



CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA

Sede legale e recapito postale:
44121 Ferrara - Via Borgo dei Leoni, 28 - C.F. 93076450381
web: www.bonificaferrara.it - e-mail: info@bonificaferrara.it
pec: posta.certificata@pec.bonificaferrara.it

aderente all' 
Associazione Nazionale Bonifiche, Irrigazioni e Miglioramenti Fondiari

CANALE S. NICOLO' – MEDELANA

PROGETTO ESECUTIVO

RIPRISTINO DELLE CONDIZIONI DI STABILITÀ ARGINALE DEL CANALE SAN NICOLÒ - MEDELANA. II STRALCIO

RELAZIONI

RELAZIONE GEOTECNICA

Data 09/11/2021	Elab. R-3820-SNMST2-PE-02-01	Rev. 00
IL PROGETTISTA (Dott. Ing. Elisa Maniezzo) 		IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO (Dott. Ing. Marco Volpin)



1. INDICE

1.	INDICE	2
2.	PRINCIPALI FONTI BIBLIOGRAFICHE	3
3.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
4.	PREMESSA	5
5.	CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E LITOLOGICHE	9
6.	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	15
6.1	CAMPAGNA 2010	15
6.2	CAMPAGNA 2021	15
7.	RISULTATI PROVE DI LABORATORIO	16
8.	MODELLO LITOSTRATIGRAFICO E GEOTECNICO	17

ALLEGATI

ALLEGATO A: RELAZIONE GEOLOGICA 2010

ALLEGATO B: SONDAGGI A DISTRUZIONE 2010

ALLEGATO C: PROFILI LITOSTRATIGRAFICI DI PROGETTO



2. PRINCIPALI FONTI BIBLIOGRAFICHE

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

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le Normative di riferimento adottate sono le seguenti:

- D.M. 17 gennaio 2018 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”
- Circ. Ministero delle infrastrutture e dei trasporti n.7 del 21 gennaio 2019, “Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al DM del 17 gennaio 2018”.
- D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380; “Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia”.
- LEGGE REGIONALE N. 19 DEL 30-10-2008 REGIONE EMILIA-ROMAGNA NORME PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO
- D.Lgs. 50/2016. Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture. (16G00062) (GU Serie Generale n.91 del 19-4-2016 – Suppl. Ordinario n. 10);
- D.Lgs. 42/2004. Codice dei beni culturali del paesaggio;
- Decreto del Min. delle Infrastrutture 14/01/2008. Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni;
- D.Lgs. 81/2008. Testo unico sulla sicurezza;
- D.Lgs. 152/2006. Norme in materia ambientale;
- L.R. Emilia Romagna 9/99 sulla Valutazione di Impatto Ambientale;
- L.R. Emilia Romagna 31/2002. Disciplina generale dell'edilizia;
- D.M. 161/2012. Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo;
- L. 177/2012. Modifiche al decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, in materia di sicurezza sul lavoro per la bonifica degli ordigni bellici;
- D.P.R. 327 del 8/06/2001 Testo Unico sulle procedure espropriative per pubblica utilità;
- L.R. Emilia Romagna n. 37 del 19/12/2002. Disposizioni regionali sugli espropri.

4. PREMESSA

La presente relazione si inserisce nel **Progetto Esecutivo** denominato **“RIPRISTINO DELLE CONDIZIONI DI STABILITÀ ARGINALE DEL CANALE SAN NICOLÒ – MEDELANA. II STRALCIO”**.

Il canale San Nicolò Medelana è una importante opera di difesa idraulica e di derivazione irrigua inserita nel territorio ferrarese nel sistema Po di Volano - Navigabile. E' un cavo pensile, posto pochi chilometri a sud est dal capoluogo estense, a sezione trapezia, lungo circa 14,6 chilometri, per la maggioranza del proprio corso dominante rispetto al territorio attraversato. La realizzazione, che risale agli anni 30 dello scorso secolo, nella propria primaria funzione, rispondeva alla duplice necessità di porre in sicurezza il sistema Burana-Volano, scolmando le portate effluenti nel primo tronco del Po di Volano attraverso un collegamento tra il Po di Primaro in località San Nicolò e il Po di Volano stesso a valle della traversa Valpagliaro in località Medelana, e consentire la derivazione irrigua per il fitto reticolo che il canale è andato ad intersecare.

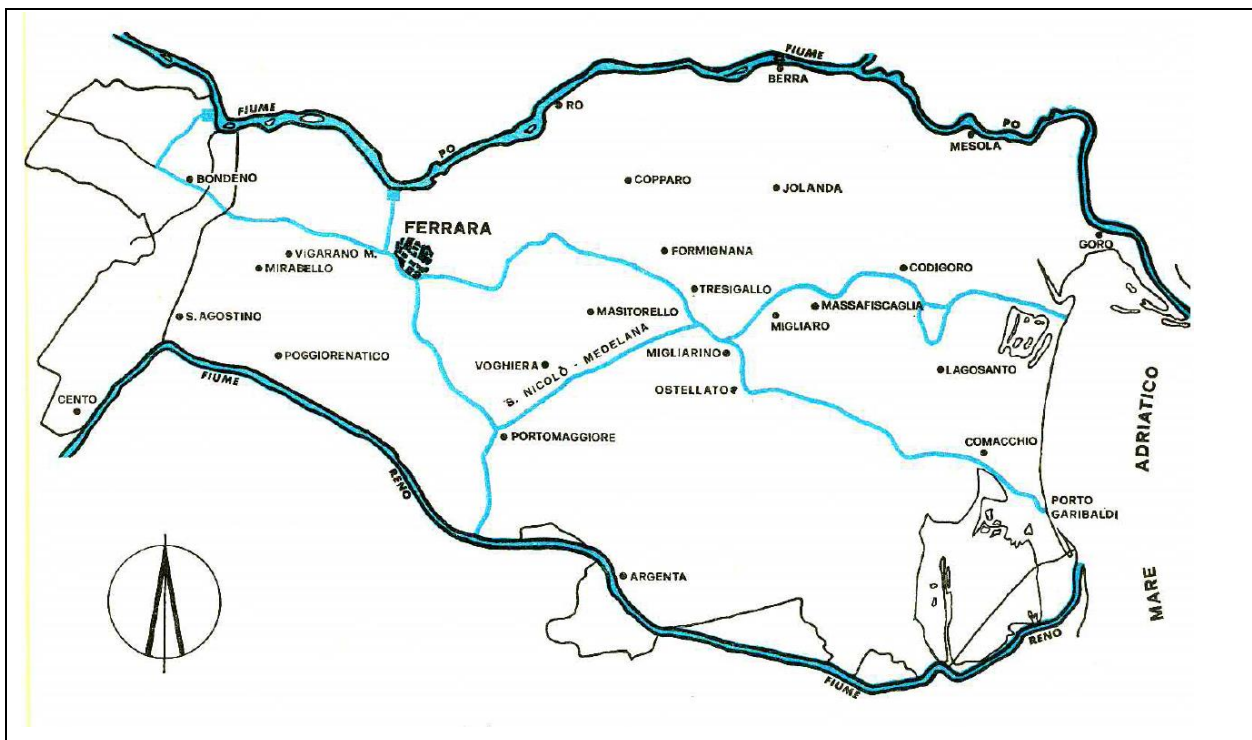


Figura 1. Il canale San Nicolò Medelana nel sistema idraulico principale del Ferrarese.

Purtroppo, come è noto, il canale è rimasto pressoché inutilizzato sin dal 1938, data della sua ultimazione, a causa di difetti di tenuta lungo buona parte del suo sviluppo imputabile alla elevata permeabilità di arginature e fondo alveo.



Negli anni 80 del secolo scorso, per valorizzare ed utilizzare l'opera, sono stati progettati e realizzati degli interventi di impermeabilizzazione del fondo e delle sponde mediante un rivestimento in calcestruzzo.

Nonostante gli interventi di rivestimento ed impermeabilizzazione delle sponde, ultimati nel 2000, il canale ha presentato anche negli anni successivi e presenta tutt'ora problematiche di tenuta, riscontrate già in fase di collaudo nel 2003.

Nel 2010 è stata condotta un'analisi delle effettive condizioni dell'opera attraverso la verifica della tenuta idraulica dei corpi arginali. Questa analisi è stata supportata da uno studio Geologico a cura della Dott.ssa Marilena Martinucci (ved. Allegato A) e da una analisi litostratigrafica dei corpi arginali e zone limitrofe.

Ai fini di tale analisi è stato predisposto un sistema di monitoraggio del livello della falda freatica nei corpi arginali realizzato con tubi piezometrici posizionati in destra e sinistra idraulica sulla testa dell'argine e a piano campagna. Gli esiti di tale analisi sono riassunti nell'elaborato grafico "*PE-05-01 Planimetria con ubicazione indagini 2010*".

Sulla base di quanto riscontrato nel 2010 e di quanto ricostruito dall'analisi storico critica, si è ritenuto fondamentale eseguire, preliminarmente alla progettazione esecutiva, rilievi ed indagini integrative (anno 2021) che nello specifico sono consistiti in:

- Rilievo del canale esistente per una fascia di larghezza 100 metri e per tutta la sua lunghezza (14.6 km) mediante laser scanner 3D installato su drone;
- Rilievo dei manufatti interferenti mediante laser scanner 3D installato su drone;
- Rilievo GPS delle quote sotto il pelo libero non ricavabili dalla scansione;
- Prelievo di campioni di calcestruzzo dall'opera idraulica per le successive prove di laboratorio (prova di compressione, prova di assorbimento e prova di permeabilità a carico costante);
- Rilievo di sezioni resistenti di strutture in c.a.;
- Indagine tomografica elettromagnetica per la ricostruzione di sezioni longitudinali;
- N° 3 Sondaggi geognostici fino alla profondità di 8 m con prelievo di campionature per le successive prove di laboratorio (determinazione del contenuto di acqua, determinazione del peso di volume, limiti di Atterberg, analisi granulometriche e prove di permeabilità).



Figura 2. Airborne laser scanning

La scelta dei punti di indagine è stata fatta in accordo con il Committente concentrando gli sforzi nei tratti dove storicamente si sono verificate le problematiche maggiori.

Tratto T1	da sez. 14 (prog. 2+800) a sez. 19 (prog. 3+800)
Tratto T2	da sez. 32 (prog. 6+400) a sez. 35 (prog. 7+000)
Tratto T3	da sez. 37 (prog. 7+400) a sez. 46 (prog. 9+000)
Tratto T4	da sez. 58 (prog. 11+600) a sez. 66 (prog. 13+200)

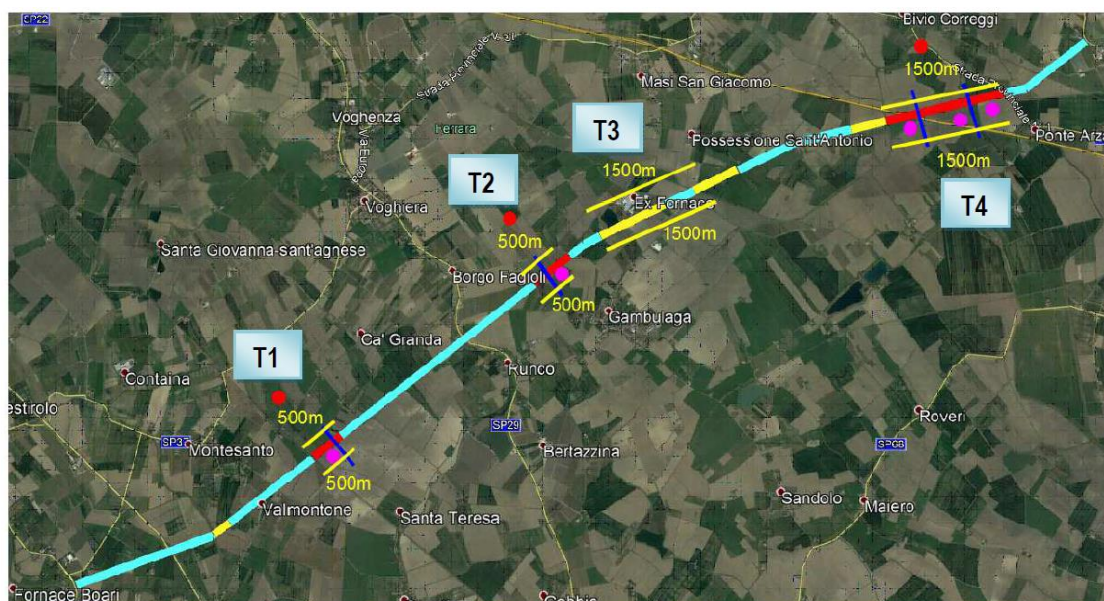


Figura 3. Ubicazione tratti indagati con tomografia elettrica (T1÷T4)

