n° 36 del 27/07/2007
- D.G.R. Lombardia 30/03/2016 – n° x/5001 linee di indirizzo costruzioni in zona sismica
- L.R. Lombardia n° 33 del 12/10/2015 - Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zona sismiche
- Delibera n° 2129 del 11/07/2014 - Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia
- O.P.C.M. n° 3519 (2006) - Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone
- O.P.C.M. n° 3274 (2003) - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica
- Eurocodice 8 (1998) – Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (UNI-EN 1998-5:2005);
- Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole Generali – UNI-EN 1997-1:2013
- Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo UNI EN 1997-2:2007

1.2 Intervento in progetto

Il progetto in esame prevede l'abbassamento di una porzione di difesa posta in destra idraulica, in vicinanza della progressiva chilometrica 222. La lunghezza complessiva del tratto di difesa su cui intervenire è pari a circa 430 m, con un abbassamento della quota di sommità dell'ordine di 3 m (da circa 80 m s.l.m. a 77.1 m s.l.m.).

Tali lavori saranno effettuati al fine di ridurre l'artificialità dell'alveo, consentendo la riattivazione e riapertura di lanche e rami abbandonati, che avverrà grazie all'attività erosiva del corso d'acqua. Gli scavi dei terreni, infatti, sono stati limitati al massimo, contenendoli entro un volume complessivo pari a circa 41'500 m³, tutto riutilizzato in loco.

Contestualmente agli interventi idraulico-morfologici, ne saranno effettuati di ambientali-naturalistici, quali:

- la riqualificazione di aree umide in sponda idrografica destra del fiume Po
- l'esecuzione di un rimboschimento con corredo floristico riconducibile all'habitat di interesse comunitario 91E0*
- delle azioni finalizzate al controllo delle specie alloctone invasive.

Tutti i lavori sopradescritti saranno effettuati nel solo Comune di Bassignana (AL), in Regione Piemonte, seppure il territorio delimitato nella scheda si estenda anche in Lombardia, nel Comune di Suardi (PV).

PNRR - M2C4 Investimento 3.3 - RINATURAZIONE DELL'AREA DEL PO Progetto di fattibilità tecnica ed economica	
INTERVENTO N. 8 – KM 222 – P BASSIGNANA (AL)	
<i>Codice elaborato:</i>	PF.0.0.8.GEO.GE.R.T.0.0.1.A
<i>Titolo elaborato:</i>	Relazione geologica e geotecnica

pag. 4 / 33

Coerentemente con quanto disposto dalle NTC 2018 (Cap. 2.4), in accordo con i Progettisti, sono stati definiti i seguenti parametri di progetto:

- VITA NOMINALE: “Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale” $V_n \geq 50$ anni (come definito dalla Tab. 2.4.I delle N.T.C. 01/2018);
- CLASSE D'USO: Classe II: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA: Considerata la classe d'uso III, il coefficiente d'uso risulta $C_u=1$ (cfr. Tab. 2.4.II delle N.T.C. 01/2018), e di conseguenza la Vita di Riferimento dell'opera in progetto è $VR = V_n \cdot C_u = 50 \cdot 1 = 50$ anni.

PNRR - M2C4 Investimento 3.3 - RINATURAZIONE DELL'AREA DEL PO	
Progetto di fattibilità tecnica ed economica	
INTERVENTO N. 8 – KM 222 – P BASSIGNANA (AL)	
Codice elaborato:	PF.0.0.8.GEO.GE.R.T.0.0.1.A
Titolo elaborato:	Relazione geologica e geotecnica

2 GEOLOGIA

2.1 Inquadramento geologico

L'assetto geologico della pianura piemontese presenta un motivo di fondo caratteristico dell'intera Pianura Padana: la sovrapposizione di una coltre alluvionale su di un substrato marino piegato e fagliato. Sono quindi le strutture antiformi e sinformi, le faglie e i sovrascorrimenti, e le platee d'erosione che creano una geografia molto accidentata del substrato facendo variare lo spessore del materasso alluvionale (dalle centinaia di metri nella pianura cuneese ai pochi metri lungo tutta la fascia che borda i rilievi collinari della Collina di Torino e del Monferrato).

Il contesto geologico nel quale si inserisce l'area in esame è quello tra la bassa Pianura Vercellese e la bassa Pianura Alessandrina.

Tale porzione di territorio ed i suoi rilievi collinari sono localizzati in corrispondenza dell'attuale zona di giunzione strutturale tra i sistemi alpino ed appenninico, i cui cinematismi e caratteri evolutivi sono stati oggetto di una ricca produzione bibliografica.

Dal punto di vista geologico l'area in esame ricade tra il grande Bacino Terziario Piemontese (BTP), una potente successione sedimentaria contraddistinta da un assetto stratigrafico e strutturale complesso, determinato da una notevole mobilità tettonica, e la successione pliocenico-quadernaria (cfr. Figura 1).

Attualmente, differenti successioni di età oligocenico-miocenica, prevalentemente terrigene e di ambiente marino, sono esposte nel settore meridionale del Bacino Terziario Piemontese (suddiviso in Langhe, Alto Monferrato e Borbera-Grue) e a nord nella Collina di Torino e del Monferrato. La prosecuzione laterale ed i rapporti geometrici e stratigrafici tra queste successioni sono mascherate dai depositi pliocenico-olocenici accumulati nei bacini di Savigliano ed Alessandria.

Strutturalmente, in questo contesto il Monferrato occupava, almeno fino al Miocene inferiore, una posizione posta a letto del principale sovrascorrimento profondo, retrovergente, delle unità alpine sulle liguridi. Questa zona di taglio avrebbe quindi un significato analogo alla linea Sestri-Voltaggio, ma con età di attivazione più recente (neoalpina) e sarebbe responsabile di una tettonica transpressiva che ha condizionato fortemente la sedimentazione oligo-miocenica del Monferrato.

A partire dal Serravalliano, le successioni del BTP vengono coinvolte nella tettonica nord-vergente padana. I vari domini tettono-stratigrafici sono stati interpretati come bacini satellite al di sopra del *thrust-belt* sud-padano, che è attualmente sovrascorso sull'avanfossa padana (ovvero appenninica) lungo il *thrust* frontale padano, impostatosi a partire dal Miocene superiore.

Dal Pliocene il Monferrato costituisce un *thrust sheet* a vergenza padana incorporato nella terminazione occidentale della catena appenninica. In conseguenza a tale posizione strutturale, il Monferrato subisce un graduale sollevamento con immersione verso sud, mentre a nord e a sud di esso si originano profonde depressioni rappresentate rispettivamente dall'avanfossa padana e dal bacino di Alessandria, ove sono stati riconosciuti oltre 3000 m di sedimenti plio-quadernari.

In questo contesto si inserisce la deposizione delle successioni pliocenico-quadernarie che sono caratterizzate in generale da bassi tassi di sedimentazione e da contesti deposizionali marini prossimali e continentali.

INTERVENTO N. 8 – KM 222 – P

BASSIGNANA (AL)

Codice elaborato: PF.0.0.8.GEO.GE.R.T.0.0.1.A

Titolo elaborato: Relazione geologica e geotecnica

pag. 6 / 33

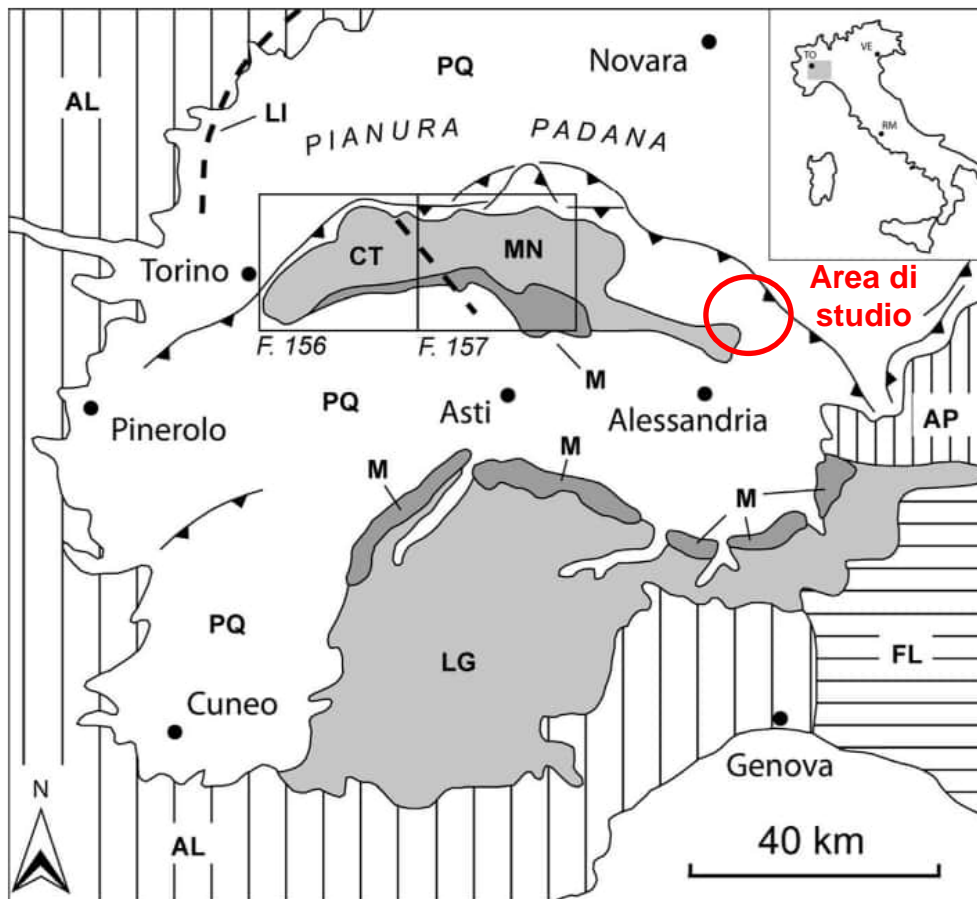


Figura 1 – Schema geologico del Bacino Terziario Piemontese. AL: Catena Alpina. AP: Catena Appenninica. FL: Falde liguri. Bacini sedimentari paleogenico-neogenici su substrato alpino: CT = Collina di Torino; LG = Langhe. Bacini sedimentari paleogenico-neogenici su substrato appenninico: MN = Monferrato. M: successione messiniana. PQ: successione pliocenico-quadernaria. LI: Linea Insubrica. I riquadri rappresentano le aree dei Fogli 156 "Torino Est" e 157 "Trino" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000

La morfologia attuale della pianura è il risultato dell'alternarsi di fenomeni di accumulo e di erosione che si sono verificati durante il Quaternario, in relazione alle fasi di espansione e di ritiro del ghiacciaio balteo della Valle d'Aosta. Durante le fasi di ritiro glaciale, i corsi d'acqua, con le loro alte portate, erano in grado di trasportare verso valle grandi quantità di depositi detritici provenienti dagli accumuli morenici; tale processo diede origine ad estese conoidi che, accrescendosi, si saldarono formando una unica piana alluvionale. Durante gli interglaciali, con il sussistere di climi più aridi di tipo subtropicale, l'azione di trasporto da parte dei fiumi diminuì notevolmente, aumentando di conseguenza la loro capacità erosiva sui terreni precedentemente depositi.

L'erosione fluviale determinò la formazione di altipiani separati da larghi fondovalle, in seguito riempiti dalle alluvioni delle glaciazioni successive. Attualmente, quindi, le aree più elevate della pianura sono costituite dai depositi alluvionali più antichi, di età mindeliana, testimoni della più antica glaciazione riconosciuta in Piemonte, ai quali seguono, in ordine cronologico ed altimetrico, i terrazzi rissiani e quelli wurmiani.

Va segnalato che i fenomeni di deposito ed incisione succitati, associati agli ultimi contraccolpi della orogenesi alpina, si manifestarono più intensamente nel settore pedemontano della pianura mentre, per quel che riguarda la bassa pianura, gli effetti furono meno accentuati.

PNRR - M2C4 Investimento 3.3 - RINATURAZIONE DELL'AREA DEL PO	
Progetto di fattibilità tecnica ed economica	
INTERVENTO N. 8 – KM 222 – P BASSIGNANA (AL)	
Codice elaborato:	PF.0.0.8.GEO.GE.R.T.0.0.1.A
Titolo elaborato:	Relazione geologica e geotecnica
pag. 7 / 33	

2.1.1 Subsidenza

Un fenomeno da valutare in contesti territoriali quale quello in esame è la subsidenza che consiste in un lento processo di abbassamento del suolo, generalmente, causato da fattori geologici (compattazione dei sedimenti, tettonica, isostasia), ma che, negli ultimi decenni, è stato localmente aggravato dall'azione dell'uomo.

La subsidenza naturale, generalmente, è stimata pari a qualche millimetro l'anno, pertanto, le sue conseguenze sono relativamente ridotte, manifestandosi, perlopiù, in tempi molto lunghi e su vasti areali. Diverso è il caso della subsidenza indotta e/o accelerata da cause antropiche (estrazione di fluidi dal sottosuolo o bonifiche), che raggiunge valori da dieci a oltre cento volte maggiori, e i suoi effetti si manifestano in tempi brevi determinando, in alcuni casi, la compromissione delle opere e delle attività umane interessate.

Al fine di valutare l'entità della subsidenza nel territorio in esame, si è fatto riferimento a misure derivanti dal telerilevamento effettuato mediante interferometria differenziale SAR, comunemente abbreviata in *DInSAR* (dall'inglese *Differential Interferometry SAR*), che consiste nell'utilizzo di due o più immagini SAR (radar ad apertura sintetica) con il fine di computare un interferogramma per ciascuna coppia, così da rappresentare la variazione in fase tra le due epoche di acquisizione. Questa tecnica può essere utilizzata sia per realizzare modelli digitali di elevazione del terreno che per ottenere mappe spaziali di deformazione, capaci di raggiungere una precisione millimetrica.

In particolare, sono stati consultati i dati catturati da due satelliti gemelli, denominati Sentinel-1A e Sentinel-1B, lanciati dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA) per i quali è garantito il libero accesso tramite il programma *Copernicus*.

Così, riguardo al territorio oggetto di studio e al periodo compreso tra gennaio 2016 e novembre 2021, è stato possibile osservare quanto riportato in Figura 2 e in Figura 3.

