

25 novembre 2021

CONVEGNO

**Le Tecnologie Trenchless per la posa ed il risanamento delle
condotte del sistema idrico integrato**



Geol. Nicola Berardi

**Le tecnologie di indagine conoscitiva, per una corretta
progettazione degli interventi.**

Il georadar: principi fisici e funzionamento della tecnica



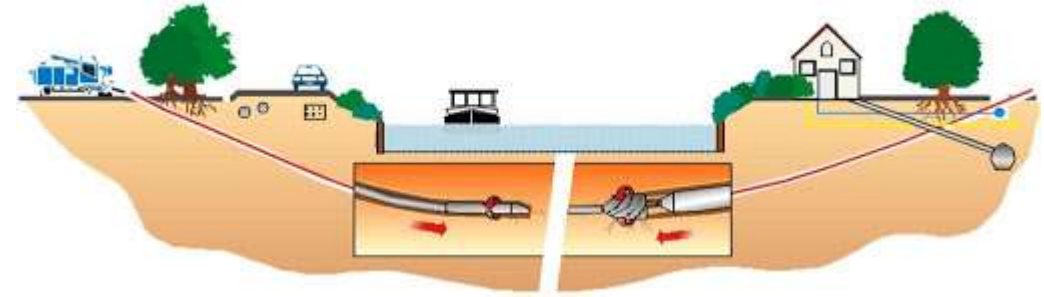
Indagini introspettive non distruttive del sottosuolo

INDAGINI PRELIMINARI

- valutare la fattibilità della TOC
- definire il progetto esecutivo

Dipendono da:

- contesto ambientale in cui la nuova infrastruttura deve inserirsi (urbano, extraurbano etc.)
- tipologia stessa del sottoservizio da posare



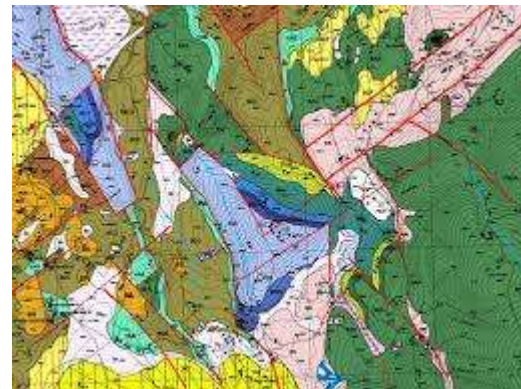
Ambito Extraurbano

- Topografia:

Rilievo particolareggiato delle aree di ingresso ed uscita trivellazione;
Profilo in asse trivellazione.

- Inquadramento Geologico del Sito:

Esame cartografia geologica esistente;
Osservazioni in sito.





- Indagini Geognostiche:
Sondaggi a Carotaggio Continuo in numero adeguato per la ricostruzione stratigrafica (Profondità superiore di alcuni metri rispetto al possibile profilo di trivellazione).



- Prove Penetrometriche:
Statiche (CPT - Cone Penetration Test);
Dinamiche (Standard Penetration Test SPT)



- Indagini Geofisiche:
Goelettrica: misura della resistività apparente mediante immissione di corrente diretta e misurazione della differenza potenziale





- Indagini Geofisiche:

Indagini sismiche: studio della riflessione e/o rifrazione di onde sismiche artificiali – definizione della geometria e delle caratteristiche meccaniche degli strati



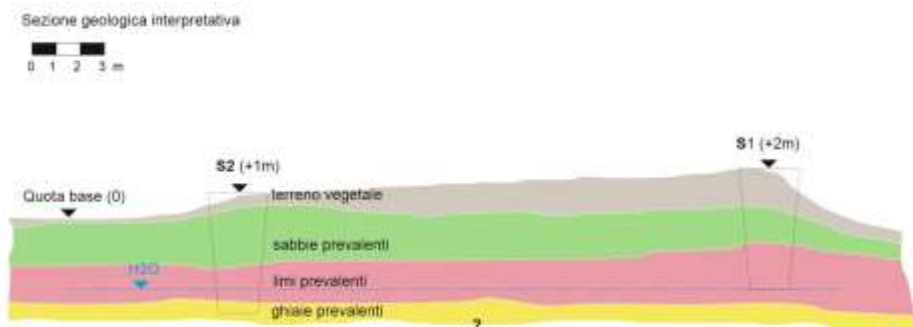
Georadar



- Prove di laboratorio Geotecnico (granulometrie, resistenza, permeabilità)