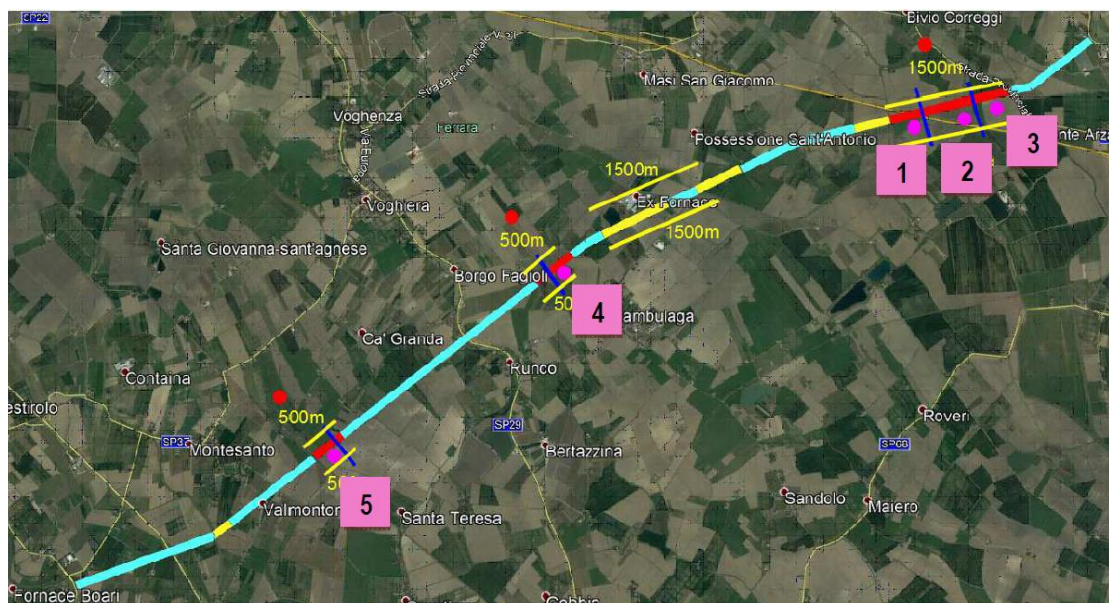


Figura 4. Ubicazione punti di prelievo campioni di calcestruzzo (1-5)

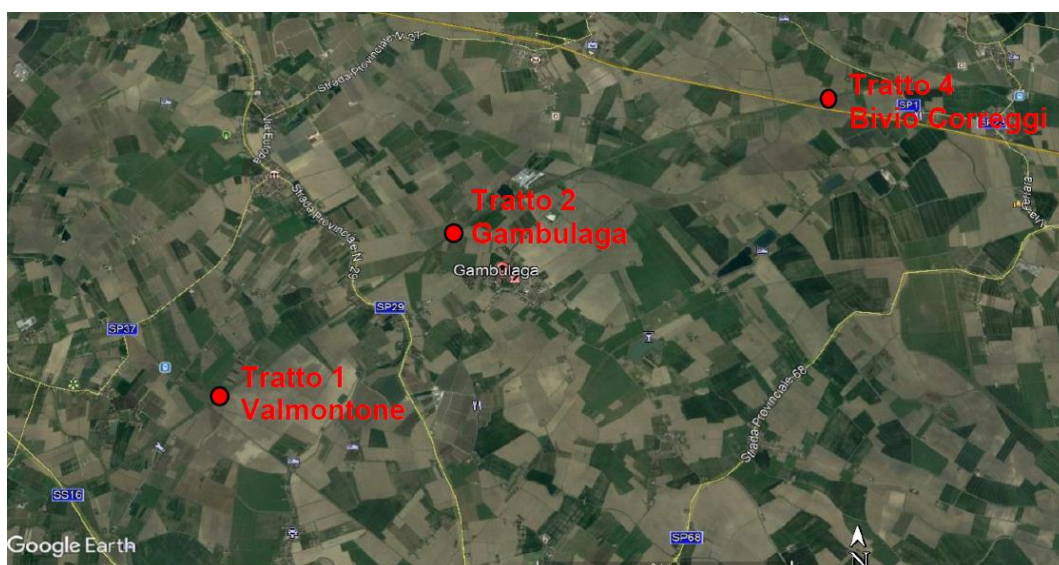


Figura 5. Ubicazione sondaggi geotecnici

Per quanto riguarda i rilievi topografici e le indagini sui materiali si rimanda agli elaborati di dettaglio. Nella presente relazione si tratterà degli aspetti litostratigrafici e geotecnici.

5. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E LITOLOGICHE

Dallo studio geologico condotto nel 2010, allegato alla presente relazione, si evince che il Canale San Nicolò – Medelana appartiene al bacino idraulico di bonifica Polesine di San Giorgio compreso fra il Po di Primaro ad ovest ed il Po di Volano a nord.

Tale bacino ha origine nel 700 quando per il taglio dell'argine destro del Volano le acque vennero incanalate ed arginate dando ordine al nuovo corso del Primaro con direzione verso sud. Tale corso arginato fece da barriera alle acque dei torrenti appenninici che da sud si spingevano al corso del Po e così si stabilirono due domini deposizionali: il dominio appenninico ad ovest del Primaro (Reno e fiumi appenninici) ed il dominio del Po ad est del Primaro.

I processi a cui è riconducibile la formazione del territorio sono essenzialmente processi fluviali di trasporto e sedimentazione a cui si sono sovrapposti nel tempo quelli antropici e meteoroclimatici.

Le forme riconoscibili sul territorio sono quelle fluviali, come paleo alvei, canali e ventagli di rotta. Le zone inter fluviali erano normalmente sommerse dalle acque formando acquitrini permanenti e stagionali sia alimentati da acque chiare e correnti sia interclusi con acque stagnanti e paludose.

L'immagine seguente mostra con evidenza i paleo alvei principali che delimitano il bacino del Polesine di San Giorgio nella sua parte alta, limitata a nord e ad est dal paleo alveo di Volano a ovest dal paleo alveo del Primaro, suddiviso nei due sottobacini dal paleo alveo di Sandalo.

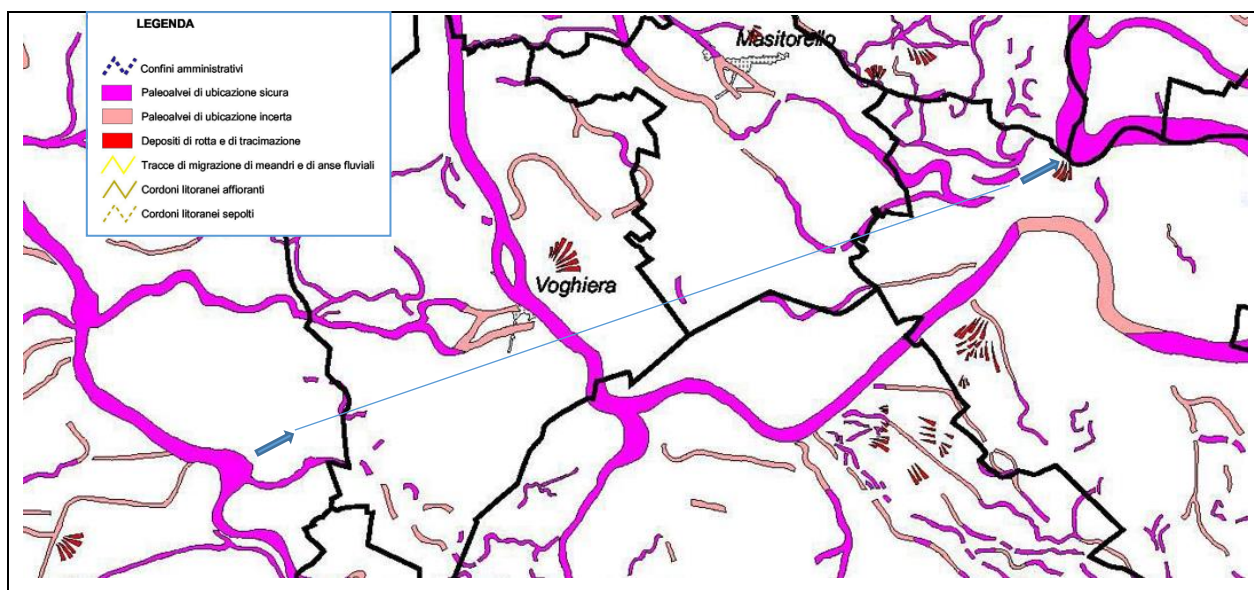


Figura 6. Carta del territorio con indicazione dei paleo alvei

In relazione alla problematiche in oggetto ed alle valutazioni di tipo geotecnico, le condizioni litologiche del territorio sono di interesse per i primi 10-15 metri di profondità da p.c..

Dalla carta litologica di superficie allegata al PTCP della Provincia di Ferrara è visibile la differenza tra la zona ovest con terreni prevalentemente argillosi e la zona est con terreni che contengono anche frazione sabbiosa.

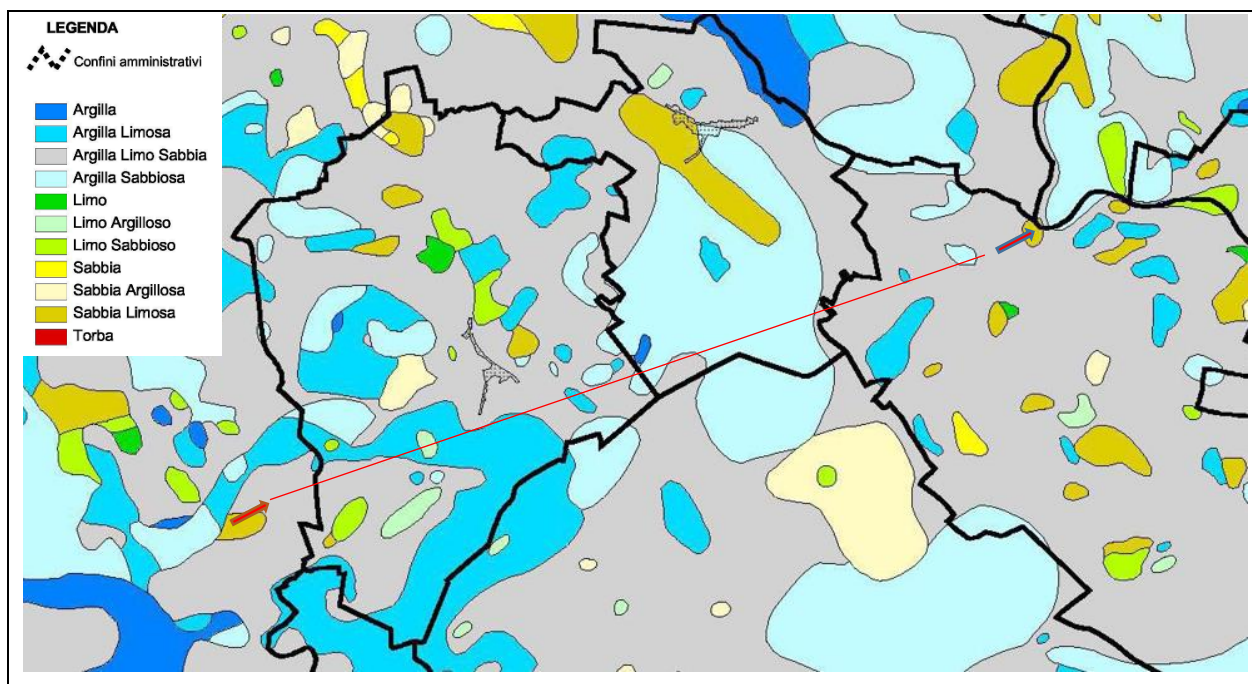


Figura 7. Carta litologica di superficie PTCP Provincia di Ferrara

Nel sottobacino Ovest il Canale San Nicolò - Medelana attraversa trasversalmente il sottobacino del paleo alveo del Primaro e Sandalo. La litologia superficiale è di tipo deposizionale e si presenta caratterizzata da sabbie più o meno limose in corrispondenza dei paleo alvei principali e da sedimenti interbacinali principalmente limo argillosi.

Nel sottobacino Est il Canale San Nicolò – Medelana incontra numerose testimonianze di corsi minori interbacinali del Po che si diramavano dai Trigaboli per andarsi a collegare al Reno ed al Volano.

La litologia superficiale si presenta più variegata con presenza di sedimenti sabbiosi soprattutto nel tratto fra l'intersezione con il Condotto Trotte (b.go Trebbi) e la Fossa dei Masi (ponte Azzana) dove viene più volte incontrato uno dei principali paleo alvei sopra citati.

L'innesto del Canale con il Volano a Medelana avviene in corrispondenza del cono di rotta con sedimenti decisamente sabbiosi.

Inoltre c'è da rilevare che il territorio oggetto di antica bonifica è da tempo dedito all'agricoltura, e lo era già prima che fosse realizzato il Canale San Nicolò – Medelana.

Molte delle attività agricole erano dedite ad attività che necessitavano di invasi per la preparazione dei prodotti, per l'irrigazione e per la macerazione della canapa.

Le vasche destinate alla fermentazione della canapa, detti maceri, sono normalmente scavati in terreno poco permeabile non in comunicazione con la falda e sono riempiti con le acque meteoriche o con il canale più prossimo. Gli altri tipi di invasi sono generalmente scavati in terreni sabbiosi e in collegamento con la falda.

Le intersezioni del Canale San Nicolò – Medelana con i paleo alvei e con antichi maceri ed invasi danno origine alla variabilità litostratigrafica rilevata lungo il tracciato ed in direzione trasversale al canale stesso generando differenze litologiche anche tra argine destro ed argine sinistro.

Nel corso degli anni si sono verificati dissesti lungo le sponde, generalmente manifestatisi come avvallamenti ed insaccamenti della sommità arginale, sifonamenti con manifestazioni di fontanazzi, frane.

Dissesti imputabili sia alla scarsa impermeabilità del rivestimento esistente che alle condizioni litologiche precedentemente descritte.