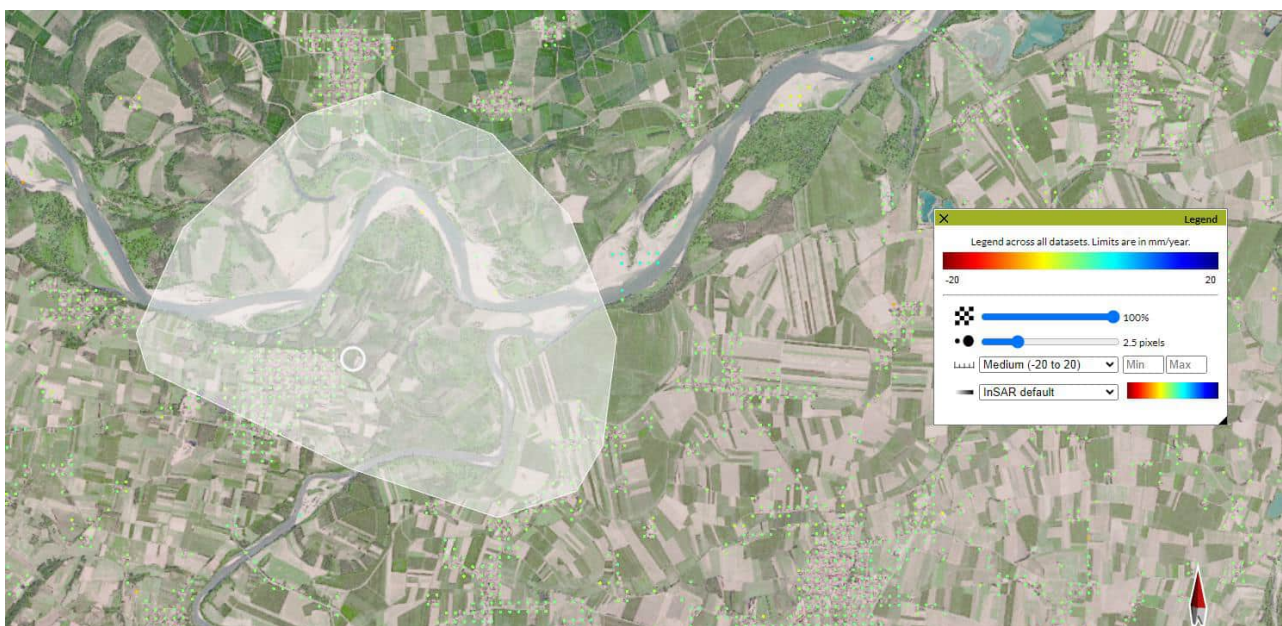


Figura 2 – Ubicazione dei punti di misura interferometrica distinti in base all'entità dei movimenti verticali registrati

**INTERVENTO N. 8 – KM 222 – P
BASSIGNANA (AL)**Codice elaborato: **PF.0.0.8.GEO.GE.R.T.0.0.1.A**Titolo elaborato: **Relazione geologica e geotecnica**

pag. 8 / 33

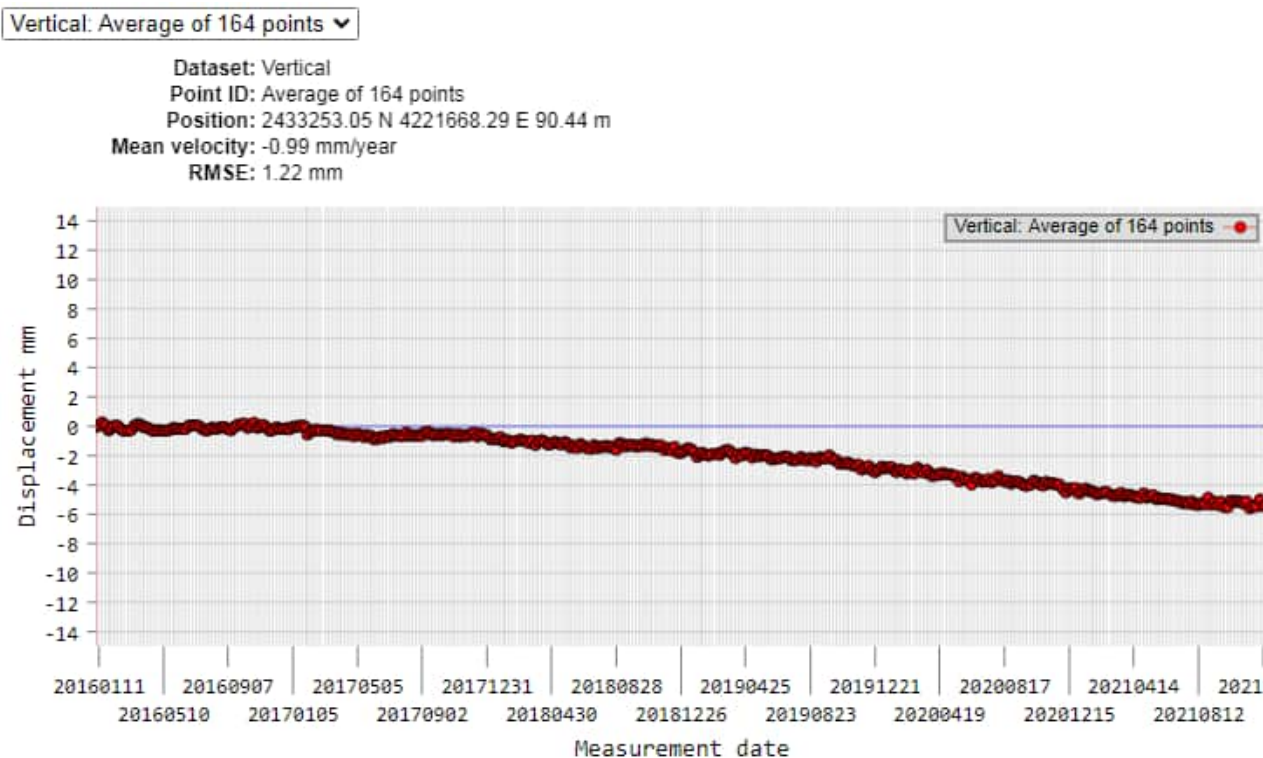


Figura 3– Grafico derivante dalle misure interferometriche relative a 164 punti ubicati all'interno e nell'intorno dell'area oggetto di studio

Dall'esame di tali immagini si evince una subsidenza media abbastanza costante, nell'ordine di 1 mm/anno; dunque, di entità tale da non comportare problemi particolari per gli interventi in progetto.

2.1.2 Geositi

Gli approfondimenti effettuati hanno consentito di appurare che l'area in esame non interferisce con alcun geosito, né di rilevanza regionale, né di rilevanza provinciale, tutti posti a una distanza di almeno 5 chilometri ed esterni ai tagli delle cartografie allegate.

2.2 Caratteri geologici locali

Le caratteristiche geologiche locali sono state rappresentate, alla scala 1:5'000, nella Carta geologica di cui all'Allegato A.

In essa si osserva che in zona affiorano solo **depositi alluvionali quaternari**. Questi sono costituiti prevalentemente da sabbie e ghiaie. Il profilo di alterazione varia da qualche decina di centimetri fino a un metro.

Il tetto è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico. Il contatto di base è discordante sulle unità più antiche.

Tali sedimenti presentano una stratificazione di tipo cuneiforme, la cui granulometria è in stretto rapporto con l'energia delle correnti fluviali che li hanno originati: quelli grossolani sono il risultato di

PNRR - M2C4 Investimento 3.3 - RINATURAZIONE DELL'AREA DEL PO Progetto di fattibilità tecnica ed economica	
INTERVENTO N. 8 – KM 222 – P BASSIGNANA (AL)	
Codice elaborato:	PF.0.0.8.GEO.GE.R.T.0.0.1.A
Titolo elaborato:	Relazione geologica e geotecnica

pag. 9 / 33

una deposizione avvenuta in ambiente di canale fluviale, di argine o di rotta, mentre, quelli più fini di una sedimentazione per tracimazione avvenuta in zone distali dall'alveo attivo (piana inondabile).

All'interno dei depositi alluvionali quaternari, in accordo con la tradizione della cartografia geologica preesistente, si distinguono i **depositi alluvionali in evoluzione** che sono stati raffigurati in corrispondenza dell'alveo di magra e delle aree che vengono sommerse con maggiore frequenza.

L'intera zona rientra nell'ambiente deposizionale di piana alluvionale di alimentazione assiale.

Sulla base della tessitura, i depositi superficiali, grazie ad informazioni riprese dalla bibliografia, rielaborate dagli scriventi, tenendo conto delle esigenze del presente studio, sono stati distinti in:

- Depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi, corrispondenti con le alluvioni in evoluzione;
- Depositi prevalentemente sabbiosi, che contraddistinguono gran parte del territorio periferuale;
- Depositi prevalentemente limosi, cartografati in due porzioni di territorio, poste nel settore meridionale della Carta geologica.

Nell'Allegato A, oltre ai tematismi sopradescritti, sono stati raffigurati:

- i rilevati arginali
- le opere di difesa idraulica
- un asse di anticlinale
- un sovrascorrimento

Al fine di ricostruire la successione litostratimetrica locale sono stati esaminati i report delle indagini archiviate Webgis.arpa.piemonte, la cui ubicazione è riportata nella seguente Figura 4.



Figura 4 – Ubicazione delle indagini archiviate nel Webgis.arpa.piemonte

PNRR - M2C4 Investimento 3.3 - RINATURAZIONE DELL'AREA DEL PO	
Progetto di fattibilità tecnica ed economica	
INTERVENTO N. 8 – KM 222 – P BASSIGNANA (AL)	
Codice elaborato:	PF.0.0.8.GEO.GE.R.T.0.0.1.A
Titolo elaborato:	Relazione geologica e geotecnica

pag. 10 / 33

Purtroppo, nella stessa figura, si osserva che l'indagine più vicina all'area d'intervento dista da essa circa due chilometri. Dunque, le informazioni stratigrafiche riportate nelle successive figure (cfr. Figura 5, Figura 6, Figura 7, Figura 8, Figura 9 e Figura 10) servono solo a dare un'idea della grande variabilità dell'edificio sedimentario in esame ma poco ci dicono riguardo alle caratteristiche del sottosuolo interferito dalle opere in progetto.

Profondità (m)	Descrizione
1.70	terreno vegetale sabbioso passante a sabbioso limoso
2.80	limo argilloso con noduli calcareo gessosi
6.30	argilla limosa con intercalazione di argilla sabbiosa
11.90	sabbie debolmente limose da medio fini a fini
13.70	sabbie limose passanti a limi sabbiosi
14.80	argilla limosa
15.60	limo argilloso
17.20	argilla limosa
17.90	limo debolmente sabbioso
19.30	argilla limosa
21.00	limo argilloso debolmente sabbioso con elementi sparsi di ghiaietto

Figura 5 – Stratigrafia dell'indagine 1 di Figura 4 (da Webgis.arpa.piemonte)

Profondità (m)	Descrizione
18.10	argilla
19.50	sabbia con argilla
20.00	argilla compatta
21.60	argilla sabbiosa
24.00	argilla compatta
25.00	sabbia
25.50	sabbia grossa e ghiaietto
28.00	sabbia con tracce di argilla
30.00	argilla sabbiosa
41.50	argilla compatta

Figura 6 – Stratigrafia dell'indagine 2 di Figura 4 (da Webgis.arpa.piemonte)

Profondità (m)	Descrizione
0.50	terreno vegetale
19.00	argilla
23.00	sabbia e poco ghiaietto
28.50	argilla

Figura 7 – Stratigrafia dell'indagine 3 di Figura 4 (da Webgis.arpa.piemonte)

PNRR - M2C4 Investimento 3.3 - RINATURAZIONE DELL'AREA DEL PO

Progetto di fattibilità tecnica ed economica

INTERVENTO N. 8 – KM 222 – P**BASSIGNANA (AL)**Codice elaborato: **PF.0.0.8.GEO.GE.R.T.0.0.1.A**Titolo elaborato: **Relazione geologica e geotecnica**

pag. 11 / 33

Profondità (m)	Descrizione
3.00	terra
4.80	sabbia mista a terra
5.70	sabbia mista a ghiaia
7.60	ghiaia
9.30	conglomerato
14.50	sabbia mista a terra
18.60	sabbia mista a ghiaia
21.30	ghiaia mista a ciotoli
22.80	conglomerato
25.00	sabbia mista
28.00	sabbia mista a ghiaia
30.40	ghiaia mista a ciotoli

Figura 8 – Stratigrafia dell'indagine 4 di Figura 4 (da Webgis.arpa.piemonte)

Profondità (m)	Descrizione
2.00	argilla
8.00	sabbia argillosa
15.50	ghiaia e sabbia
16.00	argilla
19.00	argilla
20.00	ghiaia e sabbia
29.00	ghiaia e sabbione
30.70	argilla
32.00	sabbione argilloso cenere

Figura 9 – Stratigrafia dell'indagine 5 di Figura 4 (da Webgis.arpa.piemonte)

Profondità (m)	Descrizione
12.00	IL SUOLO AGRARIO MOLTO POTENTE E CON MATRICE PREVALENTEMENTE MOLTO SABBIOSA DERIVA DALL'ALTERAZIONE DELLE ROCCE APPARTENENTI ALLA FORMAZIONE GEOLOGICA INDICATA IN LETTURA CON IL NOME DI "ALLUVIONI TERRAZZATE SABBIOSO-GHIAIOSE SENSIBILMENTE SOSPese SUI CO

Figura 10 – Stratigrafia dell'indagine 6 di Figura 4 (da Webgis.arpa.piemonte)

PNRR - M2C4 Investimento 3.3 - RINATURAZIONE DELL'AREA DEL PO Progetto di fattibilità tecnica ed economica	
INTERVENTO N. 8 – KM 222 – P BASSIGNANA (AL)	
<i>Codice elaborato:</i>	PF.0.0.8.GEO.GE.R.T.0.0.1.A
<i>Titolo elaborato:</i>	Relazione geologica e geotecnica

3 GEOMORFOLOGIA

3.1 Inquadramento geomorfologico

Gli eventi morfogenetici, responsabili dell'attuale assetto del territorio in esame, sono riconducibili essenzialmente alla dinamica fluviale del periodo pleistocenico e olocenico, alla quale, nel periodo storico, si è sovrapposta l'attività antropica mirata alla stabilizzazione e alla modellazione delle superfici del suolo compatibilmente alle esigenze economiche, produttive e insediative.

L'espressione morfologica fondamentale dell'area è quindi riconducibile all'attività esplicata dal Po, sin dal Pleistocene e tuttora in corso. L'interazione tra depositi e forme si è tradotta in una successione di terrazzi di accumulo caratterizzati da superfici sommitali sub-pianeggianti, poste a quote progressivamente decrescenti, la più bassa tra le quali costituisce l'ambito immediatamente perfluviale del Po. Tali superfici sono delimitate da scarpate con altezza compresa tra il metro e la decina di metri, più o meno acclivi, ad andamento sinuoso, la cui espressione morfologica risulta spesso offuscata in seguito all'acquisizione antropica dei luoghi.

Nelle aree di pertinenza del fiume Po, invece, si continua a osservare un'intensa evoluzione morfologica, condizionata dagli episodi di sedimentazione e di erosione, che si manifestano, in prevalenza, in occasione degli eventi di piena, e dalla presenza di opere di regolarizzazione del corso d'acqua, sia a difesa dalle esondazioni dei territori (rilevati arginali) sia per limitare le divagazioni dell'alveo (difese spondali e pennelli).

In particolare, l'intervento n. 8 sarà realizzato nel tratto di Po compreso tra Stura di Lanzo e foce Tanaro, in vicinanza di quest'ultima, nel contesto della bassa pianura alessandrina bordata verso nord dai rilievi del Monferrato e fisiograficamente collegata alla pianura lombarda in corrispondenza dei rilievi del tortonese.

In questo tratto di pianura sono numerose le tracce di alvei abbandonati, conservati in forma di blande depressioni allungate e di lanche attualmente in fase di graduale colmamento: esse testimoniano l'elevata dinamicità del Po e del Tanaro soggetti, anche in epoca storica, alla ripetuta e talora repentina variazione della configurazione planimetrica del proprio alveo in concomitanza degli eventi alluvionali di maggiore portata.