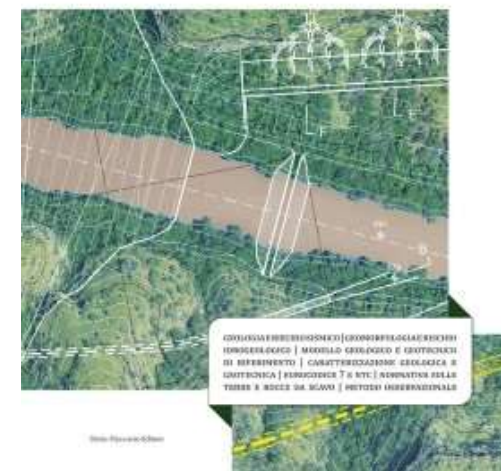
- Relazione Geotecnica (Sezione Stratigrafica/Geotecnica lungo il profilo di progetto)



Maurizio Tanzini

LA RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Caratterizzazione dei terreni e delle rocce
per la realizzazione di opere civili e infrastrutture



Ambito Urbano

- Conoscenza della litologia del sottosuolo per la profondità di interesse
- Ricostruzione stratigrafica speditiva lungo il profilo di perforazione
- Mappatura ed identificazione dei sottoservizi esistenti



L'importanza di conoscere il sottosuolo

Si stima che circa il 40% dei sottoservizi nel sottosuolo è posizionato in modo errato sulle mappe o non è mappato

Una conoscenza errata, imprecisa o incompleta del sottosuolo crea problemi !!





Le reti sono spesso rilevate troppo tardi affinché ci sia conformità con la fase di progettazione o in modo accidentale con lavori invasivi, con conseguenti problemi di sicurezza o interruzione di servizi.

Statistiche sulle rotture delle infrastrutture:

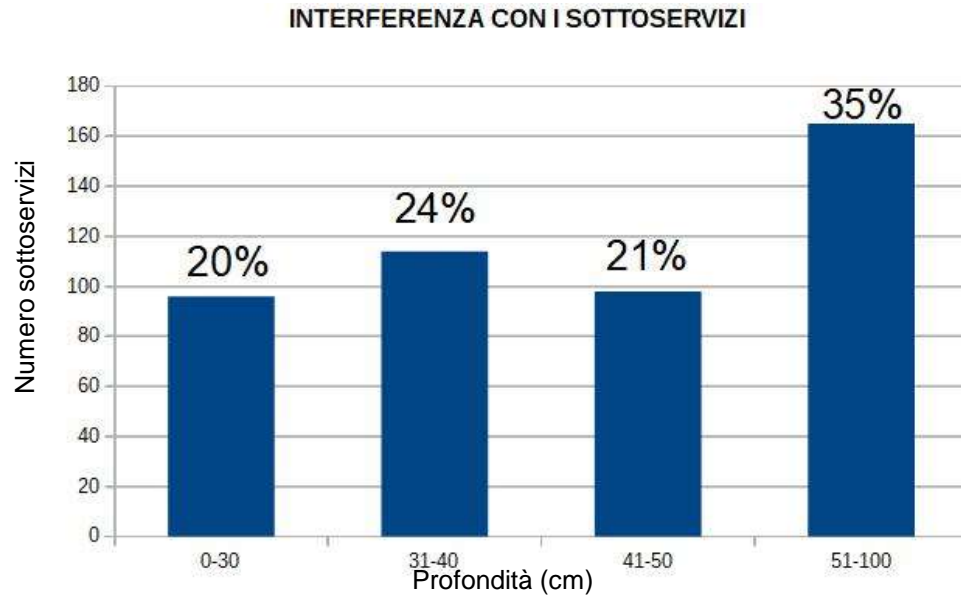
- 40% durante gli scavi di posa di altre reti
- 29% per cause «naturali» (ad esempio corrosione)
- 31% per altre cause

L'uso sistematico di indagini preventive diminuirebbe sensibilmente le rotture delle infrastrutture esistenti durante gli scavi per la posa di nuove reti





INTERFERENZE....



- ✓ 6.300 metri di indagine (*)
- ✓ 473 sottoservizi rilevati (tra dorsali principali e allacci)
- ✓ 1 sottoservizio ogni 13m
- ✓ 65% dei sottoservizi al di sopra di 50cm dal p.c.