I piezometri installati nel 2010 hanno consentito di fare una verifica delle linee di filtrazione attraverso il corpo arginale ed anche una verifica della composizione stratigrafica dell'immediato sottosuolo.

Nell'elaborato "PE-05-01 Planimetria con ubicazione indagini 2010" si può constatare la distribuzione planimetrica della composizione litostratigrafica dei due corpi arginali che mette in evidenza la litologia precedentemente descritta e la presenza di diversi punti di possibile criticità collegabili alle interferenze del Canale San Nicolò – Medelana con il territorio che attraversa.

Le pendenze delle linee di filtrazione per i vari livelli di invaso del canale sono risultate nella maggioranza dei casi di circa 10-12/1 (h/v), contro un valore da sempre ritenuto come riferimento dalla letteratura specialistica di settore pari a 6/1 (h/v): tale risultato conferma che l'azione impermeabilizzante del rivestimento risulta inadeguata alla funzione attesa.

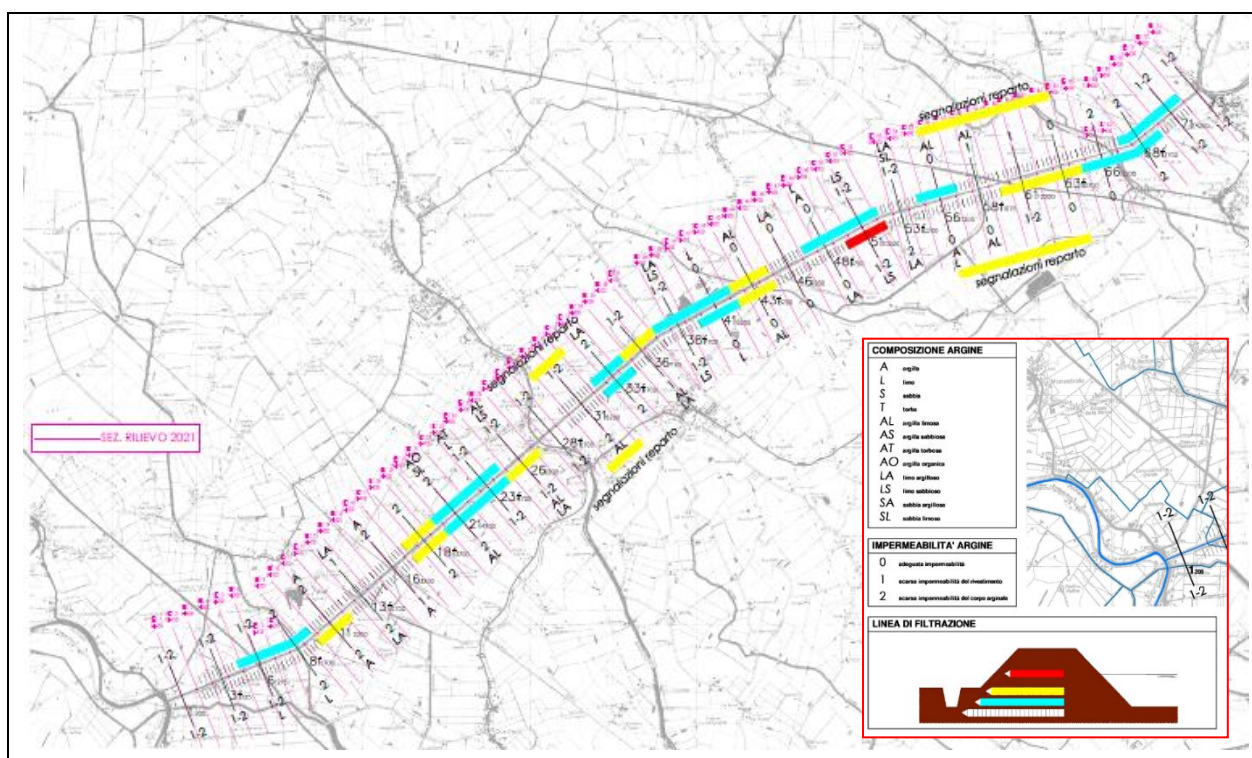


Figura 8 Estratto dall'elaborato "PE-05-01 Planimetria con ubicazione indagini 2010"

Le perforazioni condotte nel 2010 per l'installazione dei piezometri raggiungevano profondità inferiori a quelle di interesse (10-15 m da p.c.) pertanto nel 2021 sono state integrate con della tomografia elettrica e 3 sondaggi a carotaggio continuo.

La tomografia elettrica ha consentito di costruire dei profili litostratigrafici piuttosto estesi anziché derivati da informazioni puntuali lungo le verticali di perforazione. I tratti analizzati sono i seguenti:

- Tratto T1 da sez. 14 (prog. 2+800) a sez. 19 (prog. 3+800)
- Tratto T2 da sez. 32 (prog. 6+400) a sez. 35 (prog. 7+000)
- Tratto T3 da sez. 37 (prog. 7+400) a sez. 46 (prog. 9+000)
- Tratto T4 da sez. 58 (prog. 11+600) a sez. 66 (prog. 13+200)

Di seguito si riporta l'individuazione dei tratti sulla planimetria del 2010 sovrapposta alle Sez 2021.