3.2 Caratteri geomorfologici locali

Gli elementi morfologici rilevati nell'area oggetto di studio e nel suo intorno sono stati raffigurati nella Carta geomorfologica dell'Allegato B, distinguendo:

Forme naturali:

- Alveo di magra del fiume Po (desunto da volo AIPo 2002)
- Sponda bassa stabile, sponda alta stabile o arretrata/avanzata nel 1979-2002
- Fronte di erosione spondale attiva
- Tracce di alvei abbandonati incassati o situati allo stesso livello del p.c. circostante
- Barre fluviali di tipo longitudinale, laterale o di meandro

**INTERVENTO N. 8 – KM 222 – P
BASSIGNANA (AL)**Codice elaborato: **PF.0.0.8.GEO.GE.R.T.0.0.1.A**Titolo elaborato: **Relazione geologica e geotecnica**

pag. 13 / 33

- Orli di scarpate da erosione fluviale
- Solchi erosivi di ampiezza non cartografabile
- Ventagli di esondazione
- Budri (creati dalla piena del 1994 e 2000)

e

Forme antropiche:

- Rilevato arginale
- Opere di difesa idraulica
- Attività estrattive (impianto di vagliatura e stoccaggio)

D'interesse per la presente analisi geomorfologica è stato l'esame delle variazioni che l'alveo del fiume Po ha subito nel periodo recente, ovvero negli ultimi 100÷150 anni. Allo scopo si può fare riferimento alla Figura 11 ove è riportato uno stralcio di Tav. 13 - Cartografia delle variazioni planimetriche dell'alveo fiume Po da confluenza Stura di Lanzo a Pontelagoscuro (Autorità di Bacino del fiume Po, 2008).

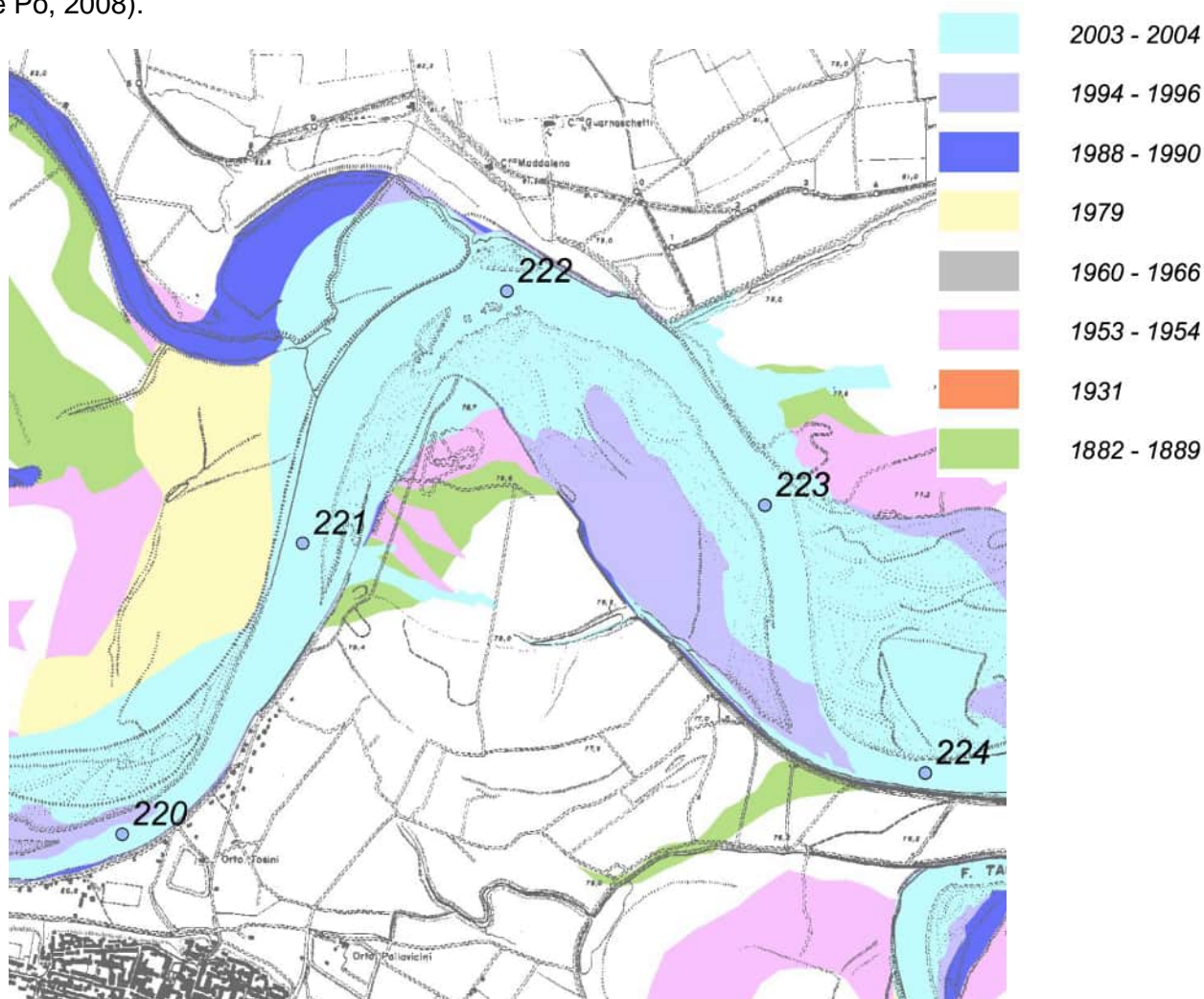


Figura 11 - Stralcio da Tav. 13 - Cartografia delle variazioni planimetriche dell'alveo fiume Po da confluenza Stura di Lanzo a Pontelagoscuro (Autorità di Bacino del fiume Po, 2008)

PNRR - M2C4 Investimento 3.3 - RINATURAZIONE DELL'AREA DEL PO	
Progetto di fattibilità tecnica ed economica	
INTERVENTO N. 8 – KM 222 – P BASSIGNANA (AL)	
Codice elaborato:	PF.0.0.8.GEO.GE.R.T.0.0.1.A
Titolo elaborato:	Relazione geologica e geotecnica

pag. 14 / 33

Dall'esame di tale figura, si osserva come nell'area oggetto di studio, il fiume Po, nel periodo storico considerato (1982-2004) ha subito numerose divagazioni, principalmente in sinistra idraulica.

Con riferimento agli stessi anni, informazioni sullo stato di erosione del fondo medio dell'alveo, mostrano una netta tendenza all'abbassamento di entità massima di circa 1.5 m.

Come definito nel "Programma generale di gestione dei sedimenti dell'alveo del fiume Po – Stralcio confluenza da Stura di Lanzo a Tanaro" (Autorità di Bacino del fiume Po, 2005), nel tratto oggetto di studio, l'alveo di magra si presenta pluricursale, da rettilineo a sinuoso, di tipo "*braided*". Le forme di fondo (barre), l'alveo di magra e le relative sponde appaiono impostate omogeneamente in depositi ghiaioso-sabbiosi.

In generale, domina una sostanziale condizione di equilibrio tra i processi erosivi (mobilitazione del materiale eroso dalle sponde e rimobilizzazione delle barre) e i processi deposizionali relativi alla progressiva estensione delle barre con conseguente restringimento della sezione di flusso.

Il tratto in esame risulta interessato dalla presenza di numerose forme di fondo molto ampie, che si sviluppano prevalentemente in senso laterale, alcune delle quali tendono ad indirizzare la corrente ordinaria contro opere di difesa.

Tra gli elementi morfologici spiccano diversi orli di scarpata e tracce di paleoalvei di antichi percorsi del fiume Po, sia incassati che situati allo stesso livello del piano campagna circostante, individuabili fino ad oltre un chilometro dall'attuale alveo.

Per quanto riguarda i processi evolutivi delle sponde, nella cartografia sono riportati diversi tratti di sponda che nel periodo 1979-2002 hanno subito avanzamento o arretramento con tassi dell'ordine 2÷5 e 5÷10 metri.

A partire dall'analisi delle tendenze evolutive delle sponde, sono stati, inoltre, individuati alcuni fronti di erosione spondale attiva che rappresentano l'attuale limite della sponda che nel ventennio considerato ha subito un arretramento ad opera di fenomeni erosivi in atto. In particolare, si segnala il fronte erosivo a monte del pennello oggetto di intervento per il tratto in esame, con tendenza erosiva verso sud-est, al quale è associato un ventaglio di esondazione che alimenta la barra laterale in corrispondenza del meandro alla progressiva chilometrica 222.

Secondo quanto indicato nel Programma generale di gestione dei sedimenti, tali fenomeni erosivi non rappresentano criticità potenziali ma solo fonte di alimentazione per il trasporto solido.

Il sistema arginale presente è discontinuo lungo entrambe le sponde, fatta eccezione per il tratto in sponda destra, da Bassignana fino a confluenza Tanaro.

Quanto alle pressioni antropiche, all'interno dell'area in esame è presente un solo impianto di stoccaggio e vagliatura, ubicato in sinistra idraulica in località C.na Maddalena.

PNRR - M2C4 Investimento 3.3 - RINATURAZIONE DELL'AREA DEL PO Progetto di fattibilità tecnica ed economica	
INTERVENTO N. 8 – KM 222 – P BASSIGNANA (AL)	
<i>Codice elaborato:</i>	PF.0.0.8.GEO.GE.R.T.0.0.1.A
<i>Titolo elaborato:</i>	Relazione geologica e geotecnica

4 IDROGEOLOGIA

4.1 Inquadramento idrogeologico

Sulla base dei dati di letteratura, l'assetto idrogeologico della pianura piemontese può essere così schematizzato:

- Serie dei Depositi Fluviali: di spessore variabile, di età compresa tra il Pliocene e l'Attuale, nell'ambito della quale sono riconoscibili tre complessi:
 - Complesso dei Depositi Grossolani Fluviali: costituito da ghiaie prevalenti con sabbia e localmente ciottoli;
 - Complesso delle Alternanze Fluviali: costituito da alternanze di depositi fini limoso-argillosi e depositi grossolani di natura ghiaiosa e sabbiosa; i depositi grossolani sono prevalenti;
 - Complesso dei Depositi Fini Fluviali: costituito da depositi limoso-argillosi prevalenti.

Va inoltre segnalata la presenza diffusa, in vasti settori della regione, di banchi di conglomerati di formazione secondaria per precipitazione di carbonato di calcio; tali concrezioni costituiscono setti di spessore anche decametrico.

- Serie dei Depositi Glaciali, costituita nelle aree di pianura, dal Complesso dei Depositi degli Archi Morenici relativi agli anfiteatri di Rivoli-Avigliana, della Serra d'Ivrea e dell'Alto Novarese, di età Pleistocenica: tali depositi per le caratteristiche di estrema eterogeneità dei sedimenti che li costituiscono possono ospitare falde aventi importanza locale, comunque, di produttività limitata.
- Serie dei Depositi di Transizione Villafranchiani, di età pliocenica sup. - pleistocenica inf.
- Serie dei Depositi Marini Pliocenici di età Pliocene inf. - Pliocene med.

La presenza di alti strutturali sepolti (anticlinali) ha creato le condizioni per la formazione di diversi bacini sedimentari separati tra loro. Secondo vari autori questa differenziazione dei bacini "villafranchiani" ha una grande importanza sotto il profilo idrogeologico, in quanto suddivide la pianura piemontese in quattro zone acquifere omogenee:

- la Pianura Cuneese - Torinese Meridionale
- la Pianura Torinese settentrionale
- la Pianura Alessandrina
- la Pianura Biellese-Vercellese-Novarese, in cui ricade l'area oggetto del presente studio, idrogeologicamente separata dal resto della pianura da due alti strutturali sepolti, situati rispettivamente a cavallo del corso del fiume Dora Baltea e poco a est della sponda sinistra orografica del fiume Ticino

Quest'ultima area si sviluppa tra una quota massima di circa 450 m nel settore nordoccidentale, presso l'abitato di Biella, e una minima di circa 90 m s.l.m., all'estremità sud-orientale, in corrispondenza dell'alveo del fiume Po. Risulta delimitata, a nord, dai rilievi alpini, a sud, da quelli dai rilievi collinari del Monferrato, a ovest, dall'anfiteatro morenico della Serra di Ivrea e dal fiume Dora Baltea e, ad est, dai limiti territoriali della regione Piemonte (cfr. .

**INTERVENTO N. 8 – KM 222 – P
BASSIGNANA (AL)**

Codice elaborato: **PF.0.0.8.GEO.GE.R.T.0.0.1.A**

Titolo elaborato: **Relazione geologica e geotecnica**

pag. 16 / 33

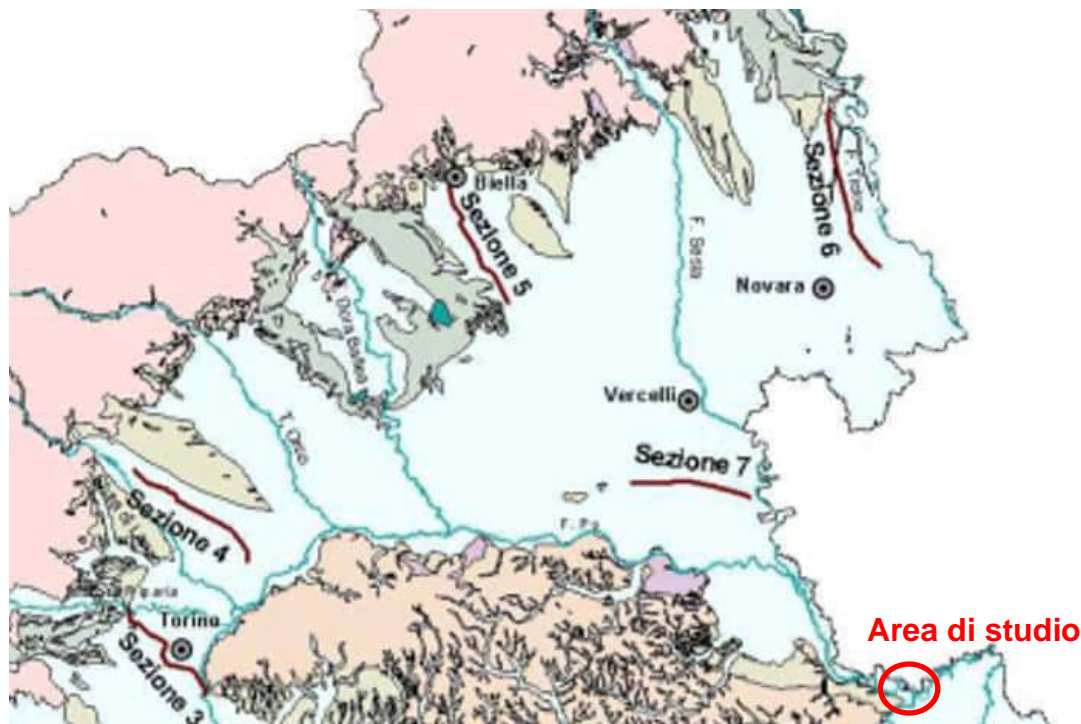


Figura 12 – Stralcio cartografico ripreso da una pubblicazione scaricata sul sito web di ARPA Piemonte che inquadra la zona acquifera omogenea Pianura Biellese-Vercellese-Novarese

Detta area è drenata dal fiume Po e dai suoi affluenti, tra i quali i più importanti sono i fiumi Dora Baltea, Sesia e Ticino.