(*) indagini georadar effettuate nei cantieri Open Fiber di Perugia



Georadar: principi fisici e funzionamento della tecnica



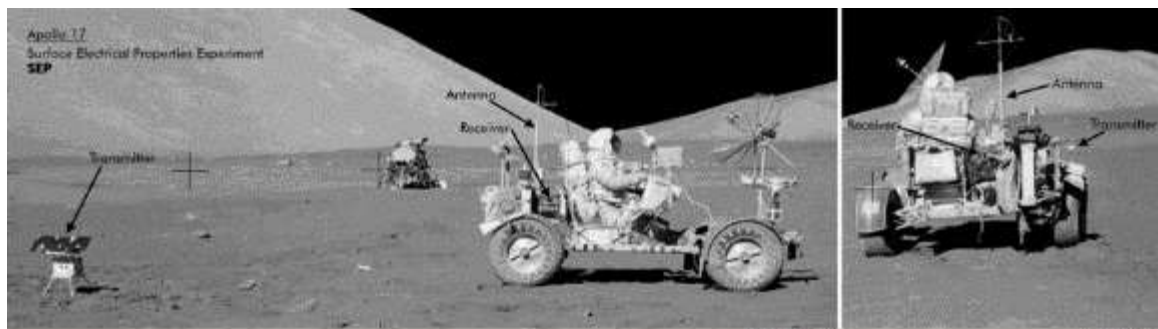
Per la rilevazione delle reti di sottoservizi, tra le varie tecniche di indagine geofisiche, quella che risulta vincente, sia dal lato della rapidità di esecuzione che da quello della precisione e risoluzione del dato finale è il Georadar o GPR (Ground Penetrating Radar).

RADAR: **R**Adio **D**etection **A**nd **R**anging ... strumento in grado di rilevare la presenza di oggetti e misurare la distanza tra l'apparato e un oggetto

1904: primo brevetto mondiale nella tecnologia radar

1910: brevetto per l'utilizzo della tecnologia radar per localizzare oggetti sepolti

1972: la NASA invia un GPR sulla luna con la missione Apollo17



Da allora, il GPR fu sviluppato per applicazioni militari come la localizzazione di tunnel in Vietnam e nella zona smilitarizzata tra Corea del Nord e Sud

Da allora, società di servizi pubblici e di costruzione hanno iniziato ad interessarsi alla tecnologia con lo scopo di mappare tubi e linee di servizio al di sotto di strade urbane.

I primi sistemi GPR accessibili furono venduti a partire dagli anni '80.

Oggi, diverse aziende producono sistemi GPR, molte altre forniscono servizi di indagine e le università di tutto il mondo conducono ricerche nel campo dei sistemi GPR.



Perché è importante utilizzare la tecnologia GPR?

- ✓ GPR permette la caratterizzazione di oggetti nel sottosuolo di differenti materiali e posizionati in geometrie e distribuzioni complesse;
- ✓ GPR è la più avanzata e sofisticata metodologia di indagine non distruttiva dedicata alla ricerca di strutture interrate; è il miglior metodo di indagine aree urbane, industriali e sensibili dal punto di vista architettonico, culturale o ambientale. Riduce i tempi di lavoro e minimizza l'impatto sulle attività riducendo gli inconvenienti (deviazioni, restringimenti, rumore, ecc.) legati allo scavo;
- ✓ GPR permette l'ottimizzazione di scavi o test distruttivi e riduce tempi, costi e rischi associati (si scava nel posto giusto al primo colpo);
- ✓ GPR minimizza i rischi di danneggiamenti: molte delle rotture delle infrastrutture esistenti avviene durante gli scavi di posa di altre infrastrutture;
- ✓ GPR permette l'utilizzo di tecnologie per posa/manutenzione delle infrastrutture a basso "fattore di disturbo" (Tecnologie "No Dig", TOC/HDD, Minitrincea, Microtrincea e Pipe Bursting, ecc.);
- ✓ GPR completa l'ispezione superficiale con un'immagine economica, oggettiva, documentabile e precisa dell'area indagata.