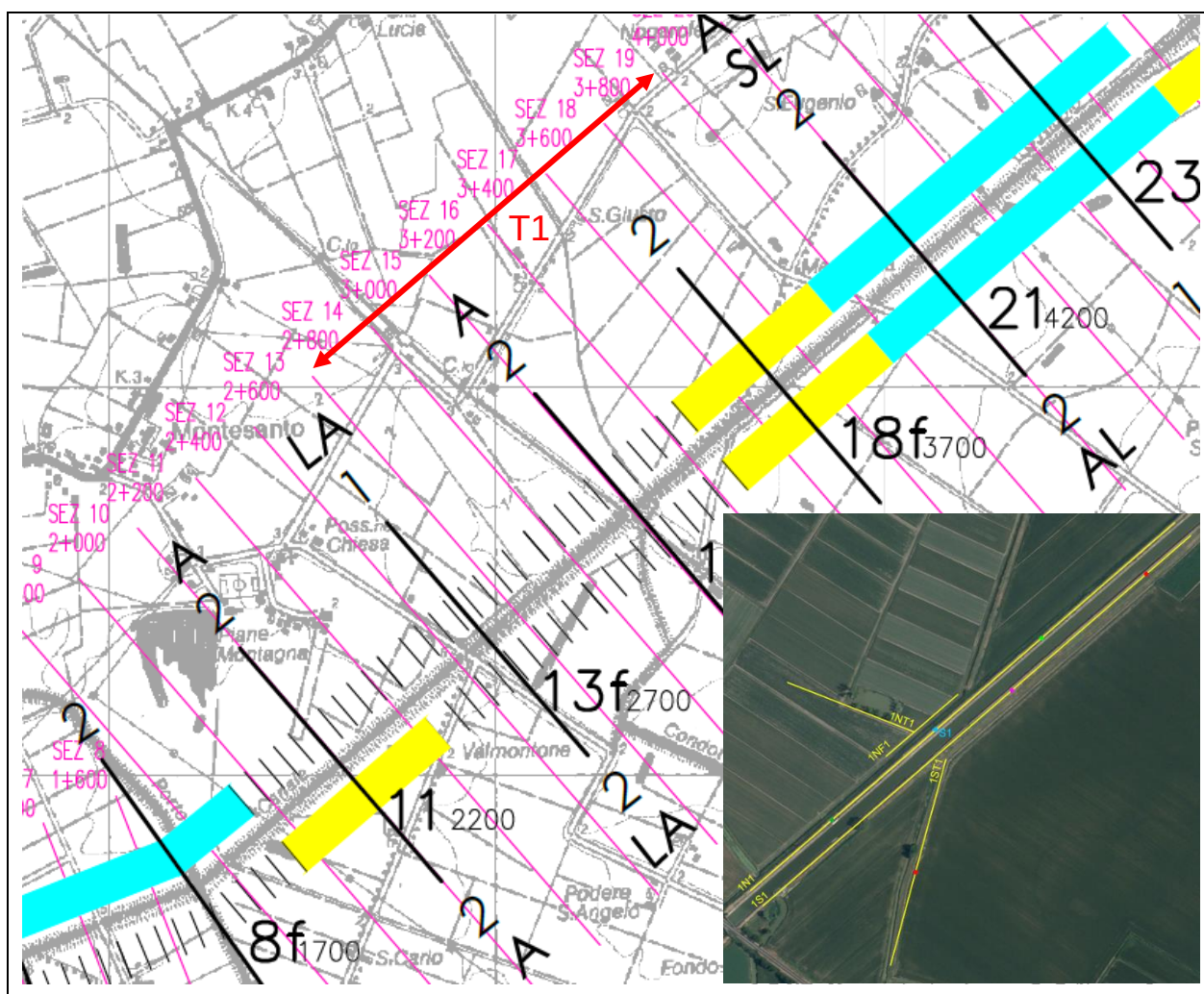


Figura 9 Individuazione tratto T1 su indagini 2010

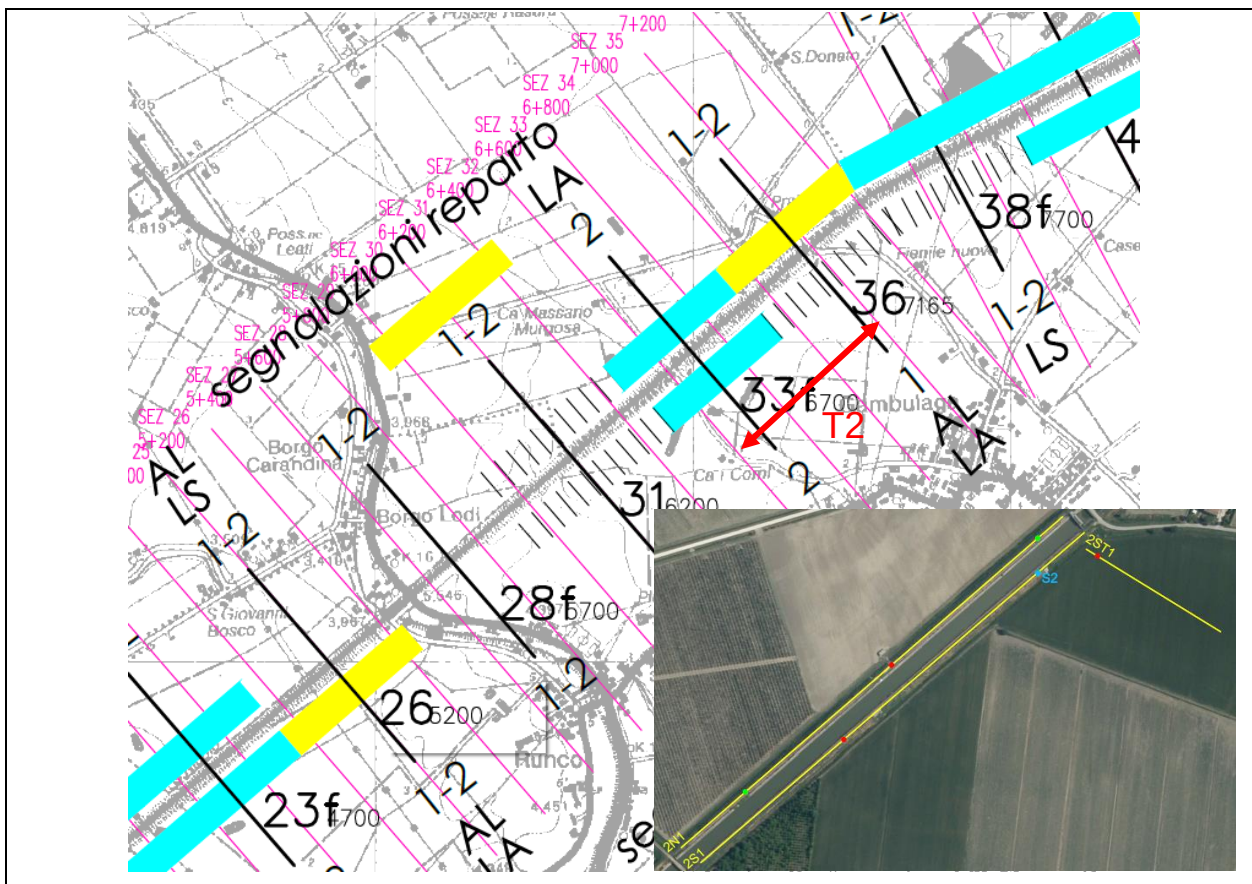


Figura 10 Individuazione tratto T2 su indagini 2010

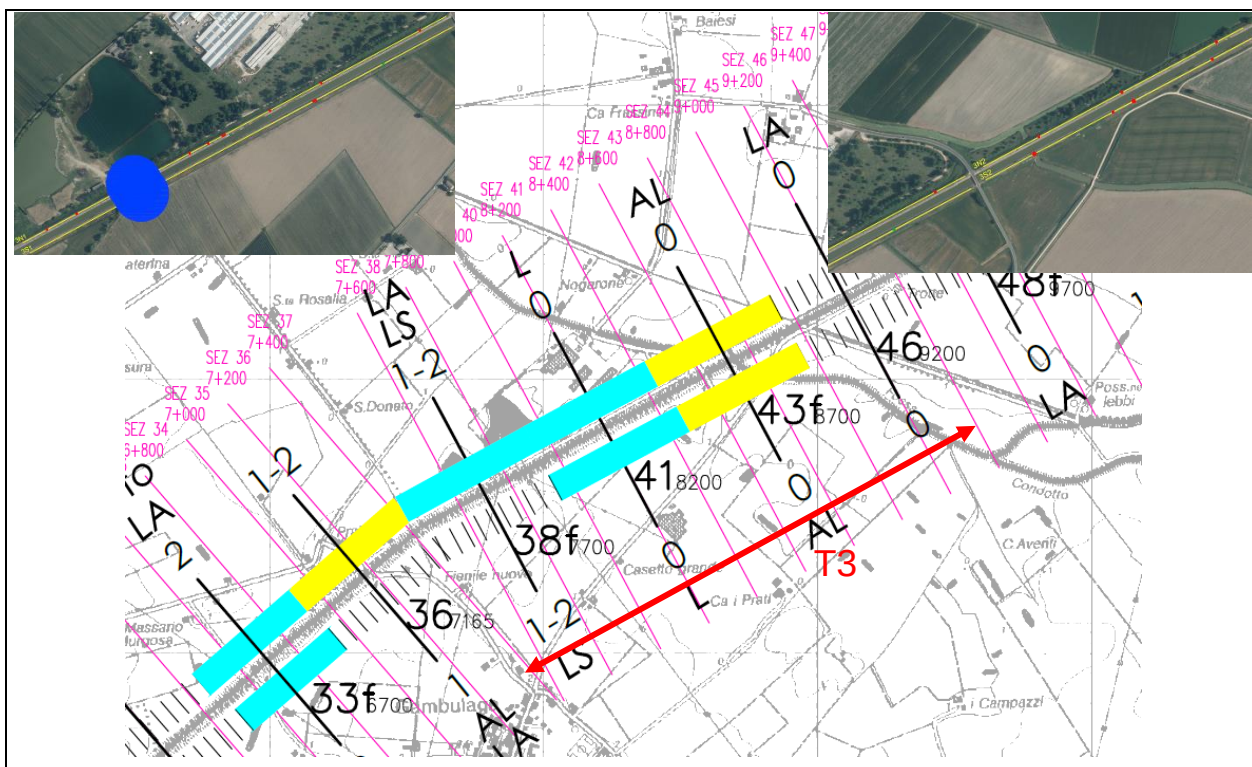


Figura 11 Individuazione tratto T3 su indagini 2010

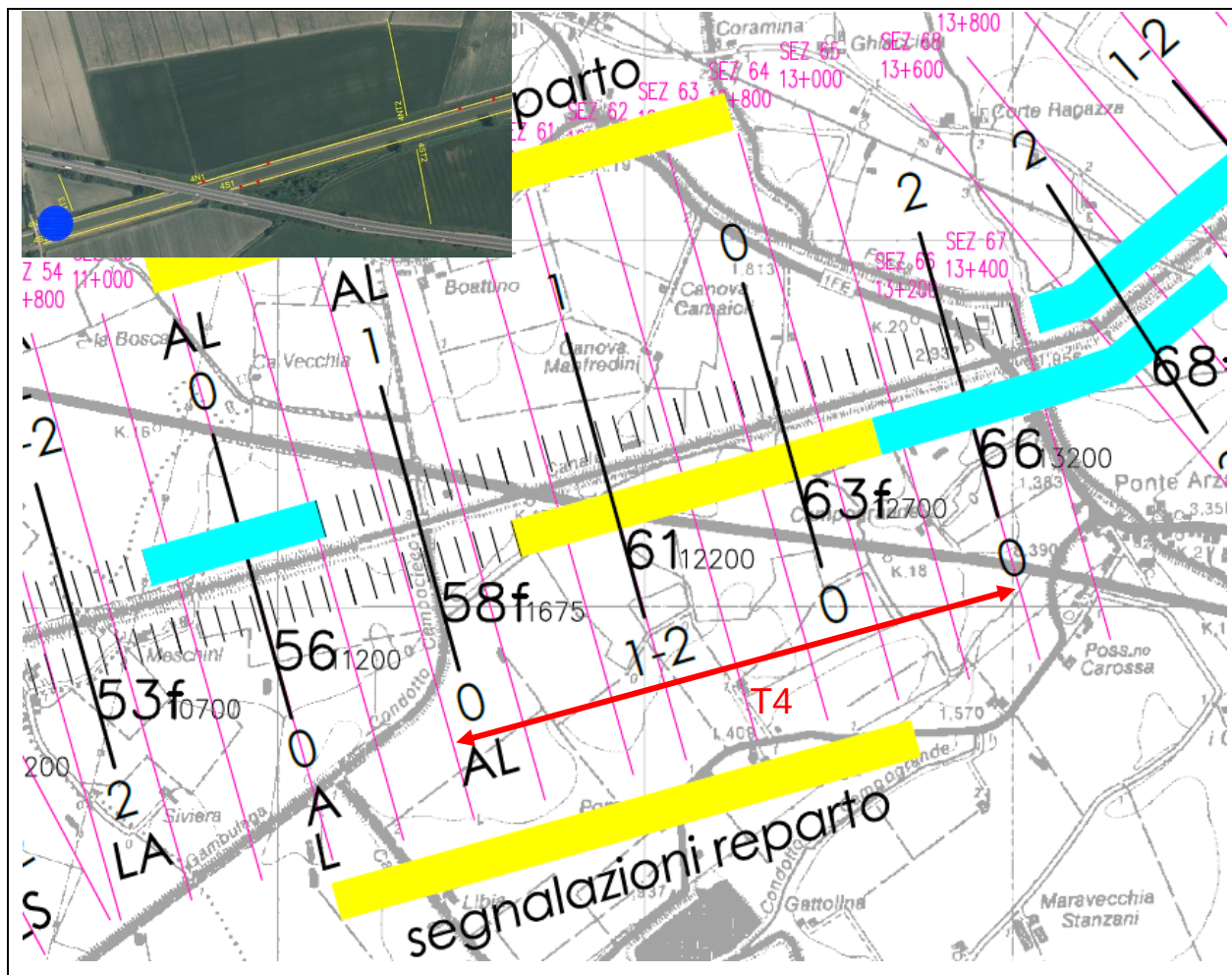


Figura 12 Individuazione tratto T4 su indagini 2010

La situazione stratigrafica riscontrata in precedenza, si rileva anche dalle indagini con tomografia elettrica del 2021, che mostrano come nel tratto T1 la composizione arginale dell'argine sinistro è principalmente limo argilloso nel destro si nota invece una livello limi sabbiosi alla base arginale, nei tratti T2 e T3 il livello limo sabbioso diviene più marcato e con maggiori contenuti in sabbia, nel tratto T4 si ritorna ad una composizione arginale principalmente limo argilloso.

Della modellazione litostratigrafica si tratterà in maniera più ampia al capitolo 8, i risultati completi delle indagini con tomografia elettrica sono riportati nel documento "R-3820-CONSNM-PE-02-04_00 Rapporto sulle Indagini".

6. INDAGINI GEOGNOSTICHE

6.1 Campagna 2010

Nel 2010 sono state condotte **40** perforazioni a distruzione di nucleo con l'obiettivo di installare una rete di piezometri per il controllo delle linee di filtrazione nei corpi arginali. Purtroppo tali piezometri non sono più usufruibili.

Il risultato dell'indagine del 2010 è riassunto nell'elaborato *"PE-05-01 Planimetria con ubicazione indagini 2010"*.

6.2 Campagna 2021

Sono stati eseguite n. 3 sondaggi geognostici posizionati sulla testa dell'argine e spinte fino a 8 metri di profondità.

La posizione dei tre sondaggi eseguiti è la seguente:

- Bivio Correggi
N=44.770677 E=11.852489
- Gambulaga
N=44.750880 E=11.782231
- Valmontone
N=44.730882 E=11.747296

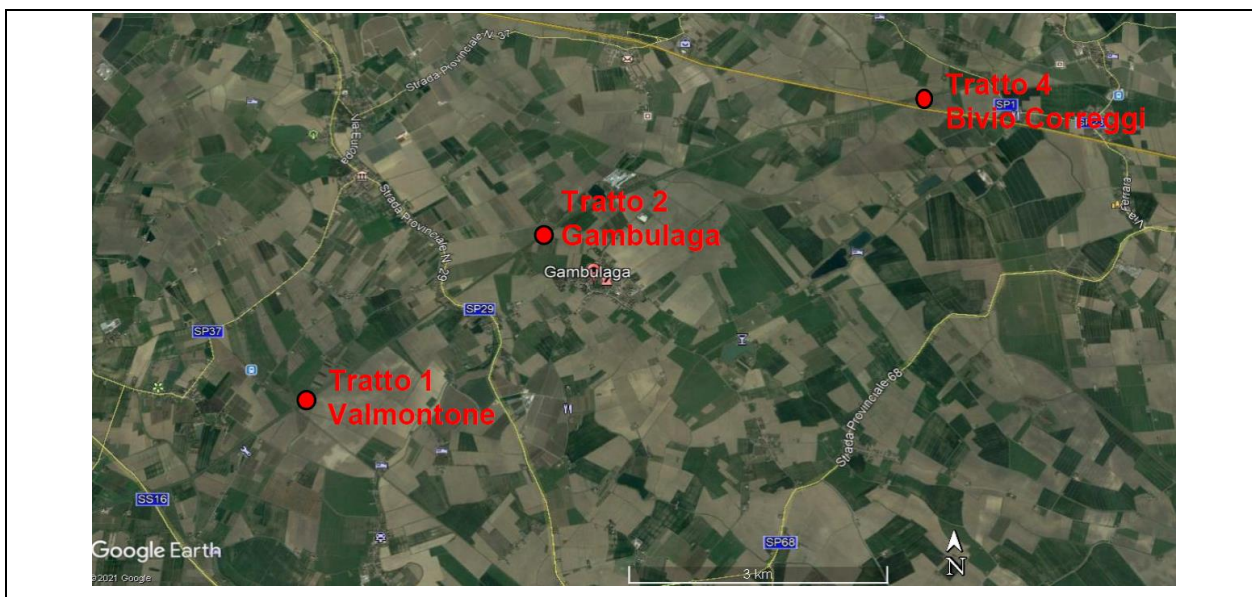


Figura 13: Posizione sondaggi geognostici



Per ogni sondaggio sono stati prelevati n. 2 campioni di terreno da sottoporre a prove di laboratorio.

Tutti i risultati relativi alle indagini 2021 sono riportati nel documento “R-3820-CONSNM-PE-02-04_00 Rapporto sulle Indagini”.

7. RISULTATI PROVE DI LABORATORIO

Per ogni sondaggio sono stati prelevati n. 2 campioni di terreno da sottoporre alle seguenti prove di laboratorio:

- Determinazione del contenuto d'acqua;
- Determinazione del peso di volume
- Analisi granulometrica
- Limiti di Atterberg
- Classificazione
- Prova di permeabilità

I risultati sono riassunti nella tabella seguente. La trattazione completa è riportata nel documento “R-3820-CONSNM-PE-02-04_00 Rapporto sulle Indagini”.

RISULTATI PROVE DI LABORATORIO															
ID	Prof. (m)	Litologia	contenuto d'acqua (%)	γ (kN/mc)	γ_a (kN/mc)	Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	IC	Classificazione Casagrande	Permeabilità (m/sec)
Tratto 1-SH1	2,25	Argilla compatta	24	19,6	15,8	0	0	52	48	53	21	32	0,92	Argille inorganiche alta plasticità	1,30E-10
Tratto 1-SH2	4,75	Argilla compatta	25	19,8	15,8	0	7	52	41	53	23	30	0,92	Argille inorganiche alta plasticità	2,11E-10
Tratto 2-SH1	2,25	Argilla limosa mediamente compatta	24,2	19,9	16	0	15	62	23	49	25	24	1,03	Argille inorganiche media plasticità	2,64E-10
Tratto 2-SH2	4,75	Limo argilloso con sabbia	27,6	19,6	15,3	0	30	58	12	50	24	26	0,86	Argille inorganiche media plasticità	1,33E-09
Tratto 4-SH1	2,25	Argilla deb. Limosa molto compatta	19,5	19,7	16,5	0	2	56	42	51	24	27	1,16	Argille inorganiche alta plasticità	2,19E-10
Tratto 4-SH2	4,75	Argilla deb. Limosa compatta	30,5	19,6	15	0	1	70	29	52	24	28	0,77	Argille inorganiche alta plasticità	2,34E-10

8. MODELLO LITOSTRATIGRAFICO E GEOTECNICO

Come già ampiamente descritto non è possibile identificare un unico modello litostratigrafico rappresentativo del canale e dei suoi corpi arginali. Vengono pertanto individuate delle unità stratigrafiche che caratterizzano i depositi di superficie e che si susseguono lungo il tracciato e trasversalmente ad esso secondo le disposizioni litostratigrafiche indicate di seguito.