La sequenza litostratigrafica tipica presenta, nella parte alta della sequenza, la Serie dei Depositi Fluviali, di età pleistocenica-olocenica, aventi spessore variabile da circa 70-80 m nel settore orientale dell'area (cfr. Sezione 5) e progressivamente minore al margine con i rilievi alpini ove si riducono a pochi metri di spessore

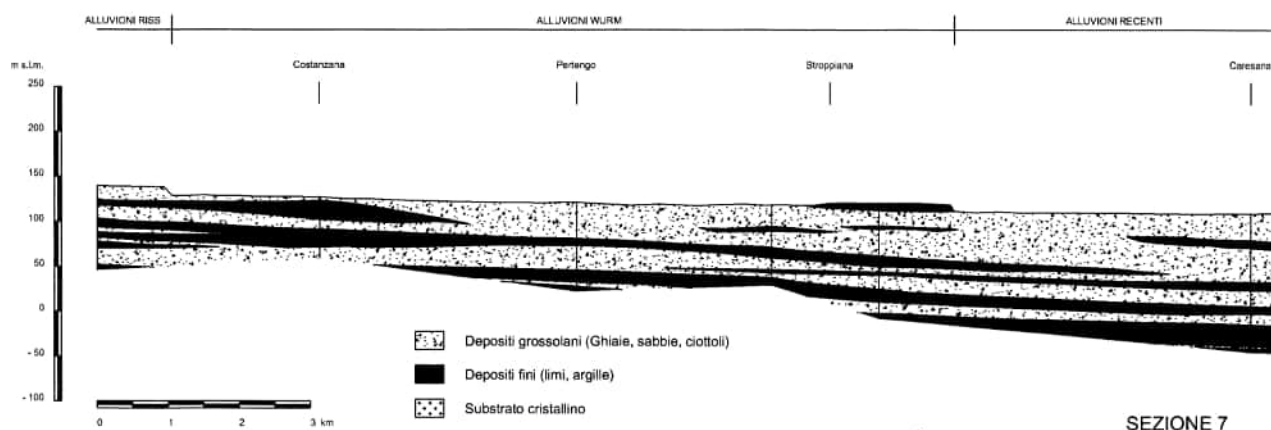


Figura 13 – Sezione 7 ripresa da una pubblicazione scaricata sul sito web di ARPA Piemonte rappresentativa di un settore della zona acquifera omogenea Pianura Biellese-Vercellese-Novarese (cfr. traccia di Figura 13)

La Serie dei Depositi Fluviali, complessivamente di età pleistocenica inf. - olocenica, è costituita da ghiaie prevalenti con sabbia e, localmente, ciottoli di età pleistocenica sup. - attuale (Complesso dei

PNRR - M2C4 Investimento 3.3 - RINATURAZIONE DELL'AREA DEL PO Progetto di fattibilità tecnica ed economica	
INTERVENTO N. 8 – KM 222 – P BASSIGNANA (AL)	
<i>Codice elaborato:</i>	PF.0.0.8.GEO.GE.R.T.0.0.1.A
<i>Titolo elaborato:</i>	Relazione geologica e geotecnica

pag. 17 / 33

Depositi Grossolani Fluviali), da depositi ghiaiosi e sabbiosi prevalenti moderatamente alterati, con locali presenze di lenti limoso argillose, da materiali a granulometria decrescente procedendo verso valle, di età pleistocenica med. (Complesso delle Alternanze Fluviali).

Più in profondità si rinvencono i depositi ghiaiosi e limoso-argillosi fortemente alterati (Ferretto Auct.) di età pleistocenica inf. (Mindel. Auct.) (Complesso dei Depositi Fini Fluviali), affioranti nel settore settentrionale dell'area.

Sotto di essi è presente la Serie dei Depositi di Transizione Villafranchiani di età Pliocene sup. - Pleistocene inf., avente uno spessore massimo mal valutabile e comunque verosimilmente non inferiore ai 200 m nei settori centrali dell'area e progressivamente minori nei settori settentrionali dove è presente in affioramento. Nell'area, la serie villafranchiana è costituita da depositi di ambiente lacustre o di laguna costiera caratterizzati dalla ripetuta comparsa di argille blu e grigie, con intercalazioni sabbiose in forma lenticolare, talvolta rilevanti, ma discontinue, localmente associate a livelli di ghiaietto (Complesso delle Alternanze Villafranchiane).

Alla base della serie si incontrano i sedimenti della Serie dei Depositi Marini Pliocenici, costituiti da sabbie da fini a finissime giallastro-rossicce, talora con lenti o strati ghiaiosi o ciottolosi, e da sabbie grigio-giallastre o grigiastre. Tali depositi sono affioranti nei pressi degli abitati di Gozzano e Maggiora. I depositi marini pliocenici vengono raggiunti dalle perforazioni dei pozzi per acqua nei soli settori settentrionali dell'area mentre nei settori centrali e meridionali non vengono raggiunti a causa dell'elevato spessore delle altre Serie sopradescritte.

Nella Pianura Biellese-Vercellese-Novarese la falda superficiale è ospitata nei depositi grossolani, prevalentemente ghiaie, ciottoli e subordinatamente sabbie a granulometria variabile, caratterizzati da un coefficiente di permeabilità buona (Complesso dei Depositi Fluviali). Localmente, sono presenti depositi argilloso-limosi, sotto forma di lenti discontinue o associate a ghiaie e sabbie che danno origine ad un deposito fortemente eterogeneo (Complesso delle Alternanze Fluviali).

La produttività dell'acquifero contenente la falda superficiale è molto variabile: scarsa, nei settori settentrionali dell'area, in corrispondenza dei depositi degli alti terrazzi, costituiti da alluvioni più antiche e quindi più alterate; progressivamente maggiore, nei settori centrali e meridionali dove sono presenti alluvioni più recenti e quindi meno alterate.

Nella zona di pianura centro meridionale, l'acquifero superficiale è associabile ai depositi alluvionali recenti Würmiani (Pleistocene sup. - Attuale) e a quelli antecedenti del Mindel-Riss (Pleistocene inf. - Pleistocene med.).

La soggiacenza presenta i valori maggiori, anche superiori ai 50 m, in corrispondenza degli alti terrazzi presenti nel settore settentrionale dell'area e generalmente inferiori ai 10 m nei settori centrali e meridionali dell'area.

La falda superficiale mostra una direzione di flusso complessiva NW-SE e risulta fortemente condizionata dall'azione drenante svolta dal fiume Ticino, al margine est dell'area, dal torrente Cervo, nel settore centro settentrionale, e dal fiume Po, nel settore meridionale.

**INTERVENTO N. 8 – KM 222 – P
BASSIGNANA (AL)**Codice elaborato: **PF.0.0.8.GEO.GE.R.T.0.0.1.A**Titolo elaborato: **Relazione geologica e geotecnica**

pag. 18 / 33

Questa presenta i gradienti idraulici più elevati nelle aree poste a ridosso dei rilievi alpini in corrispondenza degli alti terrazzi (1.2%) e progressivamente minori nelle aree meridionali dell'area (0.15%).

La base dell'acquifero contenente la falda superficiale è in genere ben delineabile a causa delle diverse tessiture dei depositi che caratterizzano l'acquifero superficiale e quello profondo.

Le falde profonde sono contenute entro livelli permeabili (prevalentemente sabbiosi) del Complesso delle Alternanze Villafranchiane appartenente alla Serie dei Depositi di Transizione Villafranchiani, nei depositi del Complesso dei Depositi Sabbiosi Marini in facies di "Astiano" e nel sottostante Complesso dei Depositi Argilloso-siltoso-sabbiosi in facies di "Piacenziano".

Ai fini del presente lavoro, risulta interessante esaminare anche lo stralcio della Sezione S5-PT (cfr. Figura 14), ripresa dall'Allegato 3 all'Elaborato 2: Caratterizzazione, monitoraggio e classificazione dei corpi idrici sotterranei del PTUA 2016, che attraversa il fiume Po una decina di chilometri a valle dell'area d'intervento (cfr. Figura 15).

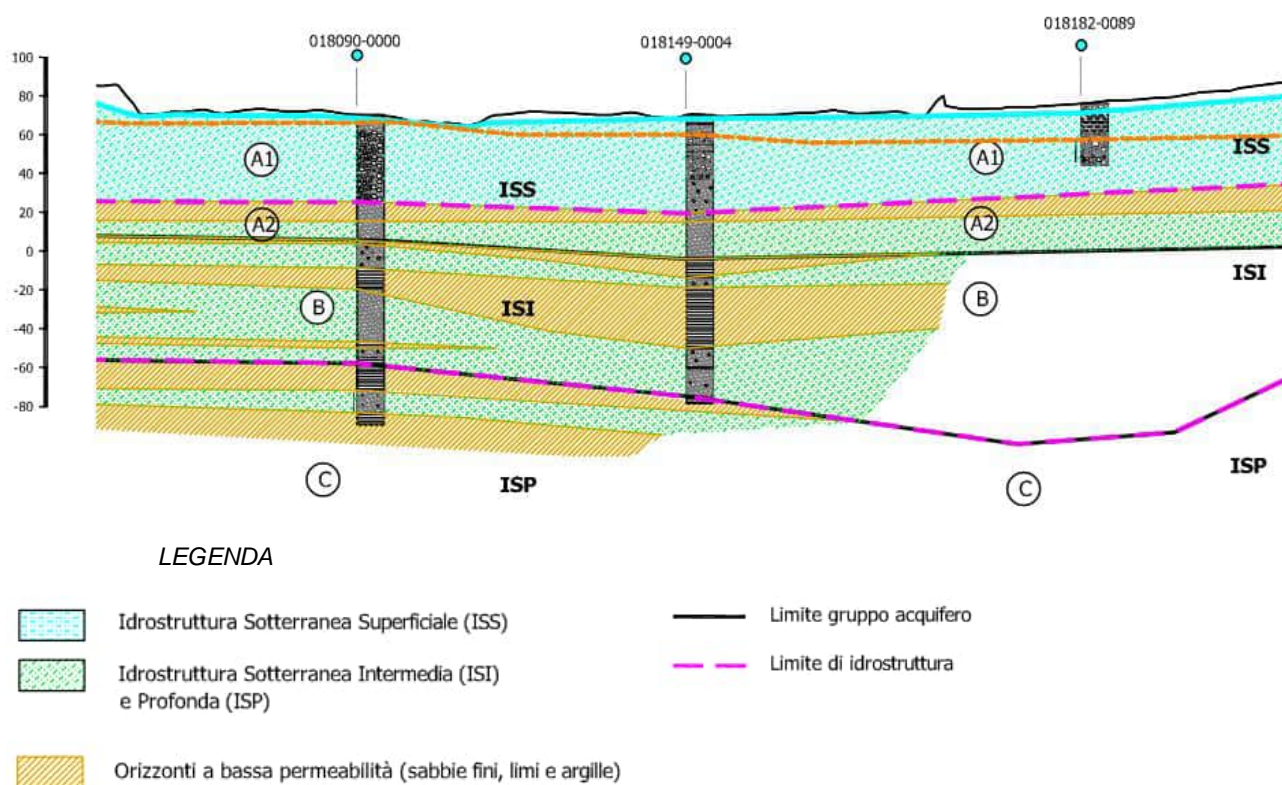


Figura 14 - Stralcio modificato da Sezione S5-PT, ripresa dall'Allegato 3 all'Elaborato 2: Caratterizzazione, monitoraggio e classificazione dei corpi idrici sotterranei del PTUA 2016

In essa si osserva che, fino a circa 40 m da piano campagna, dominano i depositi permeabili appartenenti all'ISS (Idrostruttura Sotterranea Superficiale), sotto ai quali si rinviene un acquitardo, costituito da argille, limi e sabbie fini, con potenza plurimetrica che protegge gli acquiferi sottostanti.

PNRR - M2C4 Investimento 3.3 - RINATURAZIONE DELL'AREA DEL PO Progetto di fattibilità tecnica ed economica	
INTERVENTO N. 8 – KM 222 – P BASSIGNANA (AL)	
<i>Codice elaborato:</i>	PF.0.0.8.GEO.GE.R.T.0.0.1.A
<i>Titolo elaborato:</i>	Relazione geologica e geotecnica

4.2 Caratteri idrogeologici locali

Le peculiarità idrogeologiche locali della porzione di territorio interessata dall'intervento n. 08 sono state raffigurate nella Carta idrogeologica dell'Allegato C.

In essa, innanzitutto, sono state indicate le caratteristiche di permeabilità dei depositi di superficie, dato che fornisce le informazioni necessarie alla quantificazione dei meccanismi di ricarica legati all'infiltrazione delle acque meteoriche, nonché alla valutazione del grado di protezione degli acquiferi superficiali.

La tavola è stata redatta con criterio idrolitologico, cioè, attribuendo alle unità litologiche già individuate nella Carta geologica dell'Allegato A, le classi di permeabilità descritte di seguito.

- Permeabilità Bassa – Attribuita ai depositi prevalentemente limosi cartografati in due porzioni di territorio, poste nel settore meridionale della Carta geologica
- Permeabilità da Elevata a Media - Attribuita ai depositi prevalentemente sabbiosi, che contraddistinguono gran parte del territorio periferuale, e ghiaioso-sabbiosi, caratteristici dei depositi in evoluzione

Sempre nell'Allegato C sono riportate delle informazioni relative alla dinamica delle acque sotterranee che, come già visto nel paragrafo precedente, hanno sede in un potente banco (lo spessore è nell'ordine dei 40 metri) di sedimenti permeabili depositi dal fiume Po.

La zona più vicina al fiume è stata indicata come fascia a flusso idrico alternato. Qui, infatti i livelli della superficie della falda e le direzioni del flusso idrico sotterraneo, risentono fortemente della presenza del fiume. Questi costituiscono un limite laterale a potenziale imposto. Una variazione di quota idrometrica ingenera un movimento analogo nei livelli freatici anche se d'ampiezza minore e sfasato nel tempo a seconda della distanza e della permeabilità dei terreni interessati. Pertanto, il fiume risulta alimentante in fase crescente (effetto che assume dimensioni significative durante le lunghe piene autunnali e primaverili) mentre drena la falda quando decresce.

Se poi ci si concentra sull'area d'intervento, in considerazione della sua vicinanza all'alveo di magra e del fatto che, nel sottosuolo, dominano i terreni a permeabilità da media ad elevata, si può approssimare che i livelli della falda corrispondano con quelli idrometrici del fiume.

Differentemente, allontanandosi dal corso d'acqua, l'influenza dei livelli idrici del Po è molto minore e il flusso idrico sotterraneo avviene con direzione generale verso nord-est, in sinistra idrografica, e verso sud-est, in destra.

Alla luce di quanto sopradescritto, l'area oggetto d'intervento, in considerazione della dominanza, nel sottosuolo, di depositi granulari permeabili e della presenza di una falda a pelo libero, in diretta comunicazione con l'alveo, è da considerarsi a vulnerabilità idrogeologica estremamente elevata, per quanto concerne gli acquiferi superficiali. Bisogna, altresì, tener conto che un potente acquitardo protegge le unità idrostratigrafiche più profonde di maggior pregio per gli usi idropotabili.