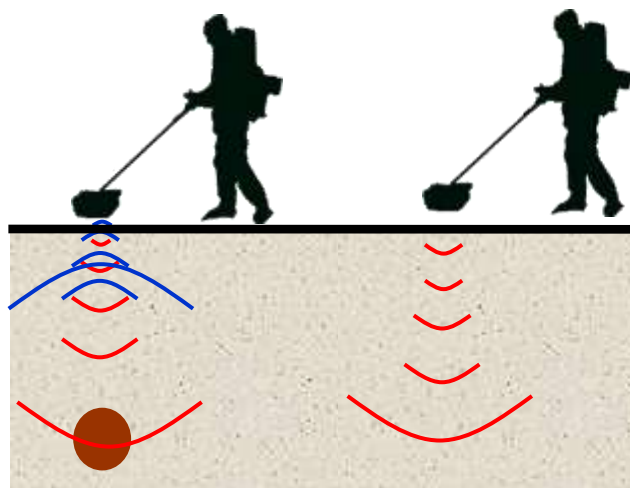


GPR – principi di funzionamento

E' uno strumento sviluppato per l'indagine non invasiva del terreno in alta risoluzione.

E' potenzialmente in grado di rilevare qualunque anomalia nel sottosuolo, indipendentemente dal materiale (metallo, cemento, muratura, pvc, polietilene, ecc.).

Il GPR utilizza brevi impulsi (1-2nsec) di onde elettromagnetiche ad alta frequenza (25-2000MHz) inviati nel sottosuolo per ricevere echi riflessi dalle superfici di discontinuità di materiali a differente caratteristica dielettrica, presenti all'interno del mezzo indagato.



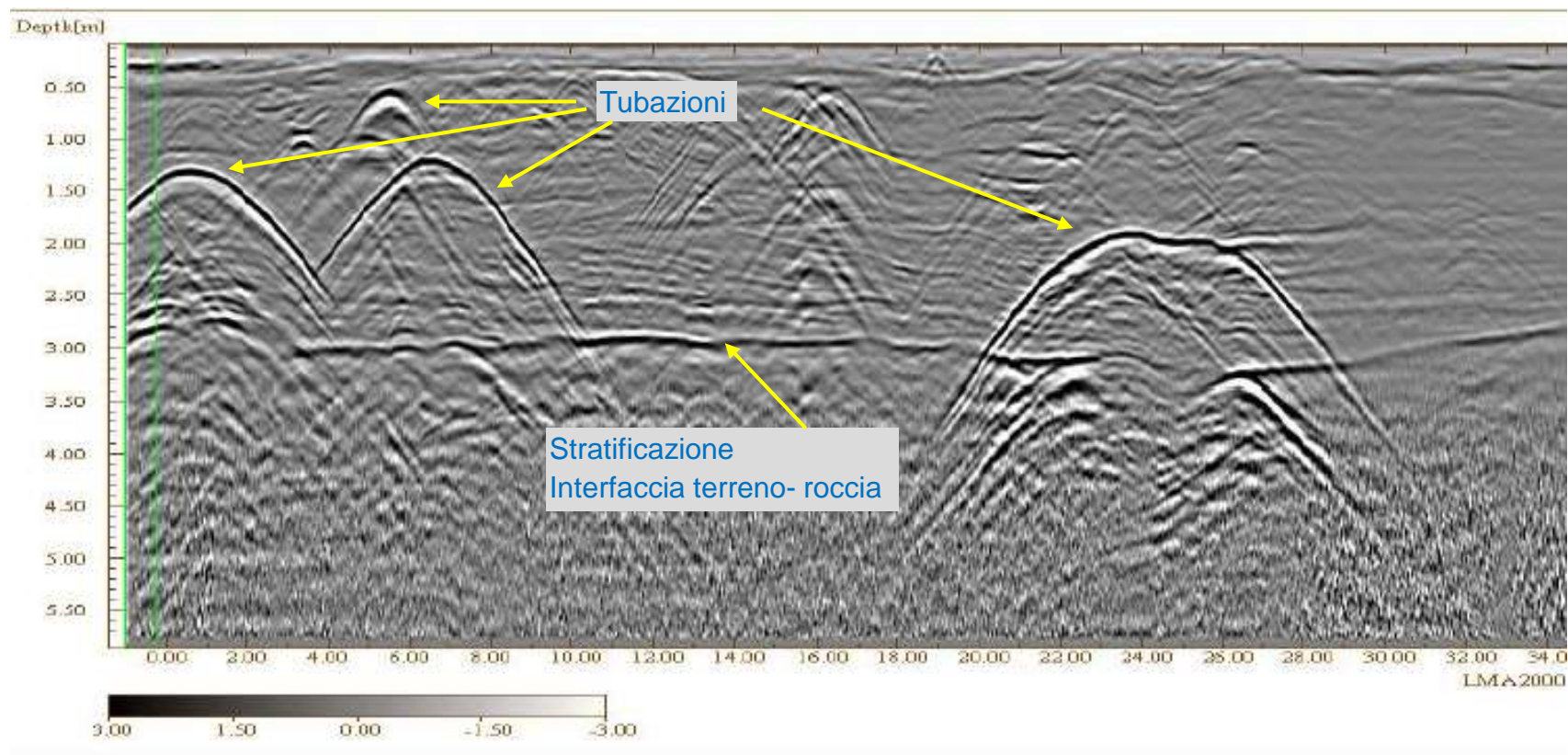
Il Georadar o GPR è in grado di rilevare un'anomalia presente nel sottosuolo attraverso il contrasto tra le proprietà elettriche del materiale quelle del terreno.