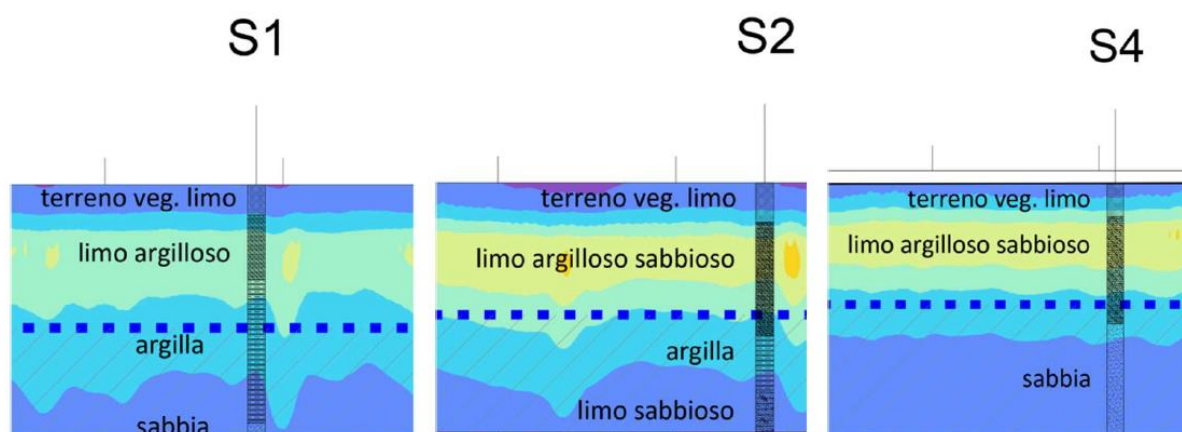
Le unità individuate sono le seguenti:

- Argille compatte: terreni a matrice fine argille limose e limi argillosi di elevata plasticità
- Limi argillosi: terreni a matrice fine limi argillosi ed argille limose di media plasticità
- Sabbie limose: Sabbie limose, limi sabbiosi e limi argillosi sabbiosi

I parametri geotecnici medi attribuibili alle unità stratigrafiche sono i seguenti:

PARAMETRI GEOTECNICI MEDI												
UNITA'	Classificazione	q _t medio	γ _d	γ	D _R	c' (o c _u)	φ' (o φ _u)	E ₅₀	E ₂₅	E _u	E _{ed}	K
	-	MPa	kN/m ³	kN/m ³	%	kPa	°	MPa	MPa	MPa	MPa	m/sec
Argille compatte	Argille inorganiche alta plasticità	2	15,5	19,5	-	50	25	2,7	4	45	6	2,20E-10
Limi argillosi	Argille inorganiche media plasticità	2	15,5	19,5	-	50	25	2,7	4	45	6	1,50E-10
Sabbie limose	Sabbie e sabbie limose	5	16	20	<40	-	30	6,7	10	-	-	1,00E-09

L'andamento stratigrafico in corrispondenza dei sondaggi è rappresentato nelle figure seguenti



L'andamento stratigrafico rilevato dalla tomografia elettrica è descritto di seguito:

Analizzando nel complesso le sezioni elettromagnetiche eseguite in cresta argine, si può osservare sotto un primo metro circa di terreno vegetale e terreno limoso abbastanza continuo, una discreta variazione laterale della resistività in particolare per i tratti 2 e 3, che mostrano le rho più elevate corrispondenti a materiali limoso sabbiosi. Anche il tratto 4, a Ovest del raccordo Ferrara-Porto Garibaldi (profili 4n2e 4s2), e localmente nel profilo 4n1 fra 760 e 820m, le resistività sono maggiori di 50ohm*m, pertanto associate a limi sabbiosi.



Lo spessore di questo strato, che va da circa 1m a 4m dal p.c., è quindi abbastanza continuo e ne varia la composizione a predominanza più o meno sabbiosa.

Sotto questo primo gruppo litologico, si colloca uno strato argilloso con spessore variabile fra 1 e 4m avente una ρ (in ambiente saturo) fra i 20 e i 30ohm*m. Solo gli argini del tratto 4 (profili 4n1 e 4n2) ad Est della superstrada sembrano non avere lo strato di argilla intermedio, e che il contatto sia quindi diretto fra livello limoso e la sabbia (ρ fra 10 e 20ohm*m) che sta alla base di tutte le sezioni. Nello specifico questo livello profondo sabbioso - limoso sabbioso, lo troviamo dai 5-6m di profondità dal p.c. ma in alcuni punti si approfondisce ulteriormente: per esempio nel tratto 2 in entrambe le sponde fra le progressive 80 e 220m, nel tratto 3 in particolare nella zona centrale dell'argine sud ad ovest della via Gambulaga (profilo 3s1), e nell'ultima porzione a Est del tratto 3 in entrambi gli argini. Nel tratto 4 al contrario lo strato a matrice sabbiosa è molto più superficiale e lo si trova a partire da circa 3.5m.

Nel tratto 1 in vicinanza del sondaggio S1 è stata realizzata anche una linea alla base dell'argine nord (profilo 1nf1) per verificare la taratura degli strati profondi. Sulla linea 1n1 (quota 3.62m s.l.m.m.) lo strato argilloso arriva abbastanza in profondità e lascia lo spazio alla sabbia solo dai 6-7m dal p.c. e questa stratificazione è confermata dal profilo 1nf1 (quota 0.55m s.l.m.m.) dove la copertura argillosa termina a circa 5.3m dal p.c..

Osservando invece le sezioni trasversali dei terreni alla base degli argini, rimanendo sempre nel tratto 1 si nota la differenza nella zona settentrionale fra il profilo 1nt1 e 1nf1. La linea trasversale, molto diversa dalla longitudinale, mostra uno strato sabbioso che si estende fino quasi a 7m di profondità dal p.c. nella prima metà, poi subentra il livello argilloso da circa 4.6m in poi. Quindi probabilmente a nord del canale S. Nicolò nel tratto 1 c'è una grande variabilità dello spessore degli strati e i materiali potrebbero essere prevalentemente di natura sabbiosa mentre a sud prevale l'argilla.

Nella trasversale a sud del tratto 2 (profilo 2st1) predominano l'argilla fino a 5m e poi solo in profondità emerge strato sabbioso.

Il tratto 4 mostra una discreta omogeneità del primo livello di copertura di natura argillosa avente uno spessore di circa 1m, e a seguire in profondità le sezioni 4nt1 e 4st2 evidenziano il proseguimento di livelli di natura argillosa in particolare per 4st2. Sulla 4nt1 a circa 0.5m dal p.c. proprio al limite con il teorico livello di falda, sono presenti due zone con valori molto elevati di ρ (>50ohm*m) che stanno ad indicare un livello superficiale limoso sabbioso non continuo e di spessore massimo pari a circa 1.5m.

Per i profili 4nt2 e 4st1 invece subito sotto lo strato argilloso superficiale si trovano i limi sabbiosi e le sabbie.

Anche qui, come nel tratto 1 è evidente l'estrema variabilità dello spessore dei livelli argillosi e sabbiosi sia in senso Sud-Nord sia in senso Ovest-Est.

I profili litostratigrafici di progetto sono riportati nell'Allegato C alla presente relazione.

CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA

CANALE SAN NICOLO' - MEDELANA RELAZIONE GEOLOGICA

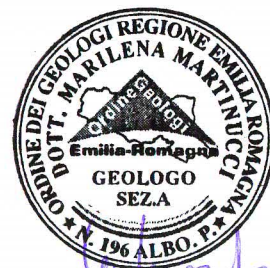
prima parte: analisi della pericolosità geologica



**Committente: CONSORZIO DI BONIFICA
PIANURA DI FERRARA**

Data: Ferrara, 28 luglio 2011

Rif. Rel 14-2011



EDILGEO *geologia sostenibile*

**Studio Tecnico Geologico
dr.geol.Marilena Martinucci**

**via Pontegradella 11- 44100 Ferrara tel 0532 740943 fax
e.mail: edilgeo.fe@email.it marilena.martinucci@email.it**

RELAZIONE GEOLOGICA

1. PREMESSA

2. FORMAZIONE ED EVOLUZIONE GEOLOGICA DEL TERRITORIO

2.1. *Sistema morfogenetico*

2.2. *Assetto litostratigrafico*

3. ANALISI DELLE CRITICITA'

3.1. *SCHEMA 1 – Località Masolino*

3.2. *SCHEMA 2 – Intersezione ferrovia Ferrara-Rimini*

3.3. *SCHEMA 3 – Ponte Rivalda*

3.4. *SCHEMA 4 – Intesezione con paleoalvei*

3.5. *SCHEMA 5 – Area ex Cava SELCA*

3.6. *SCHEMA 6 – Intersezione con paleoalvei*

3.7. *SCHEMA 7 – Località Trotte*

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

1. PREMESSA

Il Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara sta operando la Verifica della tenuta idraulica dei corpi arginali del Canale San Nicolò – Medelana.

A tale scopo è stato predisposto un sistema di monitoraggio della tenuta dei corpi arginali “attraverso un diffuso rilievo del livello della falda freatica nei corpi stessi”. Per la corretta valutazione e interpretazione dei dati è stato incaricato lo Studio geologico Edilgeo per le analisi geologiche secondo il seguente sviluppo:

- ricostruzione geologica e geomorfologica dell'intorno dell'area attraversata dal canale in oggetto;
- assistenza alla posa dei tubi piezometrici;
- assistenza alla fase di misura del livello nei piezometri;
- controllo in sito e ricostruzione della successione litologica del corpo arginale dalle carote estratte e campionamento dei livelli significativi;
- verifiche in laboratorio sui campioni prelevati con particolare riferimento alla granulometria;
- esecuzione di prove penetrometriche statiche;
- analisi dei risultati e conclusioni.

Questo primo rapporto tecnico si riferisce alla ricostruzione geologica e geomorfologica dell'area attraversata dal canale, mettendo in evidenza i punti critici

2. FORMAZIONE ED EVOLUZIONE GEOLOGICA DEL TERRITORIO

Il Canale S.Nicolò-Medelana appartiene attualmente al bacino idraulico di bonifica Polesine di San Giorgio, compreso fra il Po di Primaro a ovest e il Po di Volano a nord.

Tale bacino ha origine nel 700 (VIII secolo) quando per il taglio dell'argine destro del Volano, per ragioni di strategia difensiva o economica che fosse, le acque vennero incanalate e, con la costruzione degli argini, si diede origine al nuovo corso del Primaro con direzione verso sud. Tale corso arginato fece da barriera alle acque dei torrenti appenninici, tra cui il Reno, che da sud si spingevano fino al corso del Po e trovando nei suoi argini un ostacolo spallavano nelle terre a sud di Ferrara.

Si stabiliscono quindi distintamente due domini deposizionali a sud del Po di Ferrara: il dominio appenninico, del Reno e fiumi appenninici, a ovest del Primaro e il dominio del Po a est del Primaro.

Antecedentemente al taglio del Primaro lo spazio deposizionale dei sedimenti appenninici si spingeva ad est fino all'allora esistente corso del ramo del Po che si divideva ai Trigaboli, località presso l'attuale Cona. Qui il Po di Ferrara si separava nel ramo del Volano e nel Sandalo che si dirigeva verso sud, in direzione di Voghiera.

E' accertata all'altezza di tale località la presenza dell'alveo dell'Avenza, con direzione est-ovest. Non è dato di sapere se il Sandalo ricevesse le acque dell'Avenza, di origine appenninica e forse collegato al Reno, o se dal Sandalo si dipartisse il corso dell'Avenza, verso ovest, disperdendosi poi nelle Valli di San Martino.

Questo indica però che la fascia compresa fra il corso del Sandalo e il corso del Primaro presenta un sottosuolo più complesso dove interferiscono sedimenti con diversa storia deposizionale e quindi diverse caratteristiche idrogeologiche e tecniche.

Per i sedimenti più in profondità sarebbe interessante conoscere le interferenze deposizionali fra corsi d'acqua a regime appenninico e ramo del Po.

In superficie vi sono sedimenti di derivazione certa dal Po e dai suoi rami, così come sono depositi esclusivamente del Po quelli che hanno costruito il sottosuolo del bacino fra Sandalo e Volano.

Il Canale San Nicolò-Medelana si stacca dal Primaro poco a nord della località San Nicolò di Argenta e dirigendosi verso nord-est interseca il Sandalo poco a monte della biforcazione del corso d'acqua nei due rami, di Quartiere a sud e Gambulaga a est. Entra quindi nel bacino di dominio del Po, dirigendosi verso Medelana dove si innesta nel meandro del Volano.

2.1.SISTEMA MORFOGENETICO

La ricostruzione geostorica soprariportata è di estremo interesse per la interpretazione dell'evoluzione geomorfologica del territorio di interesse.

I processi cui è riconducibile la formazione del territorio sono infatti essenzialmente processi fluviali, a cui si sono sovrapposti nel tempo i processi antropici e gli eventi metereoclimatici, con varie intensità e modalità.

Il sistema ha avuto entrate con il trasporto fluviale e la sedimentazione fino alla fine del 1800 c.a, quando la modificazione del regime dei corsi d'acqua ha impedito ogni nuovo apporto di materiale. Attualmente il sistema morfogenetico non ha entrate di materia ed è soggetto unicamente al suo interno a processi di trasformazione, sia naturali che antropici.

Le forme riconoscibili sul territorio sono quindi le forme fluviali, come paleoalvei, canali e ventagli di rotta. Le zone interfluviali erano normalmente sommerse dalle acque formando acquitrini permanenti e stagionali sia alimentati da acque chiare e correnti, sia interclusi con acque stagnanti e paludose.