¹ Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>

**INTERVENTO N. 8 – KM 222 – P
BASSIGNANA (AL)**

Codice elaborato: **PF.0.0.8.GEO.GE.R.T.0.0.1.A**

Titolo elaborato: **Relazione geologica e geotecnica**

pag. 21 / 33

Is	Data			Orario			Area epicentrale	Io	Mw
	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se			
4	1767	2	7	3	45		Genovese	6	4.98
4	1802	5	12	9	30		Valle dell'Oglio	8	5.6
3	1818	2	23	18	10		Liguria occidentale	7	5.32
7	1828	10	9	2	20		Oltrepò Pavese	8	5.72
4-5	1828	10	10	1	30		Oltrepò Pavese		
F	1831	5	26	10	30		Liguria occidentale	8	5.56
F	1854	12	29	1	45		Liguria occidentale	7-8	5.72
2	1873	3	12	20	4		Appennino marchigiano	8	5.85
F	1881	7	22	2	45		Belledonne-Pelvoux	7	5.39
3	1881	8	3	14	42		Alessandrino	4	3.7
NF	1884	9	12	7	23		Pianura lombarda	6	4.7
4	1886	9	5				Torinese	7	5.22
6	1887	2	23	5	21	50	Liguria occidentale	9	6.27
4	1891	6	7	1	6	14	Valle d'Illasi	8-9	5.87
NF	1892	3	5				Valle d'Aosta	7	4.98
NF	1892	8	9	7	58		Valle d'Alpone	6-7	4.91
F	1896	10	16				Liguria occidentale	6	4.91
2-3	1900	12	30	23	36	20	Alto Monferrato	5	4.35
3-4	1901	1	23	0	17	10	Oltrepò Pavese	5	4.23
NF	1909	1	13	0	45		Emilia Romagna orientale	6-7	5.36
NF	1912	5	31	21	40		Canavese	5-6	4.71
3	1913	3	27	2	25	44	Val Trebbia	4-5	4.24
4	1913	12	7	1	28		Valle Scrivia	5	4.57
F	1914	10	26	3	43	22	Torinese	7	5.24
2	1914	10	27	9	22		Lucchesia	7	5.63
4	1920	9	7	5	55	40	Garfagnana	10	6.53
2	1927	10	28	21	49		Alta Val di Taro	6	4.66
3-4	1929	4	19	4	16		Bolognese	6-7	5.13
4-5	1943	10	16	19	18		Langhe	4-5	3.93
4-5	1945	12	15	5	27		Oltrepò Pavese	6	4.72
4	1951	5	15	22	54		Lodigiano	6-7	5.17
2	1960	3	23	23	10		Vallese	7	5
3-4	1980	12	23	12	1	6	Piacentino	6-7	4.57
2-3	1983	11	9	16	29	52	Parmense	6-7	5.04
5-6	2000	8	21	17	14		Monferrato	6	4.94
4	2001	7	18	22	47	10.71	Monferrato	5	4.23
NF	2005	4	18	10	59	18.56	Valle del Trebbia	4	3.97

Tabella 1 – Massimi eventi sismici censiti a Alessandria

Dalla lettura di Tabella 1 si evidenzia che il massimo evento sismico censito a Alessandria si è verificato il 1 febbraio del 1369 con un'intensità del VII-VIII grado della scala MCS. L'epicentro viene indicato proprio ad Alessandria.

**INTERVENTO N. 8 – KM 222 – P
BASSIGNANA (AL)**Codice elaborato: **PF.0.0.8.GEO.GE.R.T.0.0.1.A**Titolo elaborato: **Relazione geologica e geotecnica**

pag. 22 / 33

5.2 Classificazione sismica

L'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003, suddivide il territorio italiano in 4 zone sismiche con diversi livelli di accelerazione sismica di progetto. Secondo tale ordinanza i Comuni di Bassignana, Alluvioni Cambiò (AL) e Suardi (PV), nella sopraccitata classificazione, sono stati identificati in zona 4 (a sismicità molto bassa), cui corrispondono valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, minori di $0,05 \cdot g$ (dove g è l'accelerazione di gravità).

La Delibera X/2129 del 11/07/2014 della Regione Lombardia aggiorna questa classificazione, individuando il Comune di Suardi in zona 3, cioè con accelerazione compresa tra $0,05g$ e $0,15g$ (Figura 16).

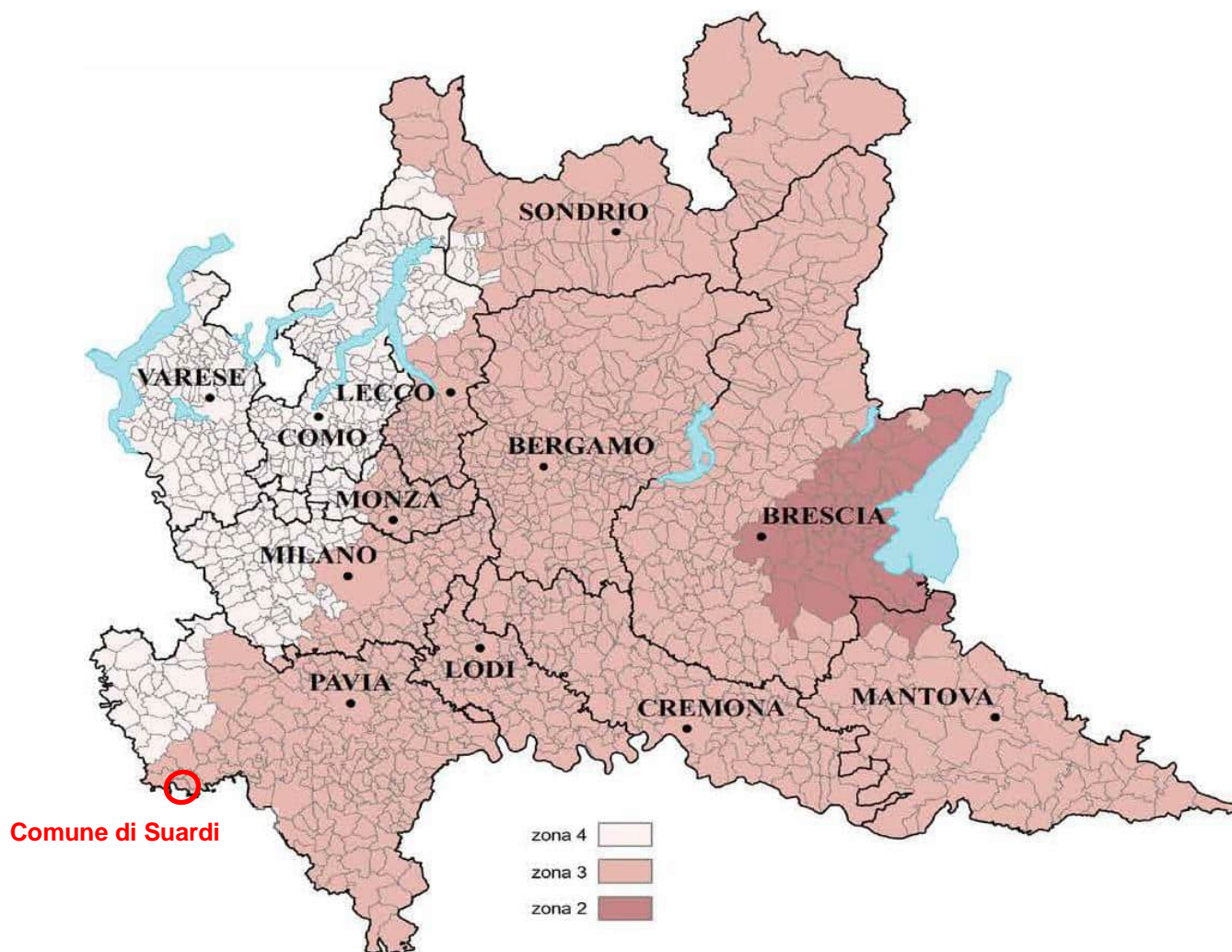
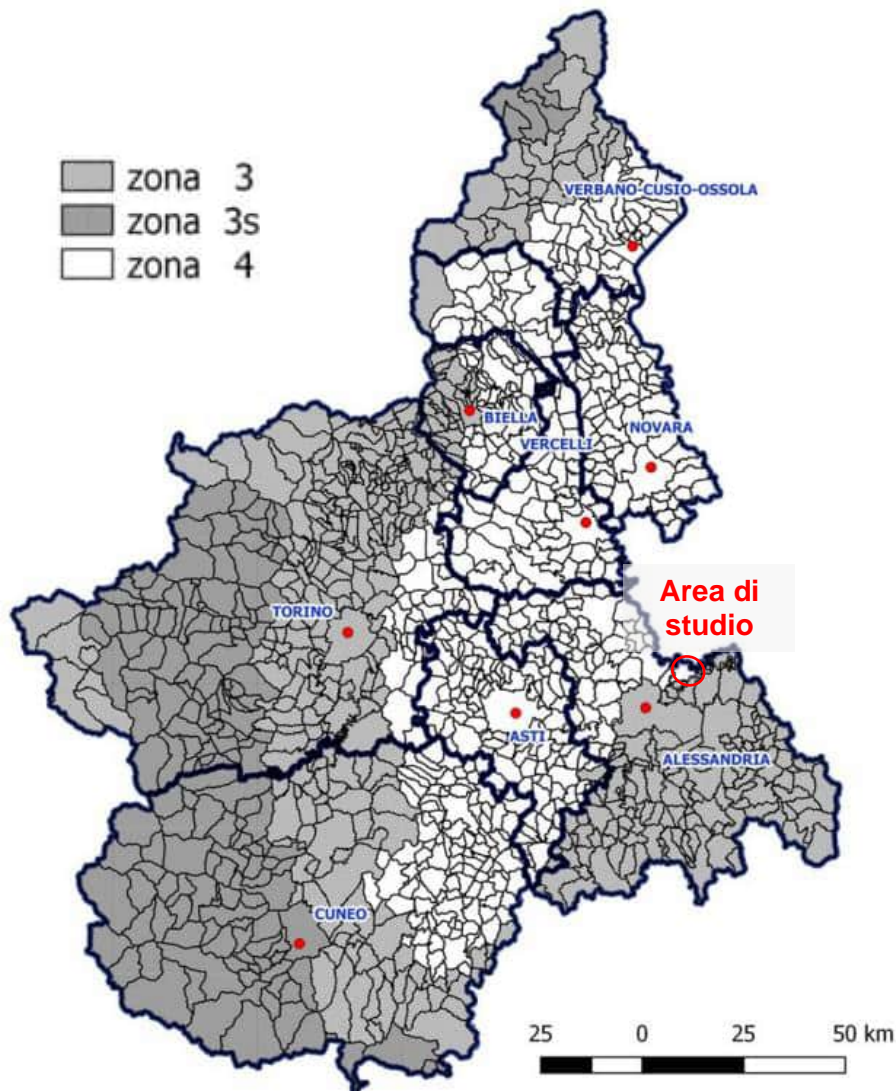


Figura 16 - Classificazione sismica dei Comuni della Regione Lombardia a seguito della Delibera X/2129 del 2014

La DGR n. 6-887 del 30 dicembre 2019, attualmente vigente, aggiorna la classificazione sismica dei comuni piemontesi, riclassificando il territorio. Secondo tale aggiornamento, come indicato in Figura 17, il Comune di Bassignana è confermato in zona 4 mentre il Comune di Alluvioni Cambiò viene identificato in zona 3 (a sismicità bassa), cui corrispondono valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, compresi tra $0,05 \cdot g$ e $0,15 \cdot g$ (dove g è l'accelerazione di gravità).

INTERVENTO N. 8 – KM 222 – P**BASSIGNANA (AL)**Codice elaborato: **PF.0.0.8.GEO.GE.R.T.0.0.1.A**Titolo elaborato: **Relazione geologica e geotecnica**

pag. 23 / 33

*Figura 17 - Classificazione sismica dei Comuni del Piemonte*

Tale classificazione ha tuttavia esclusivo valore amministrativo; infatti, alle Norme Tecniche per le costruzioni del D.M. 14-01-2008, è allegato un documento sulla pericolosità sismica (Allegato A), in cui l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base, più semplicemente chiamata pericolosità sismica che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle N.T.C., dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

**INTERVENTO N. 8 – KM 222 – P
BASSIGNANA (AL)**Codice elaborato: **PF.0.0.8.GEO.GE.R.T.0.0.1.A**Titolo elaborato: **Relazione geologica e geotecnica**pag. **24** / 33

Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento; cfr. Figura 18), i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 975 anni).

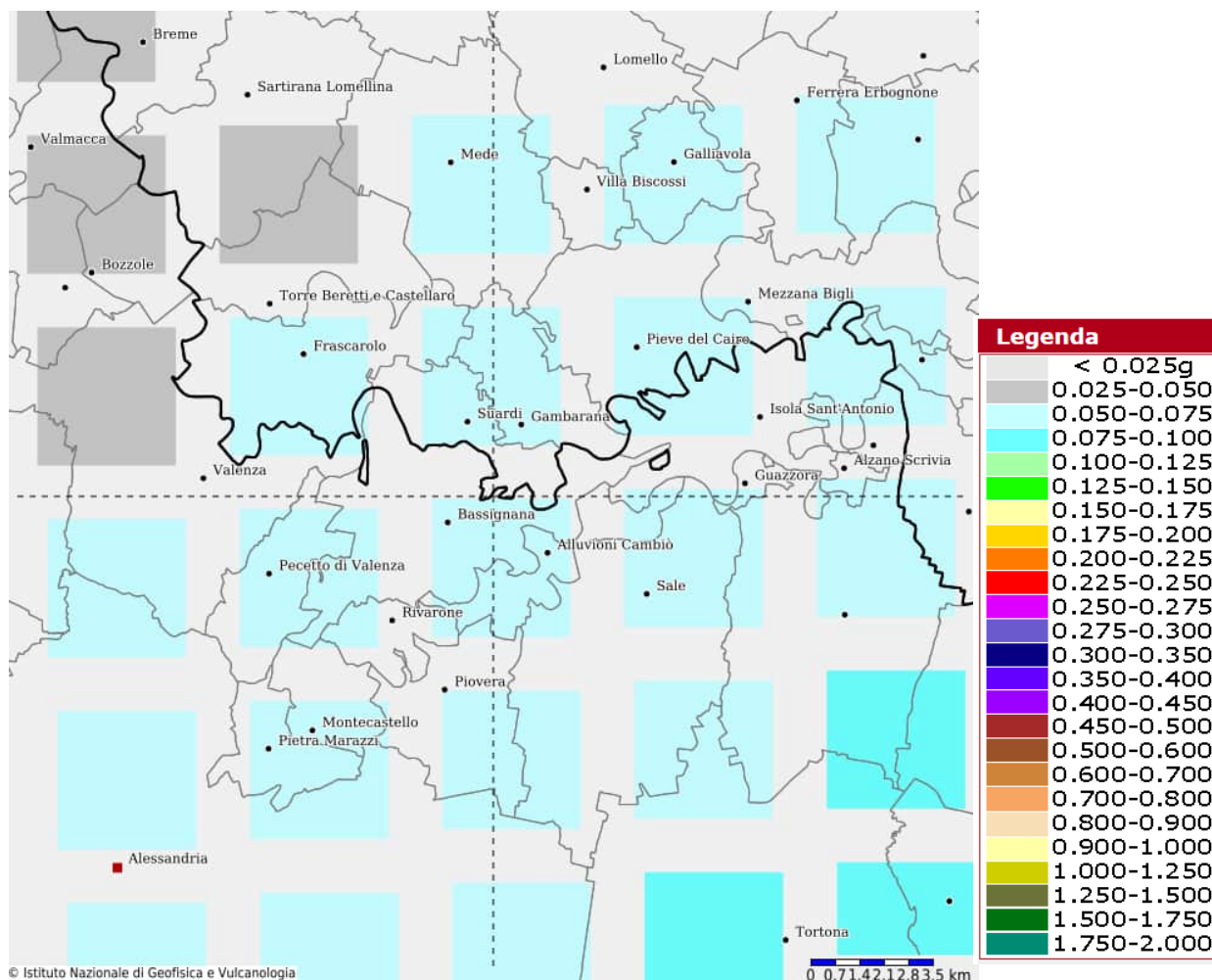


Figura 18 - Mappatura dell'accelerazione orizzontale massima del terreno (a_g) con tempi di ritorno di 475 anni

Per determinare il tempo di ritorno (T_R) si utilizza l'espressione:

$$T_R = \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

dove V_R (nel caso in esame, come visto nel paragrafo 1.1, pari a 50 anni) è il periodo di riferimento della costruzione, mentre P_{VR} è la probabilità di superamento nel periodo di riferimento.

Inoltre, sono stati definiti gli stati limite che forniscono le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} (vedi 3.2.1 del Paragrafo 3.2.1 delle NTC 01/2018): pari al 5%, per lo Stato Limite di prevenzione dal Collasso (SLC), pari al 10%, per quello di salvaguardia della Vita (SLV), pari al 63%, per quello di Danno (SLD) e, pari all'81%, per quello di Operatività (SLO).

Nel caso in cui il sito in esame non ricada nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri a_g , F_0 , T_C^* possono essere ricavati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli

PNRR - M2C4 Investimento 3.3 - RINATURAZIONE DELL'AREA DEL PO Progetto di fattibilità tecnica ed economica		
INTERVENTO N. 8 – KM 222 – P BASSIGNANA (AL)		
<i>Codice elaborato:</i>	PF.0.0.8.GEO.GE.R.T.0.0.1.A	
<i>Titolo elaborato:</i>	Relazione geologica e geotecnica	pag. 25 / 33

inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici. Analogamente, qualora l'attuale *pericolosità sismica* su *reticolo di riferimento* non contempli il periodo di ritorno T_R corrispondente alla V_R e alla P_{VR} fissate, il valore del generico parametro a_g, F_0, T_C^* ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione.

Alla luce di quanto sopra indicato, i valori dei tre parametri necessari per la determinazione delle azioni sismiche in corrispondenza dell'area oggetto d'intervento sono riportati nella seguente tabella.

Stato Limite	Tempo di ritorno T_R (anni)	a_g (g)	F_0	T_C^* (s)
SLO	30	0.019	2.519	0.161
SLD	50	0.025	2.519	0.197
SLV	475	0.057	2.569	0.278
SLC	975	0.073	2.574	0.286

Tabella 2 – Valori dei parametri a_g, F_0, T_C^ per i tempi di ritorno associati a ciascun stato limite*

5.3 Scenario di pericolosità sismica locale

Non essendo riusciti a consultare studi di microzonazione di primo livello riguardanti il territorio in esame, cautelativamente, si può affermare che l'area d'intervento potrebbe essere suscettibile ai seguenti effetti locali:

- amplificazioni litologiche
- cedimenti e/o liquefazione dei suoli.

PNRR - M2C4 Investimento 3.3 - RINATURAZIONE DELL'AREA DEL PO Progetto di fattibilità tecnica ed economica	
INTERVENTO N. 8 – KM 222 – P BASSIGNANA (AL)	
Codice elaborato:	PF.0.0.8.GEO.GE.R.T.0.0.1.A
Titolo elaborato:	Relazione geologica e geotecnica

6 GEOTECNICA

Come già esposto, il primo sottosuolo della porzione di territorio in esame è caratterizzato, in corrispondenza delle alluvioni in evoluzione, dalla dominanza di depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi, mentre, allontanandosi dall'alveo di magra del fiume Po, si incontrano, prima, i depositi prevalentemente sabbiosi, poi, quelli prevalentemente limosi.

I terreni ghiaioso-sabbiosi sono caratteristici di ambienti deposizionali di alta energia, in cui la sedimentazione è dominata dagli apporti grossolani lasciati dalle correnti trattive. Tali depositi, dal punto di vista geotecnico, si configurano a comportamento granulare, con buone caratteristiche di resistenza al taglio e bassa compressibilità. Allegato 1

A livello preliminare, l'assetto stratigrafico in corrispondenza dell'area d'intervento, previsto in destra idraulica al km 222, all'interno di un unico ambiente di barra fluviale, si può considerare discretamente omogeneo.

Maggiori informazioni, sia di carattere litologico che di carattere geotecnico, si avranno una volta completata la campagna di indagini in corso di esecuzione, per la quale si rimanda al successivo capitolo 7.

Nel frattempo, in questa fase, dovendo esaminare un progetto di fattibilità tecnica ed economica privo di particolari complessità geotecniche (è previsto solo l'abbassamento di una porzione di difesa sponale e scavi con scarpate a bassa pendenza), si è fatto riferimento sia a quanto presente in bibliografia che a indagini pregresse eseguite nelle vicinanze dell'area di studio.

Sulla base di tali informazioni, in attesa dei risultati della campagna geognostica che consentiranno, in fase di progettazione esecutiva, di definire i valori caratteristici e di effettuare le verifiche di legge, si è stimato che le ghiaie-sabbiose sopradescritte siano caratterizzate dai seguenti parametri (espressi come *range*):

- angolo di attrito in termini di pressioni efficaci $\phi' = 35^{\circ} \div 40^{\circ}$
- peso specifico $\gamma = 20 \div 21 \text{ kN/m}^3$.

PNRR - M2C4 Investimento 3.3 - RINATURAZIONE DELL'AREA DEL PO Progetto di fattibilità tecnica ed economica	
INTERVENTO N. 8 – KM 222 – P BASSIGNANA (AL)	
Codice elaborato:	PF.0.0.8.GEO.GE.R.T.0.0.1.A
Titolo elaborato:	Relazione geologica e geotecnica

pag. 27 / 33

7 CAMPAGNA GEOGNOSTICA

Per verificare, le caratteristiche dei terreni presenti nell'area d'intervento, è in corso di esecuzione una campagna di indagini che prevede la realizzazione di:

- n° 4 pozzetti con escavatore, con prelievo di n° 3 campioni per ciascun pozzetto, sui quali eseguire, complessivamente:
 - n° 12 analisi granulometriche, mediante vagliatura per via umida e per sedimentazione con areometro;
 - n° 12 determinazioni dei limiti di *Atterberg*;
 - n° 12 analisi chimiche, ai sensi della normativa vigente, per la determinazione di arsenico, cadmio, cobalto, nichel, piombo, rame, zinco, mercurio, cromo totale, cromo VI, idrocarburi >12 e amianto.
- n° 2 caratterizzazioni sui blocchi in cls della difesa spondale.

I pozzetti, da eseguirsi mediante escavatore, devono essere spinti fino alla profondità di 5 m da p.c. e il prelievo dei campioni è previsto secondo il seguente schema:

- campione 1: denominato *top soil*, nello strato organico superficiale più pedogenizzato (generalmente compreso tra p.c. e -0.50÷0.60 m di profondità);
- campione 2: nella zona di fondo scavo;
- campione 3: nella zona intermedia tra i due.

Per ogni pozzetto sarà, inoltre, fornito un report stratigrafico dei terreni indagati, con eventuali prove con *pocket penetrometer* o *vane test*, nel caso nel caso di attraversamento di orizzonti di depositi a comportamento coesivo.

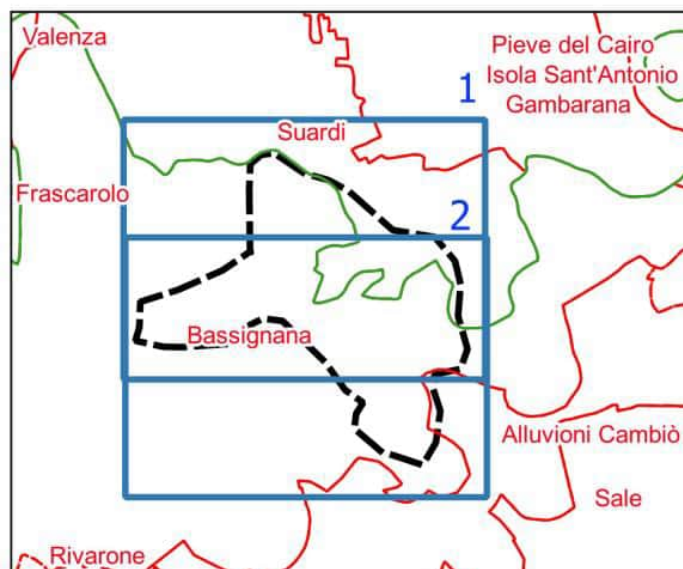
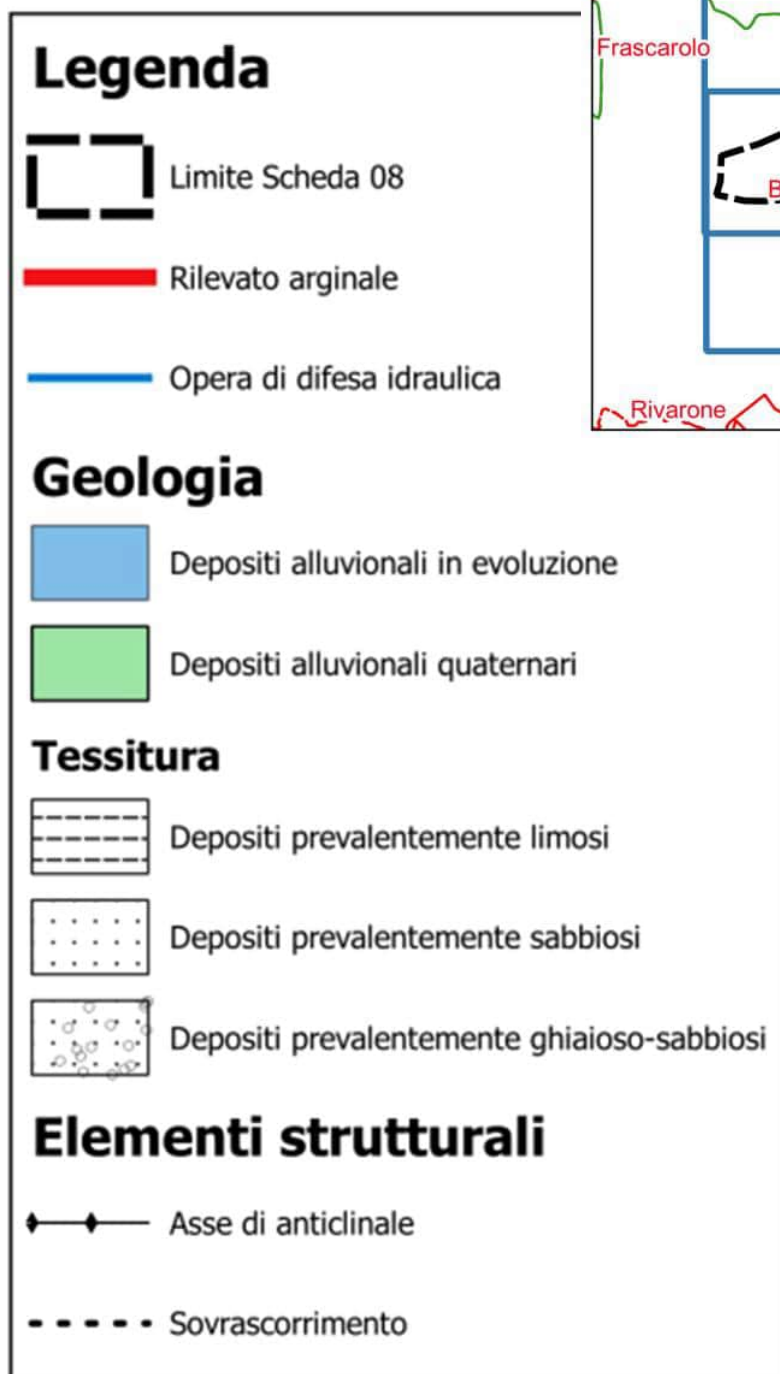
I frammenti di cls devono essere sottoposti sia alla verifica del rispetto dei limiti CSC (Concentrazioni Soglia di Contaminazione – tabella 1 allegato 5 parte IV titolo V D.lgs. 152/06) relativi ad uso verde – residenziale (colonna A) e ad uso commerciale – industriale (colonna B) e sia alla determinazione della pericolosità e ammissibilità in discarica dei rifiuti, ai sensi del D.lgs. 36/03, così come modificato dal D.lgs. 121/20 e s.m.i. Devono essere, inoltre sottoposti, a test di cessione per la caratterizzazione a rifiuto.

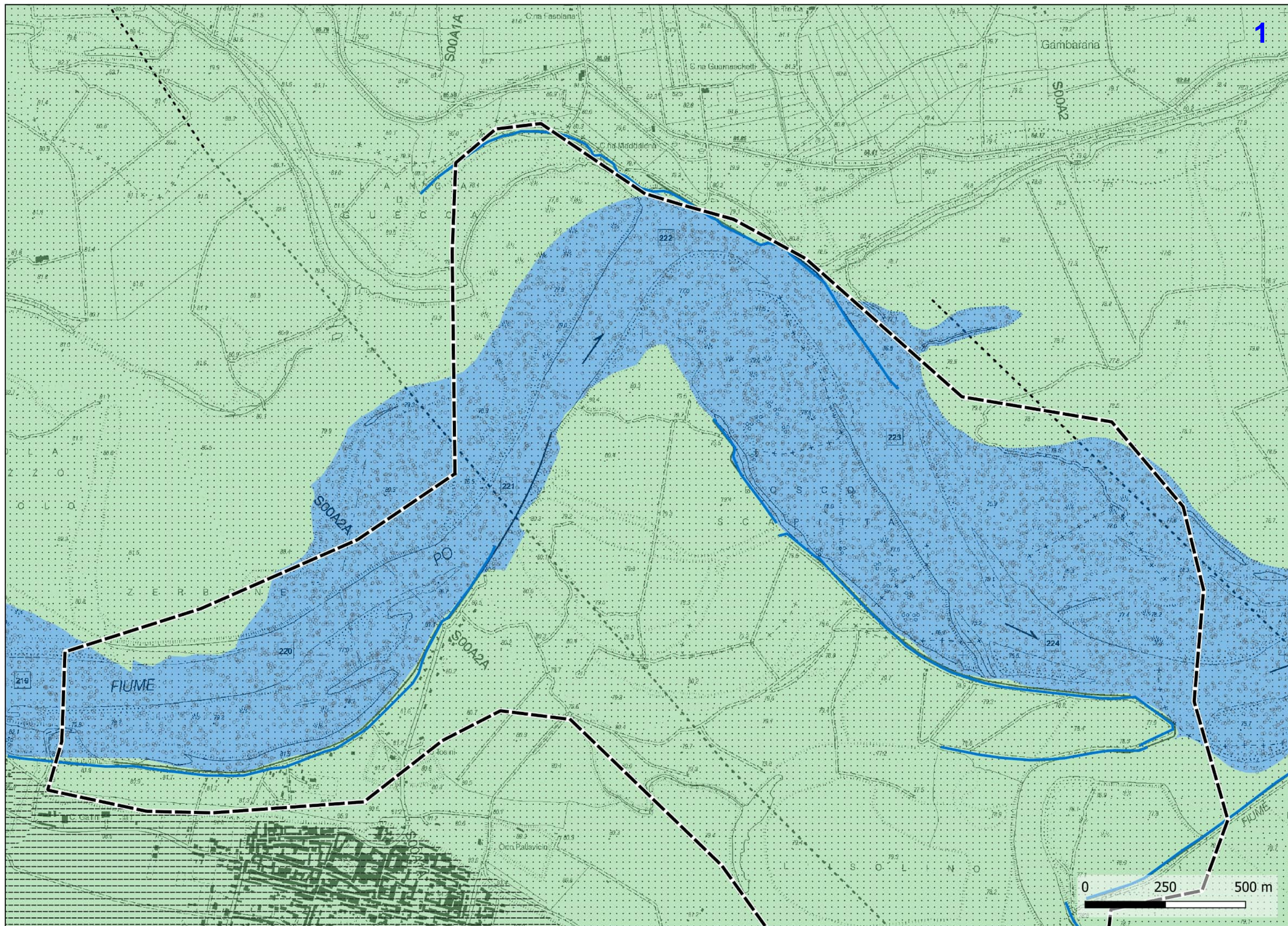
I risultati di tali indagini, una volta disponibili, potranno essere utilizzati per l'affinamento del quadro conoscitivo necessario per poter procedere con la progettazione esecutiva.