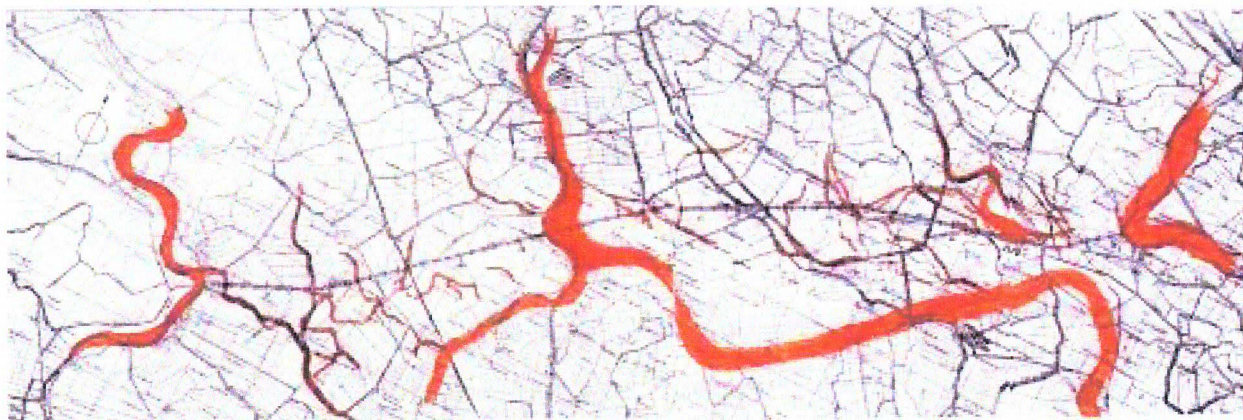
L'assetto altimetrico del microrilievo evidenzia le forme fluviali rilevate e le zone interbacinali più depresse e chiuse. Questa struttura complessa è il risultato della composizione litologica dei corpi, della loro permeabilità e della subsidenza naturale e indotta che grava sui luoghi.

I corsi d'acqua hanno trasportato e sedimentato i sedimenti più grossolani, come sabbie e limi, nelle zone di più alta energia sia nel letto fluviale che espandendosi nelle aree circostanti e formando coni di rotta, mentre via via nelle zone più distanti, diminuendo l'energia, venivano depositati sedimenti sempre più fini. Formavano argini naturali limosi che, con il sovralluvionamento del letto, venivano facilmente superati dalle acque che cercavano nuovi percorsi riversandosi nelle zone più basse.

Nelle zone intercluse fra i dossi costituiti dai vecchi alvei abbandonati e dagli argini si depositavano sedimenti argillosi o molto spesso si formavano torbe e argille organiche per la presenza di una vegetazione palustre.

La lettura del territorio in oggetto ci mostra bene evidenti i paleoalvei principali che delimitano il bacino del Polesine di San Giorgio nella sua parte alta, limitata a nord ed est dal paleoalveo del Volano, a ovest dal paleoalveo del Primaro, suddiviso nei due sottobacini dal paleoalveo del Sandalo. All'interno dei due

sottobacini sono numerosi i corsi d'acqua minori che hanno lasciato testimonianza dei loro antichi alvei. Il ramo orientale del Sandalo che piega verso Gambulaga (Verginese) si orienta poi verso nord est, in direzione di Rovereto, creando una barriera allo scolo naturale delle acque dei numerosi rami secondari del sottobacino più settentrionale, almeno fino a Medelana.



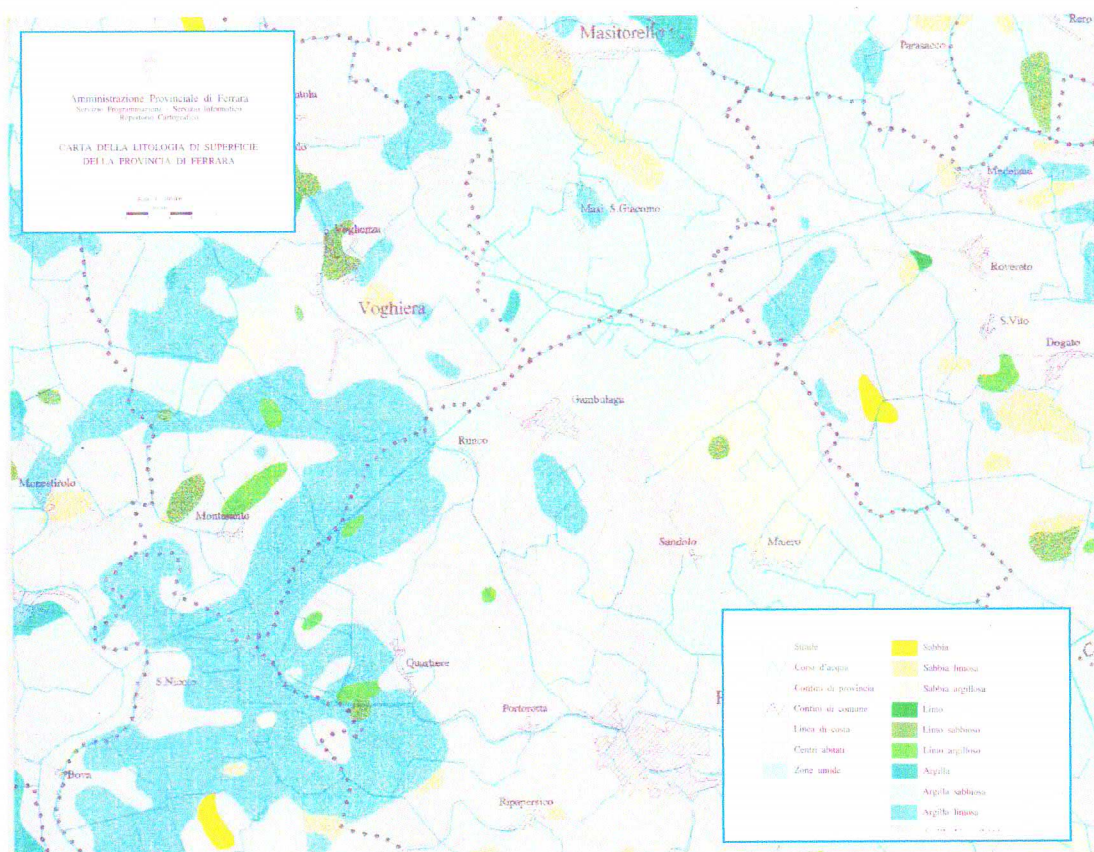
Proprio a Medelana è riconoscibile un cono di rotti in destra Volano, in corrispondenza del meandro ora abbandonato dove è intestato il Canale.

2.2.ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO

Le condizioni litologiche del territorio in oggetto sono di interesse nel loro strato più superficiale, per le correlazioni con il piano di posa della struttura del Canale e in profondità, fino ad almeno 10 mt dal p.c. per le interazioni dei carichi della struttura e le valutazioni geotecniche.

Inoltre l'assetto litostratigrafico è di interesse per le analisi della falda e delle caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero.

E' facilmente visibile la differenza litologica fra la zona ad ovest con terreni prevalentemente argillosi e la zona ad est con terreni che contengono anche frazione sabbiosa.



stralcio Carta Litologica della Provincia di Ferrara

Sottobacino Ovest

Il Canale attraversa trasversalmente il sottobacino dal paleoalveo del Primaro al paleoalveo del Sandalo.

La litologia superficiale rappresenta quindi gli ambienti deposizionali con sabbie più o meno limose sia in corrispondenza dei paleoalvei principali, sia dei rami secondari intersecati, come in corrispondenza della Fossa di Porto e dell'intersezione con la ferrovia Ferrara-Ravenna. I sedimenti interbacinale sono per lo più limosi e argillosi.

Sottobacino est

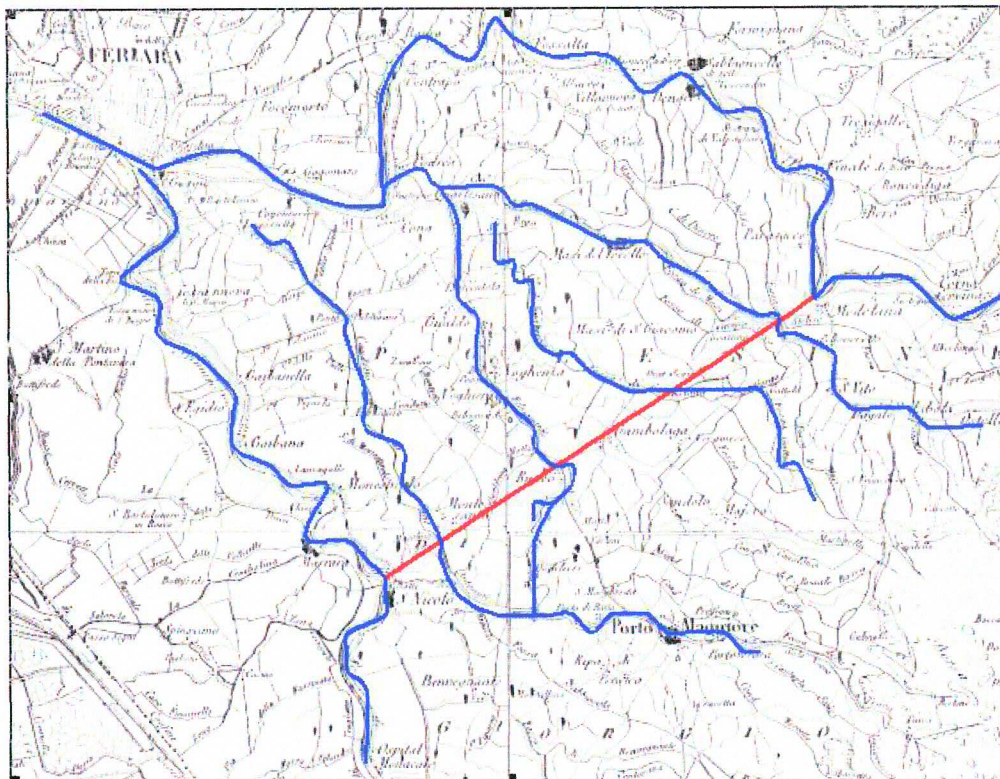
Nel sottobacino est il Canale incontra le numerose testimonianze di corsi minori intrabacinale del Po che si diramavano dai Trigaboli per andarsi a collegare al Rero e al Volano.

La litologia superficiale è quindi più varia, con presenza di sedimenti sabbiosi soprattutto nel tratto fra l'intersezione con il Condotta Trotte (b.go Trebbi) e la Fossa dei Masi (ponte Azzana), dove viene più volte incontrato uno dei principali paleoalvei sopracitati.

L'innesto del Canale col Volano a Medelana avviene in corrispondenza del cono di rotta con sedimenti decisamente sabbiosi.

La città di Ferrara è il fulcro di un ventaglio di corsi d'acqua che fra Po di Primaro e Po di Volano conducono le acque verso le valli a quote più basse a sud-est e successivamente al mare.

Da nord a sud nella Carta Topografica della Provincia di Ferrara del 1836 troviamo il Po di Volano, quindi a Cona si diparte la biforcazione del ramo qui chiamato “della Rovere”, la Fossa di Gambulaga e il Condotto Belriguardo, da San Bartolo – L'Aguscello fluiscono le acque nel Condotto Sant'Antonino, quindi, da nord a sud, il Po di Primaro.



E' evidente che il tracciato del San Nicolò – Medelana intercetta tutte le strutture del bacino, sia idrauliche che litomorfologiche. E' quindi interessante l'analisi dei rapporti tra il tracciato del Canale e il reticolo dei paleovalvei.

Il territorio, di antica bonifica, è dedito all'agricoltura e, come è visibile dalle Tavole IGM dell'inizio del 1900, anche precedenti alla costruzione del Canale San Nicolò – Medelana, gran parte delle Aziende Agricole erano dedite alla frutticoltura e parte del terreno seminativo alla coltivazione della canapa. Queste attività agricole avevano necessità di invasi per la preparazione dei prodotti, per l'irrigazione e per la macerazione della canapa.

Le vasche destinate alla fermentazione della canapa, detti maceri, sono normalmente scavati in terreno poco permeabile, non in comunicazione con la falda, riempiti con acque meteoriche e/o con l'acqua del canale più prossimo e in condizioni di poter essere talvolta parzialmente svuotate per lavori di pulizia.

Invasi in terreni sabbiosi, quindi alimentati e in correlazione con la falda, sono più facilmente scavi di cava o gorghi cioè cavità scavate da acque fluviali in movimento, o entro l'alveo oppure, in caso di rotta, nelle aree raggiunte dall'esondazione.

3. ANALISI DELLE CRITICITA'

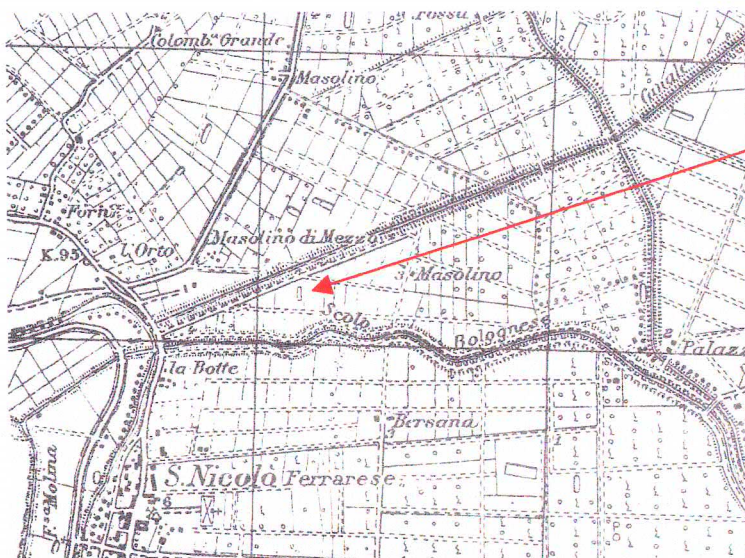
Come detto cause di criticità possono essere le intersezioni con i paleoalvei, costituiti da materiale sabbioso a maggiore permeabilità, e le presenze di invasi aperti o tombati, nei pressi del piede dell'argine.

Si confrontano le tavolette IGM, la Portomaggiore rilevata nel 1893 con aggiornamenti del 1937, la Quartesana in un rilievo del 1893, la Migliarino levata nel 1893 con ricognizioni del 1911, con le Carte Tecniche Regionali (CTR) e le foto da satellite (Google Earth).

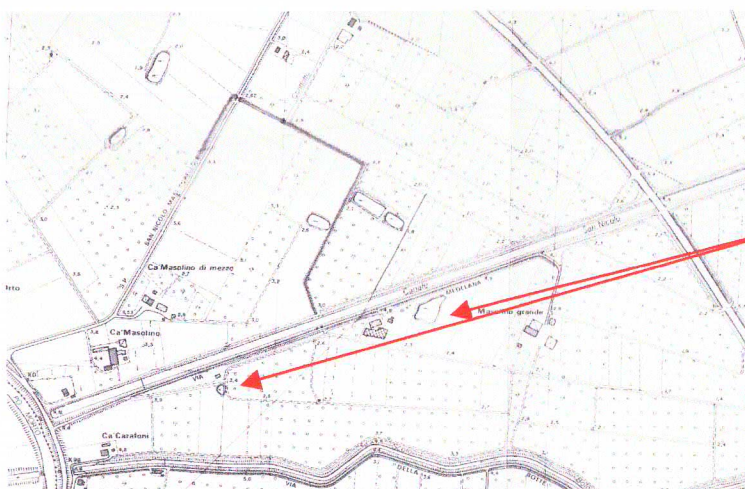
Da questi confronti si rileva l'evoluzione del territorio praticamente dalla costruzione del Canale San Nicolò – Medelana ad oggi, soprattutto riguardo le movimentazioni di terreno con tombamento di maceri e aperture di nuovi invasi di varia natura.

Si sono poi evidenziati i tratti critici per interferenza con i terreni a maggiore permeabilità per la presenza di paleoalvei o con di rotta.

SCHEDA n.1 – Località Masolino (sezioni 2-3)

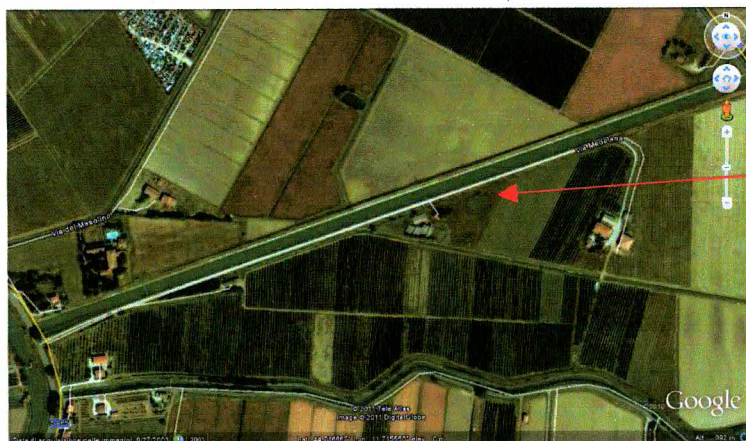


Dalla Tavolettta IGM si rileva la presenza di un macero fra le sezioni 2 e 3.



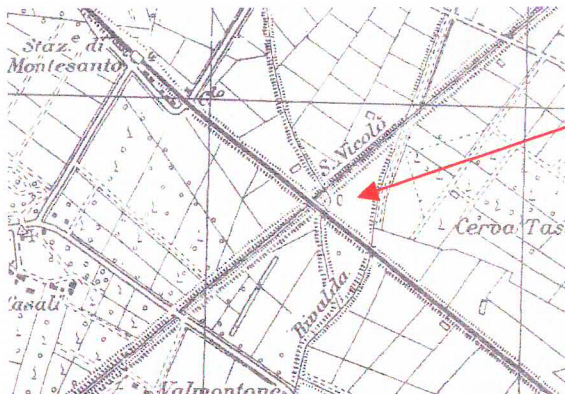
Il macero è stato chiuso.

Dalla C.T.R. sono visibili due invasi che appaiono come piccole buche di cava.

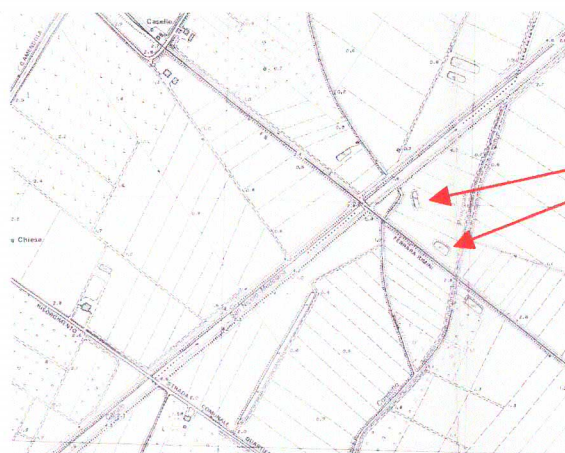


Ora queste buche sono state riempite. Rimane traccia visibile dalla foto aerea

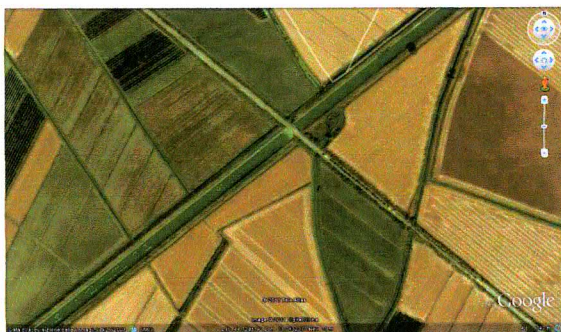
SCHEDA n.2 – Intersezione ferrovia Ferrara-Rimini (sezione 16)



Sotto l'argine destro del Canale
esisteva un macero, visibile nella
Tavoletta IGM.



Dalla Carta Tecnica risulta la presenza
di due invasi

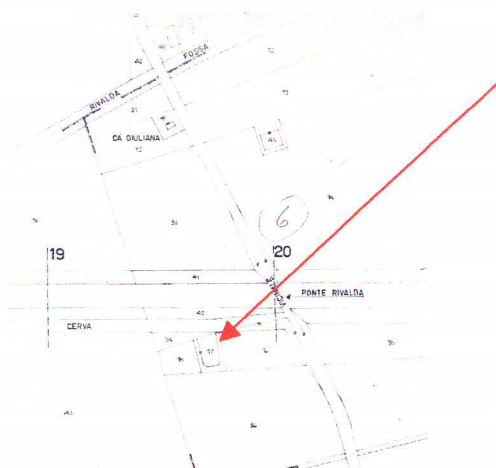


che ora dalla foto satellitare appaiono
chiusi.

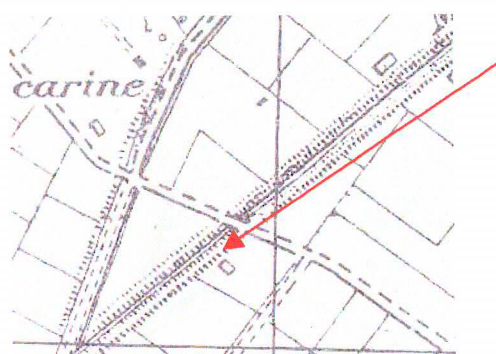


Dal punto di vista litomorfologico la
situazione appare critica per
l'intersezione in corrispondenza del
sottopasso della linea ferroviaria da
parte del canale di un paleoalveo
secondario.

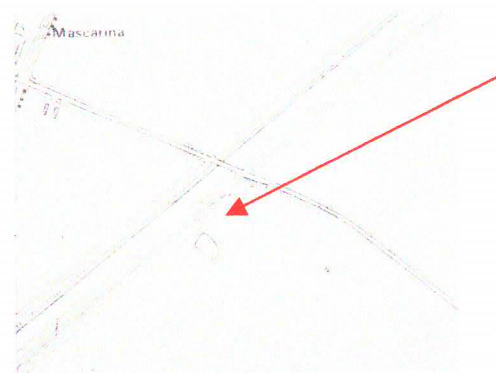
SCHEDA n.3 Ponte Rivalda (sezione 20)



Dallo stralcio della mappa catastale si rileva che il Canale è stato costruito in parte sul macero.



L'invaso non è stato chiuso tanto che compare sia nella Tavoletta IGM aggiornata con il Canale



che nella Carta Tecnica Regionale.

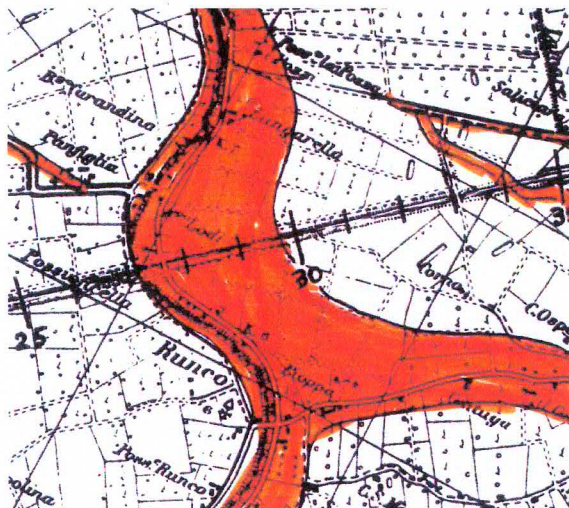


Attualmente l'invaso è stato chiuso, come si vede dall'immagine satellitare che però ne rivela la presenza

SCHEDA n.4 Intersezione con paleoalvei

Runco (sezioni 27-30)

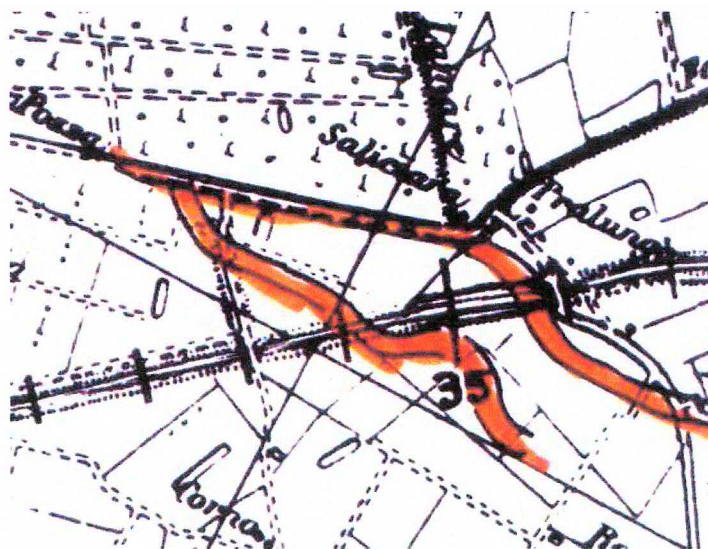
Fra le sezioni 27 e 30 il Canale San Nicolò-Medelana interseca il Paleoalveo del Verginese.



Già nella fase di costruzione l'attraversamento del Paleoalveo ha creato molti problemi, come è riportato anche nella Relazione dell'Ingegnere del 20 novembre 1938 per il 3° lotto.