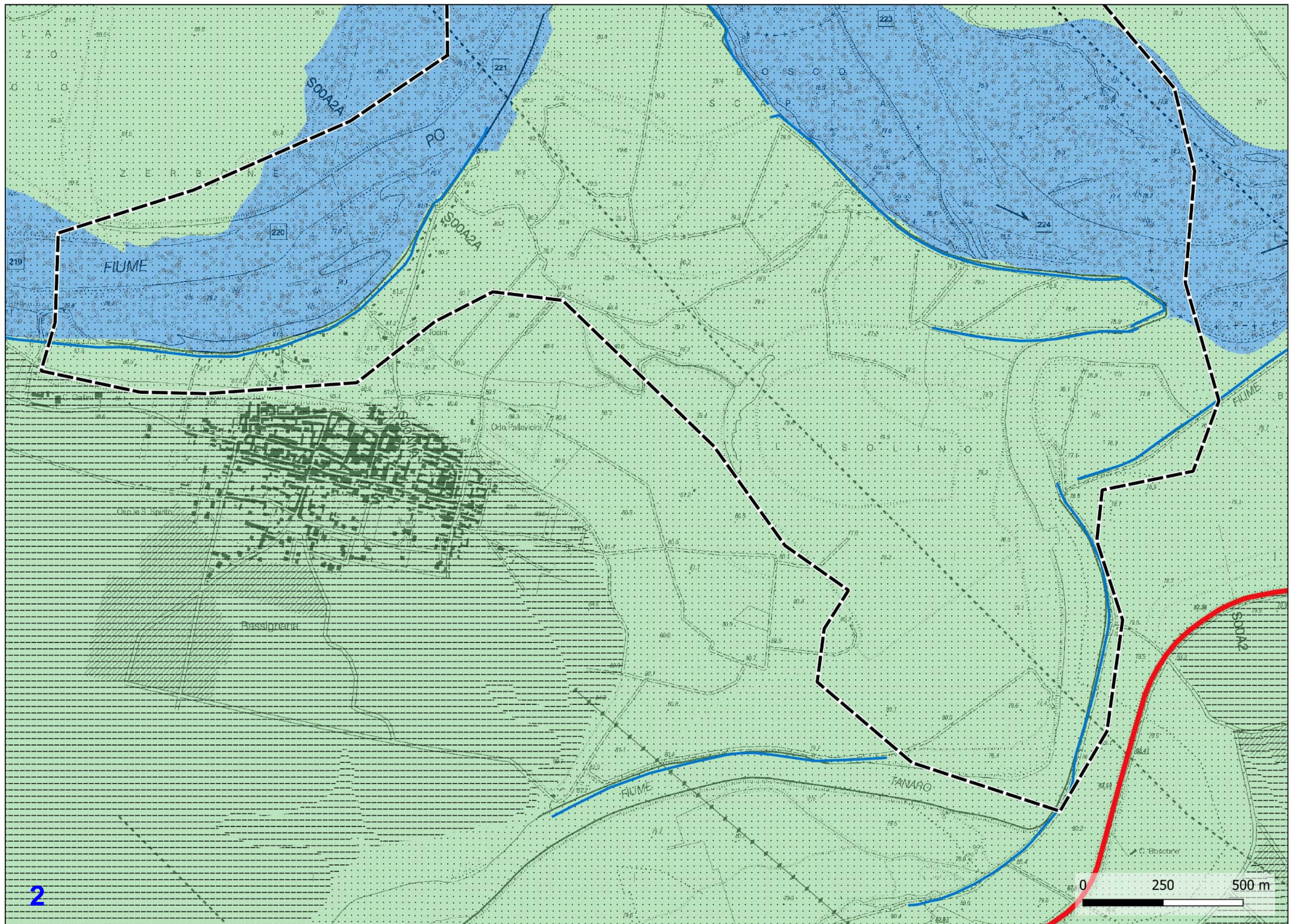
L'ubicazione delle indagini effettuate è consultabile nell'Allegato D Ubicazione indagini.

8 ALLEGATI

Allegato A Carta geologica







**INTERVENTO N. 8 – KM 222 – P
BASSIGNANA (AL)**

Codice elaborato: **PF.0.0.8.GEO.GE.R.T.0.0.1.A**

Titolo elaborato: **Relazione geologica e geotecnica**

pag. **30** / 33

Allegato B Carta geomorfologica

Legenda



Limite Scheda 08



Alveo di magra desunto da volo AIPo 2002



Rilevato arginale



Opera di difesa idraulica

GEOMORFOLOGIA

Processi evolutivi delle sponde



Sponda alta stabile



Sponda bassa stabile



Sponda alta arretrata nel 1979-2002
tasso tra 2 e 5 m



Sponda alta avanzata nel 1979-2002
tasso tra 2 e 5 m



Sponda alta avanzata nel 1979-2002
tasso tra 5 e 10 m



Fronte di erosione spondale attiva

Alvei abbandonati



Alveo abbandonato situato allo stesso livello del p.c. circostante



Alveo abbandonato incassato rispetto al p.c. circostante

Barre



Barra longitudinale (Longitudinal bar)



Barra laterale (Side bar)



Barra di meandro (Point bar)

Forme dovute alla presenza e all'azione delle acque



Orlo di scarpata o solco erosivo



Solco erosivo di ampiezza non cartografabile



Ventaglio di esondazione



Budrio creato dalla piena del 1994



Budrio creato dalla piena del 2000

Usi antropici

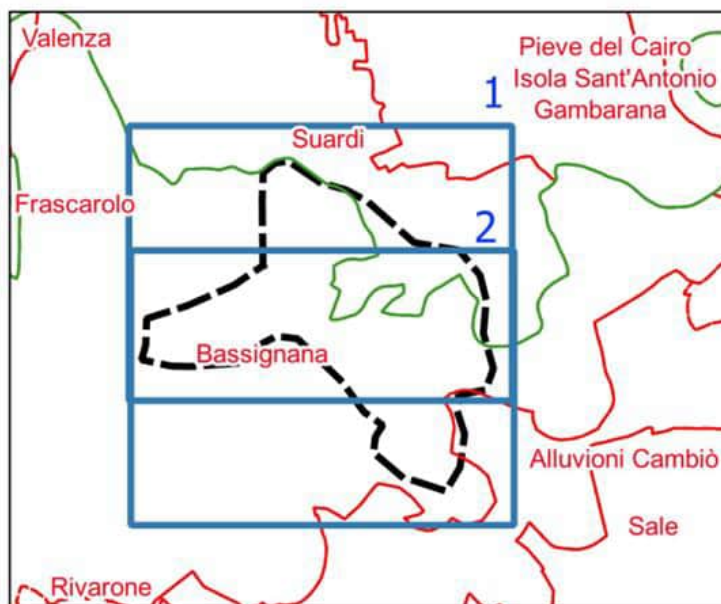
Cave e riporti

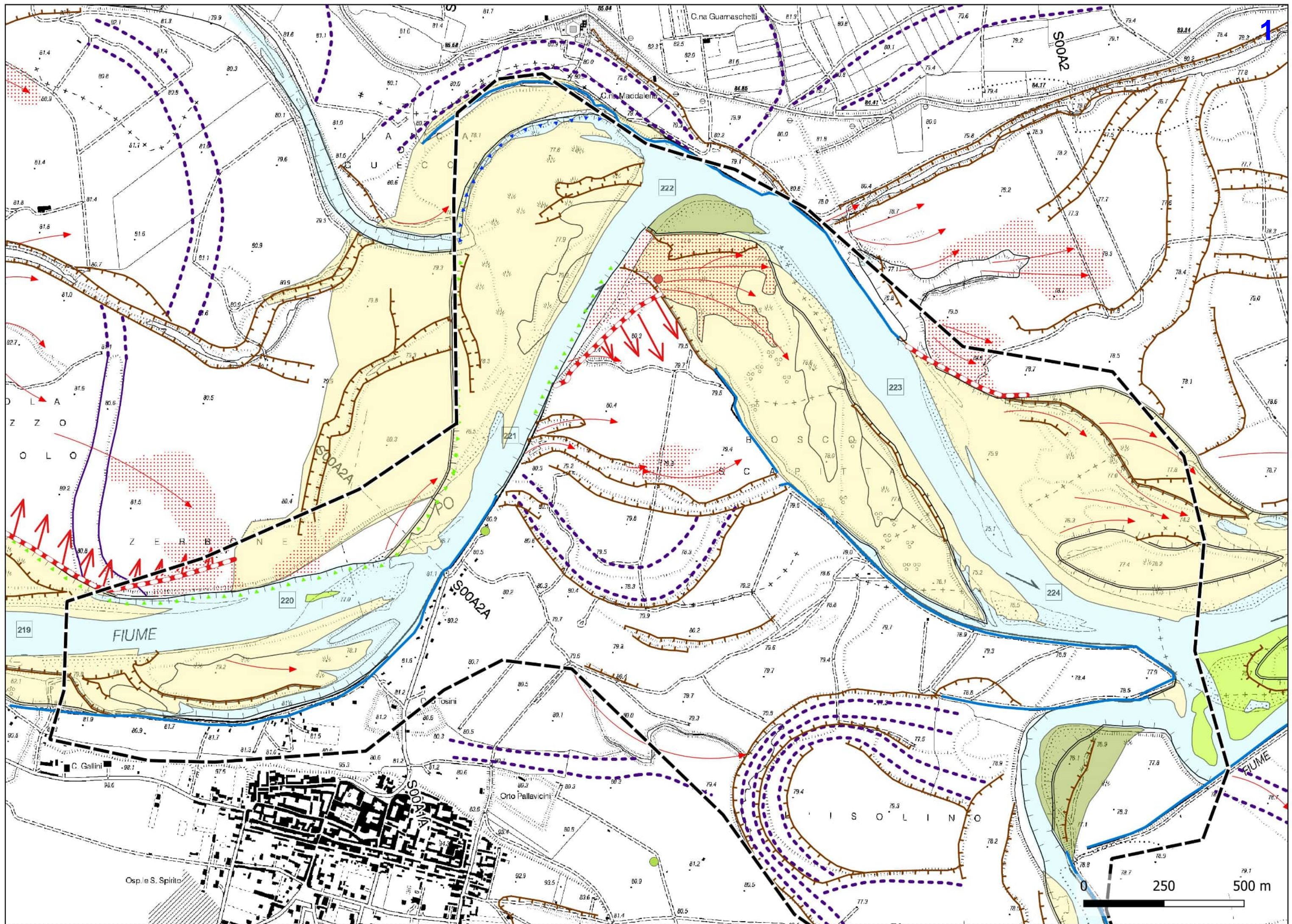


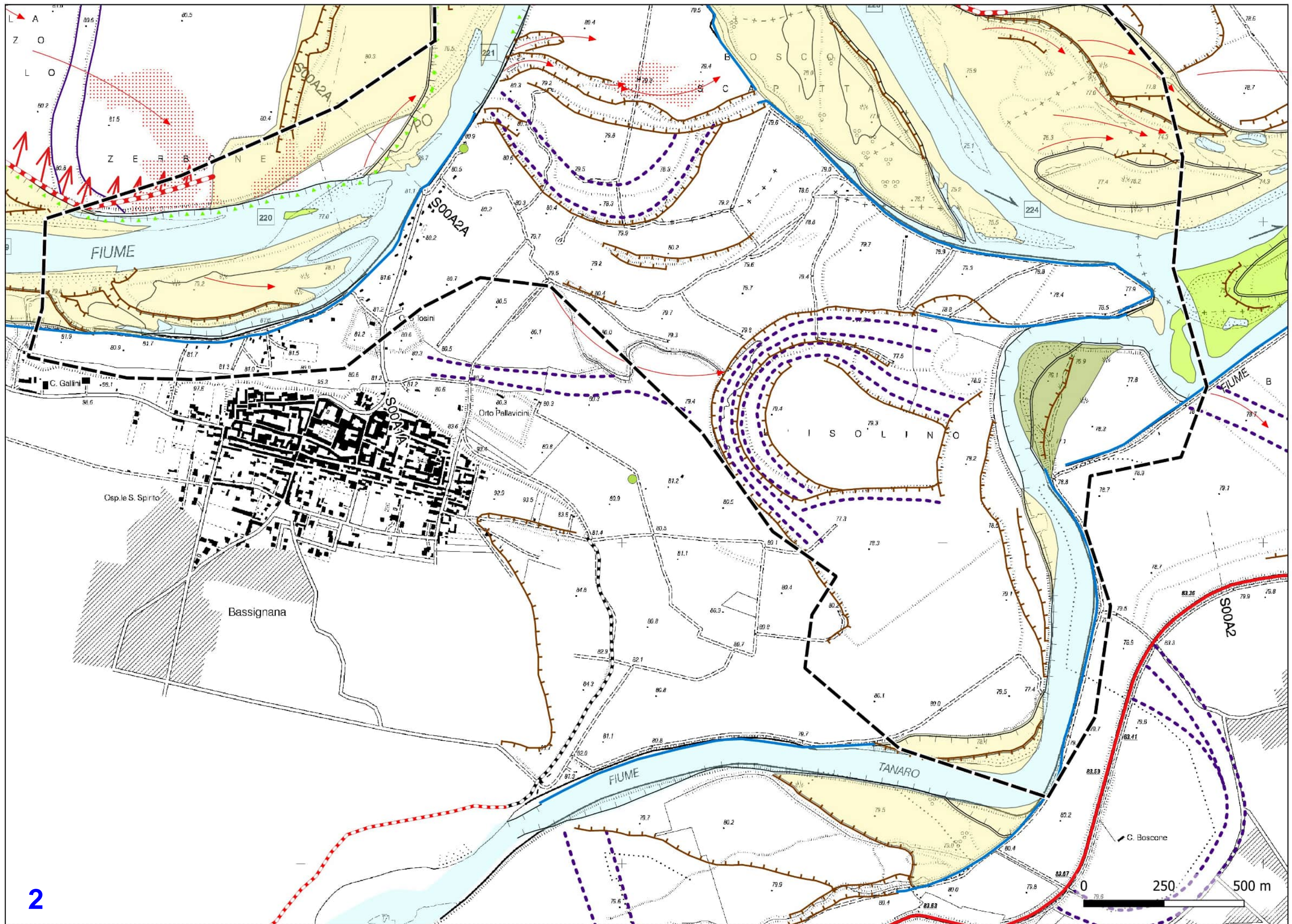
Impianto di vagliatura e stoccaggio attivo