“Si è già detto che nei pressi di Runco l'escavazione del Canale ha incontrato un notevolissimo banco di sabbia; le sponde hanno scavato, la sezione ha perso sagoma e perciò si sono dovuti fare lavori di ripresa non previsti che hanno aumentato l'importo di spesa di £ 15.000”

paleoalvei minori (sezioni 33-36)



SCHEDA n. 5 Area ex Cava SELCA (sezioni 38-40)



STUDIO GEOLOGICO edilgeo V. LOLLIO 7 - FERRARA tel. 0532-33758		SONDAGGIO N.2		SEZIONE GEOTECNICA	
Data di acquisizione delle immagini: 9/27/2003		Data: 16/1/82		Data: 16/1/82	
Lavorante: Mares, Giacomo - Fornace SRLCA		Lavorante: Mares, Giacomo - Fornace SRLCA		Lavorante: Mares, Giacomo - Fornace SRLCA	
Profondità (m)	Descrizione	Profondità (m)	Descrizione	Profondità (m)	Descrizione
0,00	terreno vegetale argilloso	0,00	argilla grigia	0,00	argilla grigia
1,00	C1 limo nocciola con tracce di argilla	1,00	argilla sovracconsolidata noc.	1,00	argilla sovracconsolidata noc.
2,40	C2 argilla grigio-nocciola	2,40	C1 limo nocciola	2,40	C1 limo nocciola
3,10	C3 limo azzurro-sabbioso al letto	3,10	C2 limo argilloso grigio	3,10	C2 limo argilloso grigio
4,30	C4 sabbia fine debolmente limosa	4,30	C3	4,30	C3
6,20	C5 sabbia medio-fine sabbiosa	6,20	C4 argilla limosa grigia	6,20	C4 argilla limosa grigia
9,20	sabbia con materia organica torbida	9,20	C5	9,20	C5
9,60	sabbia media grigia con materia organica	9,60	argilla grigia molto torbida	9,60	argilla grigia molto torbida
11,20	sabbia media grigia con materia organica	11,20	torbida	11,20	torbida
11,20		11,20	argilla grigia torbida	11,20	argilla grigia torbida
12,00		12,00		12,00	
13,00		13,00		13,00	
14,00		14,00		14,00	
15,00		15,00		15,00	
16,00		16,00		16,00	
17,00		17,00		17,00	
18,00		18,00		18,00	
19,00		19,00		19,00	
20,00		20,00		20,00	
21,00		21,00		21,00	
22,00		22,00		22,00	
23,00		23,00		23,00	
24,00		24,00		24,00	

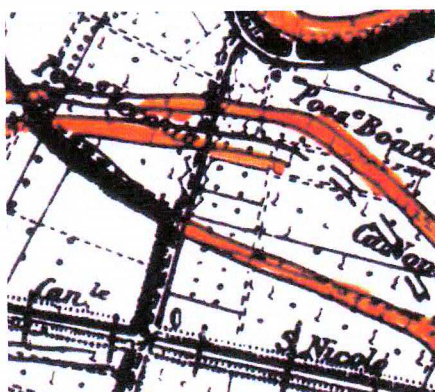
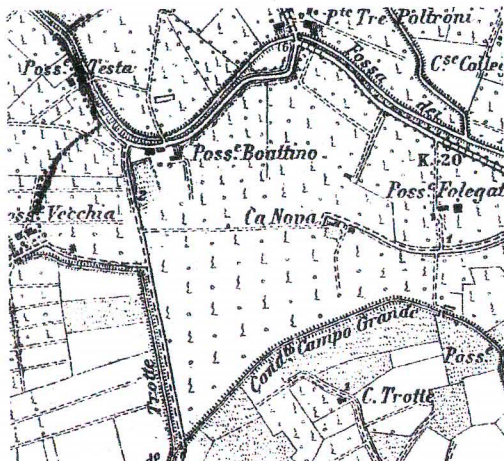
STUDIO GEOLOGICO edilgeo V. LOLLIO 7 - FERRARA tel. 0532-33758		SONDAGGIO N.5		SEZIONE GEOTECNICA	
Data di acquisizione delle immagini: 9/27/2003		Data: 16/1/82		Data: 16/1/82	
Lavorante: Mares, Giacomo - Fornace SRLCA		Lavorante: Mares, Giacomo - Fornace SRLCA		Lavorante: Mares, Giacomo - Fornace SRLCA	
Profondità (m)	Descrizione	Profondità (m)	Descrizione	Profondità (m)	Descrizione
0,00	argilla grigia	0,00	argilla grigia	0,00	argilla grigia
1,00	argilla sovracconsolidata noc.	1,00	argilla sovracconsolidata noc.	1,00	argilla sovracconsolidata noc.
2,40	C1 limo nocciola	2,40	C1 limo nocciola	2,40	C1 limo nocciola
3,10	C2 limo argilloso grigio	3,10	C2 limo argilloso grigio	3,10	C2 limo argilloso grigio
4,30	C3	4,30	C3	4,30	C3
6,20	C4 argilla limosa grigia	6,20	C4 argilla limosa grigia	6,20	C4 argilla limosa grigia
9,20	C5	9,20	C5	9,20	C5
9,60	argilla grigia molto torbida	9,60	argilla grigia molto torbida	9,60	argilla grigia molto torbida
11,20	torbida	11,20	torbida	11,20	torbida
11,20	argilla grigia torbida	11,20	argilla grigia torbida	11,20	argilla grigia torbida
12,00		12,00		12,00	
13,00		13,00		13,00	
14,00		14,00		14,00	
15,00		15,00		15,00	
16,00		16,00		16,00	
17,00		17,00		17,00	
18,00		18,00		18,00	
19,00		19,00		19,00	
20,00		20,00		20,00	
21,00		21,00		21,00	
22,00		22,00		22,00	
23,00		23,00		23,00	
24,00		24,00		24,00	

Dalle schede stratigrafiche si può notare la grande variabilità litologica anche in senso laterale per cui possono trovarsi terreni argillosi organici a bassa permeabilità e intercalazioni e/o banchi anche di notevole spessore di sabbia medio fine.

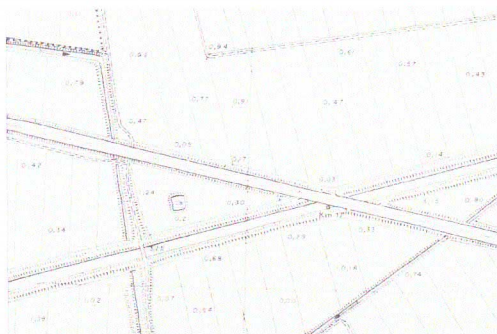
Intersezione con paleoalvei minori (Sezioni 50-55)



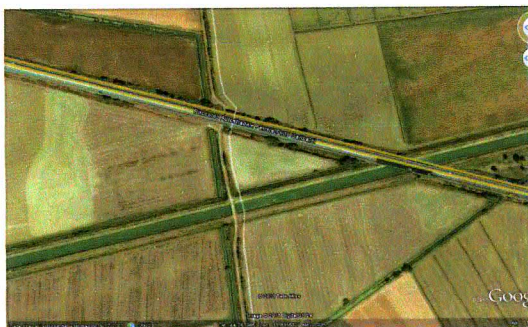
SCHEMA n.7 Località Trotte (sezione 58-59)



Nell'area interessata da paleoalvei monori è visibile un "macero", non esistente alla stesura della tavoletta IGM precedente.



Parte dell'invaso è ancora presente al rilevamento della Carta Tecnica Regionale.



Dalle immagini satellitari di Google l'invaso non è più visibile.

L'argine sx ha avuto un importante dissesto nell'estate 2010.

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Questa prima ricostruzione geologico-geomorfologica ha rilevato la presenza di alcuni punti di possibile criticità riguardo le interferenze del Canale San Nicolò-Medelana con il territorio che attraversa.

In effetti da studi già effettuati e da ricognizioni ed interventi, numerosi sono i dissesti verificatisi lungo le sponde; si tratta di avvallamenti e insaccamenti della sommità arginale, sifonamenti con manifestazione di fontanazzi, frane.

Il passo successivo sarà quindi di analizzare le successioni litologiche dei sondaggi eseguiti in destra e sinistra lungo gli argini del Canale ponendole in relazione alla situazione geomorfologica evidenziata e alle condizioni di criticità sopraesposte; procedere quindi con un confronto con le situazioni di pericolosità rilevate e documentate.

A questa prima analisi dovrà seguire la verifica idraulica basata sulle misure dei livelli piezometrici.

Lo studio geomorfologico e lo studio idraulico saranno la base per identificare i vari tipi di pericolosità in aree delimitate, su cui impostare l'indagine geotecnica specifica.

dr.geol. Marilena Martinucci

Ferrara, 25 luglio 2011



CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA

CANALE SAN NICOLÒ'-MEDELANA

SONDAGGI

S1 dx Pz 3

0.00	1.00	terreno vegetale
1.00	3.50	limo nocciola deb. Sabbioso
3.50	4.00	argilla bluastra con resti vegetali

S6 dx (contro strada statale)

0.00	2.50	limo
2.50	3.90	limo argilloso
3.90	4.60	argilla scura
4.60	5.00	limo

S6 sx

0.00	1.50	limo
1.50	1.70	argilla limosa
1.70	1.90	limo
1.90	3.60	argilla limosa nocciola
3.60	4.20	argilla scura
4.20	5.00	argilla limosa

S8F dx

0.00	1.00	limo
1.00	1.90	argilla scura
1.90	3.00	limo debolmente sabbioso
3.00	5.00	argilla scura

S8F sx

0.00	3.50	argilla limosa
3.50	5.00	argilla scura

S11D dx

0.00	2.10	argilla organica bruna
2.10	3.30	argilla organica
3.30	3.60	limo nocciola
3.60	4.20	argilla organica
4.20	5.00	argilla limosa nocciola

S11 sx

0.00	2.00	limo
2.00	3.70	argilla compatta
3.70	5.00	argilla scura

S13F E 2dx

0.00	1.00	terreno vegetale argilloso
1.00	3.00	argilla scura debolmente limosa
3.00	5.00	limo argilloso

S13F B 2sx

0.00	2.00	terreno argilloso e argilla torbosa
2.00	3.50	limo argilloso nocciola
3.50	5.00	limo nocciola

S16 dx

0.00	3.20	argilla
3.20	3.60	limo sabbioso
3.60	4.00	argilla
4.00	4.40	limo
4.40	5.00	argilla e argilla organica

S16 sx

0.00	0.30	suolo argilloso
0.30	2.80	argilla compatta
2.80	3.00	argilla organica
3.00	3.50	argilla limosa
3.50	5.00	argilla

S18E dx

0.00	0.30	limo argilloso
0.30	2.00	argilla limosa grigia
2.00	4.00	argilla scura compatta
4.00	5.00	limo

S18F sx

0.00	1.50	argilla scura organica
1.50	3.60	argilla limosa grigia e nocciola
3.60	3.90	argilla e limo nocciola
3.90	5.00	limo debolmente sabbioso

S21 dx

0.00	0.30	terreno vegetale argilloso
0.30	1.00	argilla compatta con resti organici
1.00	2.00	argilla limosa
2.00	???	argilla organica

S21 sx

0.00	4.00	argilla e argilla organica
4.00	5.00	sabbia limosa

S23F B sx

0.00	0.50	terreno vegetale argilloso
0.50	3.00	argilla torbosa
3.00	4.00	argilla grigia compatta
4.00	5.00	limo nocciola

S26 sx

0.00	1.50	argilla limosa
1.50	2.20	limo sabbioso rossastro
2.20	3.00	argilla limosa nocciola
3.00	4.20	argilla grigia
4.20	5.00	limo sabbioso grigio e nocciola

S26 dx

0.00	0.30	terreno vegetale
0.30	4.00	argilla limosa nocciola e grigia
4.00	5.00	limo argilloso

S31E dx (p.c. c.a -2.00 m da strada arginale)

0.00	0.50	terreno vegetale
0.50	5.00	argilla limosa nocciola

S35 dx (di fronte al S33) (p.c. -4.00 da sommità argine)

0.00	5.00	argilla limosa
------	------	----------------

S36E dx (p.c. basso e canaletta al piede piena d'acqua)

0.00	0.30	terreno vegetale sabbioso
0.30	3.00	limo argilloso nocciola e argilla limosa nocciola
3.00	3.80	argilla limosa grigia
3.80	4.30	limo sabbioso grigio
4.30	5.00	limo argilloso

S36 sx (p.c. -3.00 da sommità argine)

0.00	0.80	limo e limo sabbioso nocciola
0.80	3.00	limo argilloso grigio
3.00	5.00	limo sabbioso grigio

S33 sx

0.00	5.00	limo argilloso debolmente sabbioso nocciola
------	------	---

S38F dx (p.c. -3.00)

0.00	1.80	sabbia limosa
1.80	5.00	limo sabbioso

S38F sx

0.00	0.90	limo
0.90	2.70	limo argilloso
2.70	3.80	limo sabbioso nocciola
3.80	4.30	limo argilloso grigio
4.30	5.00	limo sabbioso nocciola

S41 dx (p.c. -4.00)

0.00	0.80	argilla limosa
0.80	2.00	limo nocciola
2.00	3.50	argilla limosa grigia
3.50	5.00	argilla compatta grigia

S41 sx (p.c. -5.00)

0.00	1.50	limo argilloso
1.50	3.00	limo sabbioso
3.00	5.00	argilla e argilla limosa

S43F dx (p.c. -5.00) (cedimento nel tratto di sottopasso canale sopra la botte)

0.00	2.50	limo sabbioso
2.50	5.00	argilla limosa

S43F sx (p.c. -3.00)

0.00	2.00	limo nocciola
2.00	5.00	argilla limosa grigia

S46 sx (p.c. -4.00)

0.00	4.60	limo e limo argilloso nocciola
4.60	5.00	argilla limosa grigia

S48F sx (p.c. -4.00)

0.00	3.60	limo
3.60	5.00	argilla grigia

S48F dx

0.00	5.00	limo e limo argilloso
------	------	-----------------------

S51 sx (p.c. -3.00)

0.00	1.60	limo sabbioso nocciola
1.60	3.00	limo da debolmente sabbioso a debolmente argilloso
3.00	5.00	limo sabbioso e sabbia limosa

S51 dx

0.00	2.00	limo e limo argilloso
2.00	5.00	limo sabbioso nocciola

S53F dx (p.c. -4.00)

0.00	2.90	argilla limosa grigia
2.90	5.00	limo debolmente argilloso

S53F sx

0.00	1.40	limo
1.40	3.50	limo argilloso
3.50	5.00	sabbia e sabbia limosa

S56 dx (p.c. -3.00)

0.00	1.80	limo argilloso nocciola
1.80	2.30	limo nocciola
2.30	5.00	argilla limosa grigia e nocciola

S56 sx

0.00	5.00	argilla limosa nocciola
------	------	-------------------------

S58F dx (p.c. -3.00)

0.00	5.00	argilla e argilla limosa
------	------	--------------------------

S58F sx (presso ponticello) (p.c. -3.00)

0.00	3.00	limo argilloso
3.00	5.00	argilla limosa