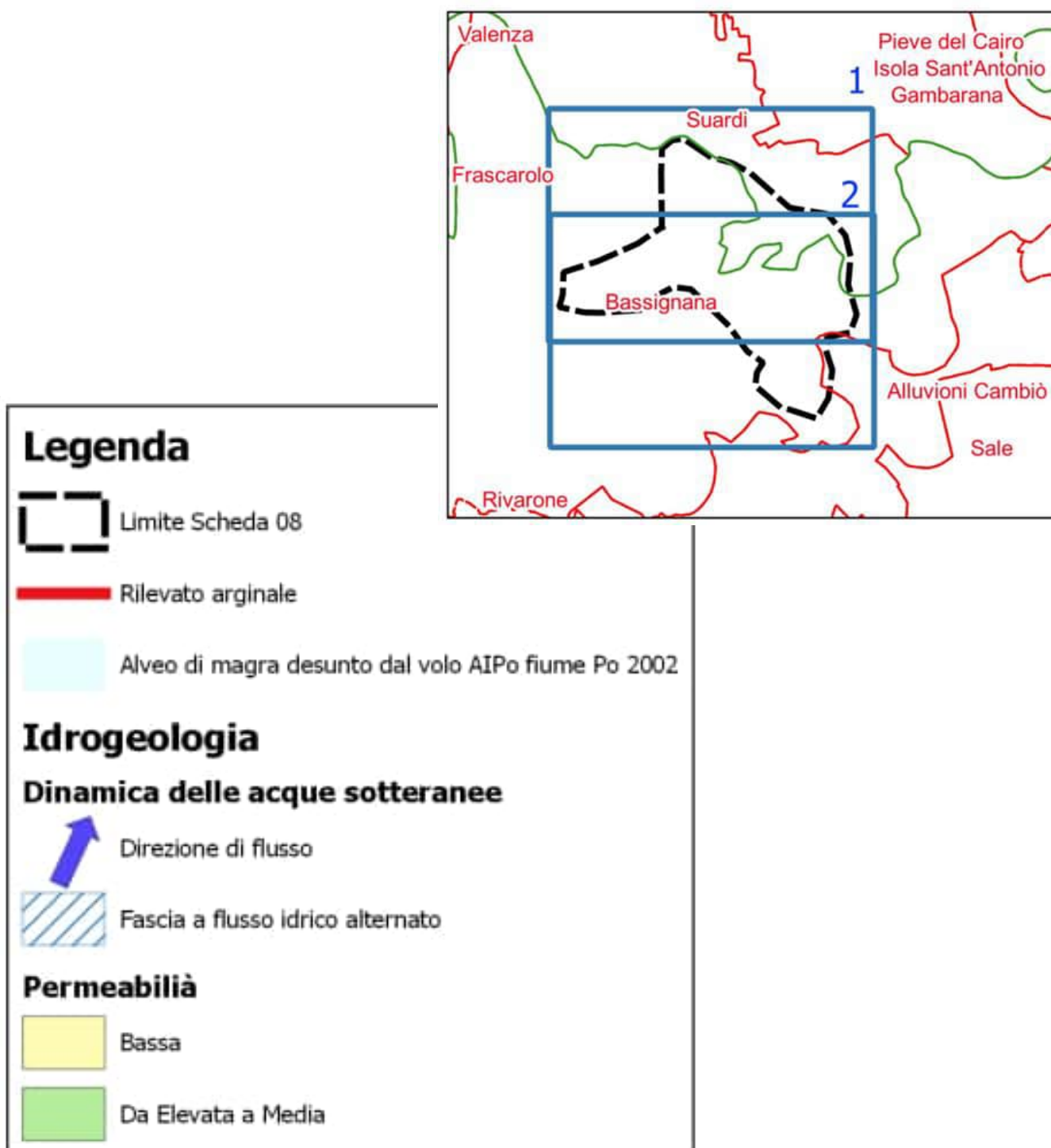
Impianto di vagliatura e stoccaggio

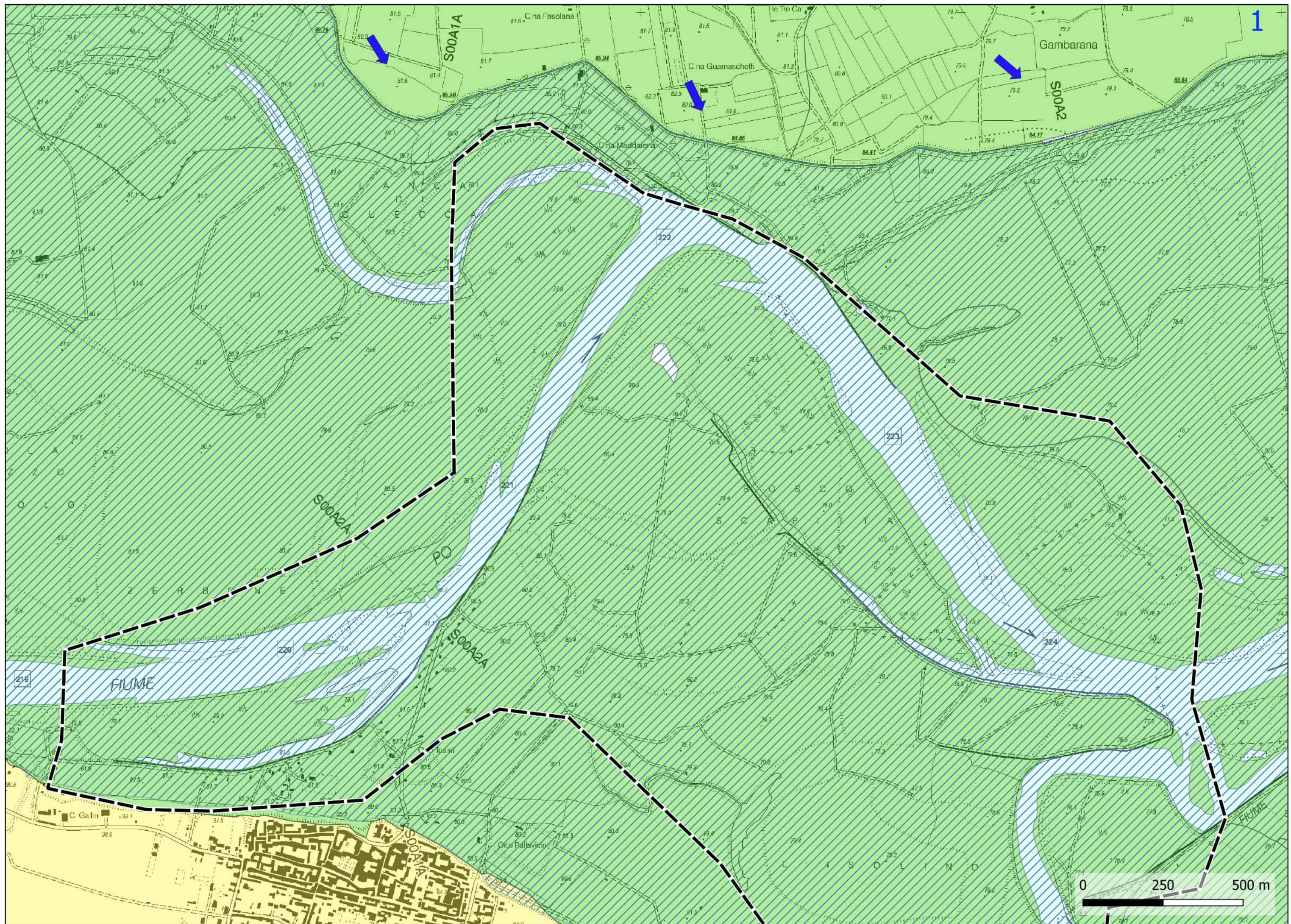


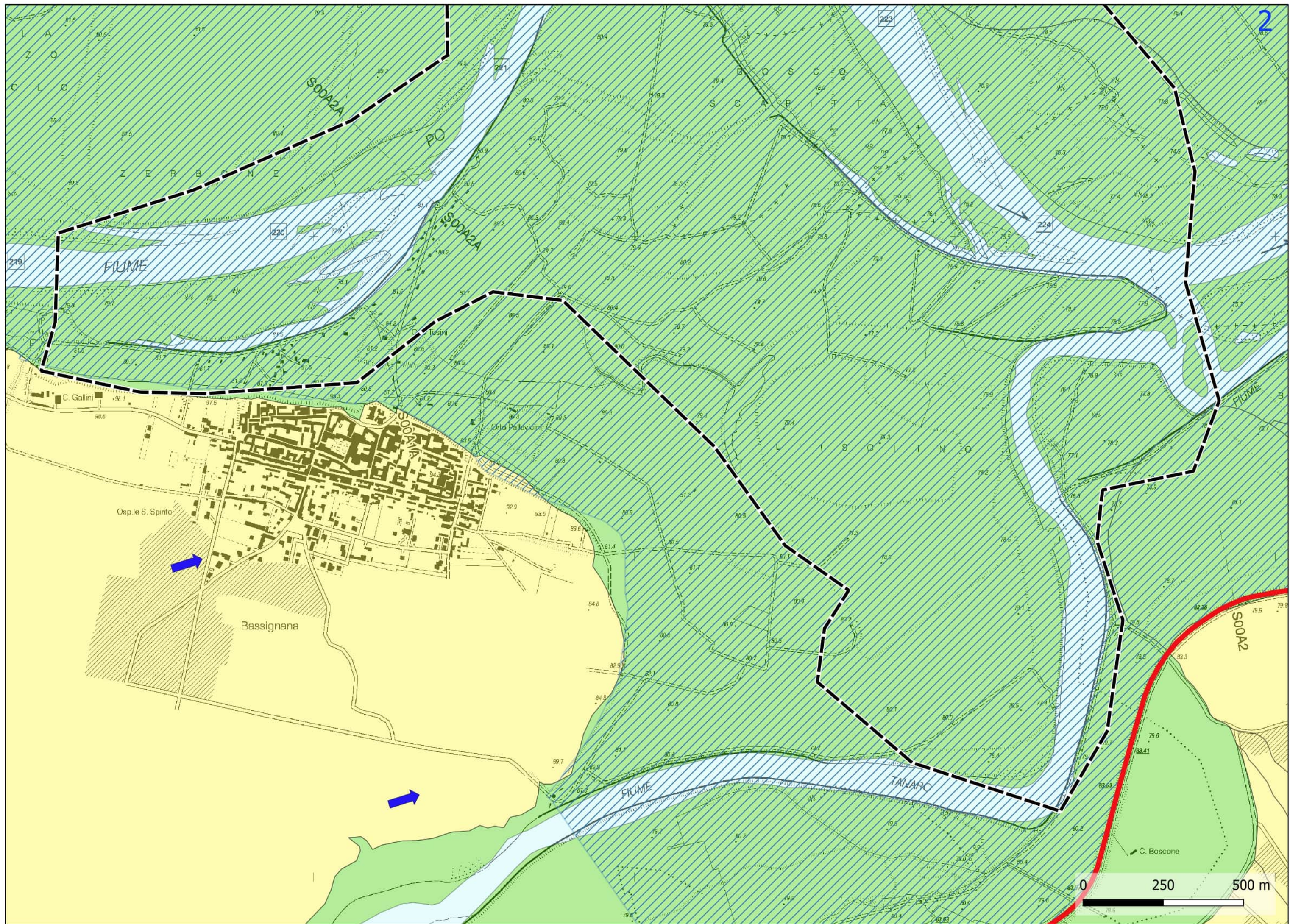




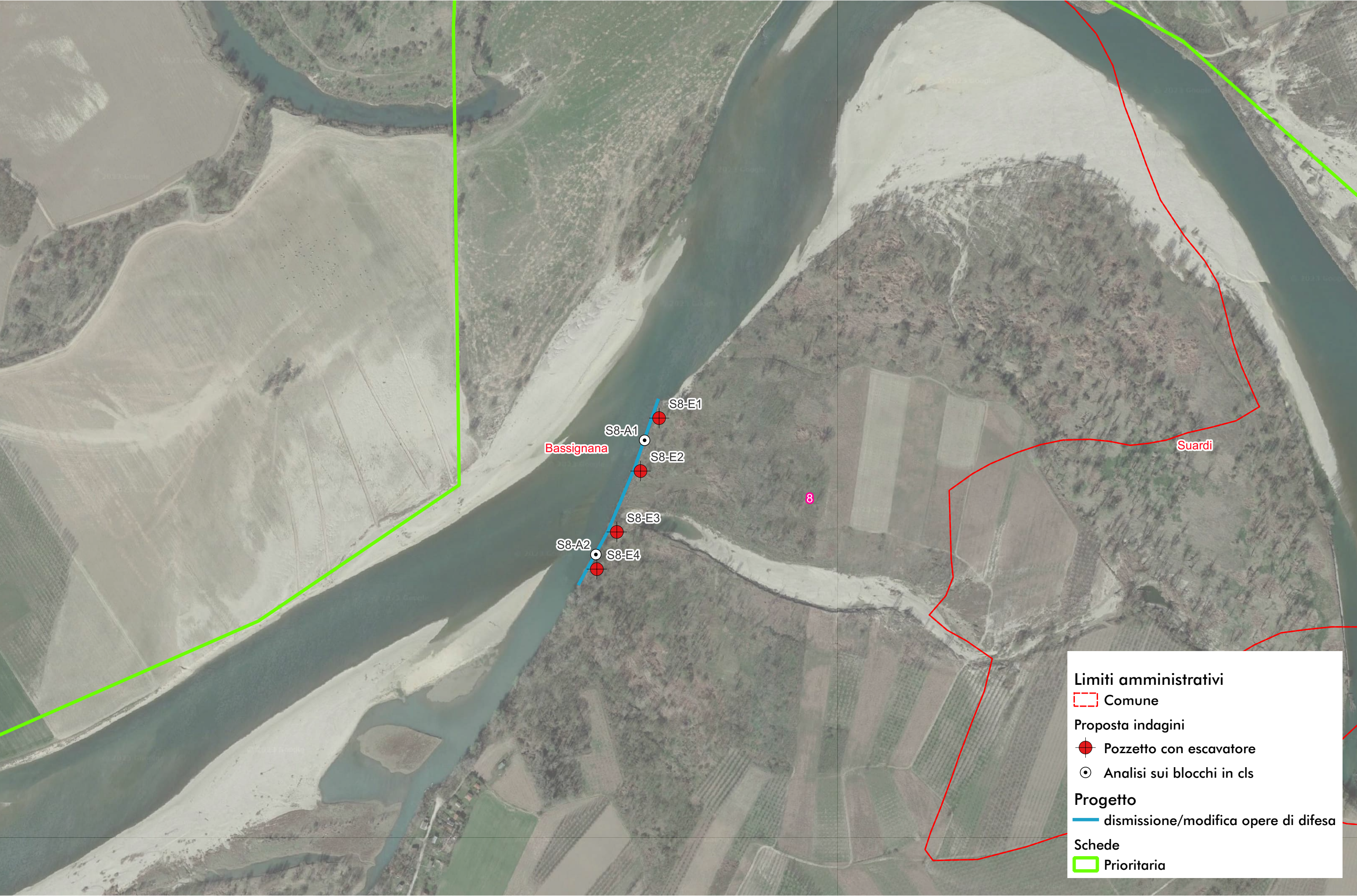
Allegato C Carta idrogeologica







Allegato D Ubicazione indagini



Limiti amministrativi
Comune

Proposta indagini
Pozzetto con escavatore
Analisi sui blocchi in cls

Progetto
dismissione/modifica opere di difesa

Schede
Prioritaria