Il concetto è lo stesso che guida la rilevazione della posizione di aerei, navi o formazioni atmosferiche.



Radargramma 2D (Ecografia bidimensionale del sottosuolo)



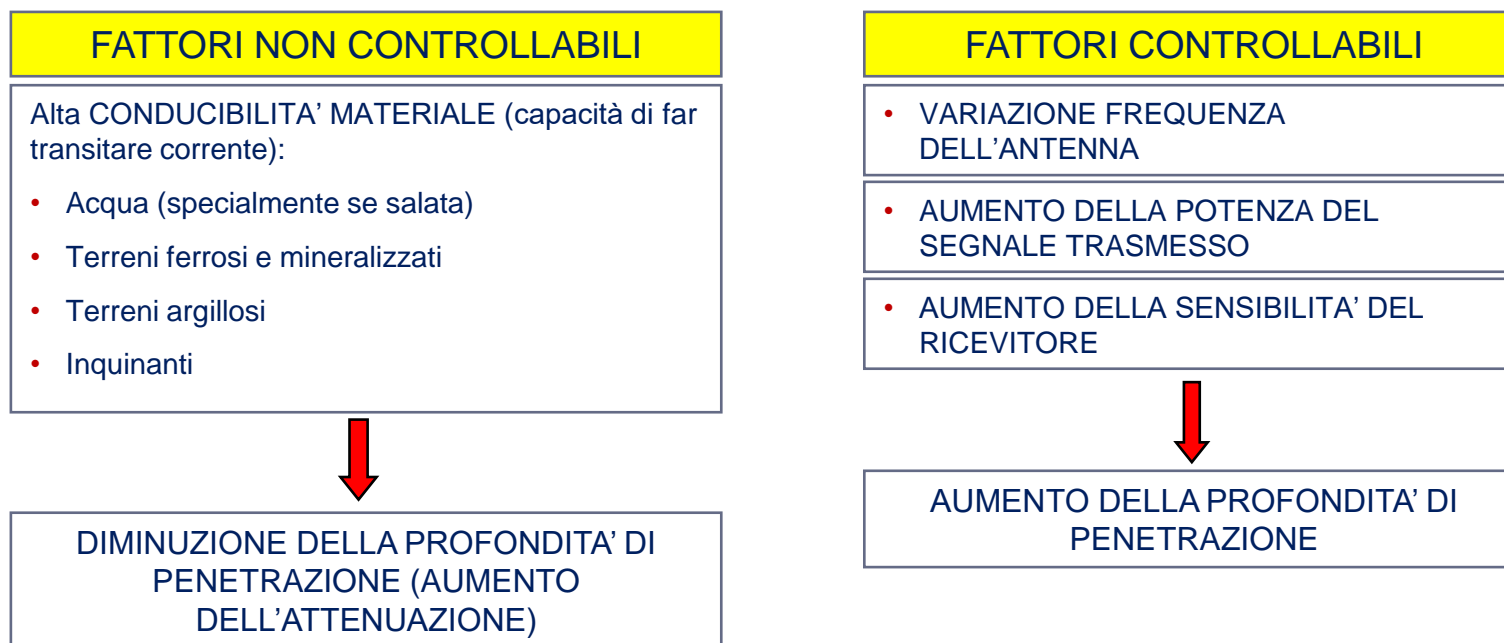


GPR – principi di funzionamento

PROFONDITA' di penetrazione e RISOLUZIONE di un segnale Georadar dipendono da:

- proprietà elettromagnetiche del terreno (o mezzo investigato)
- frequenza delle antenne usate
- caratteristiche dei bersagli

Esistono fattori non modificabili dall'operatore, in quanto proprietà fisiche dell'ambiente in cui stiamo realizzando un'indagine ed altri invece controllabili, essendo caratteristiche fisiche dello strumento che stiamo utilizzando.





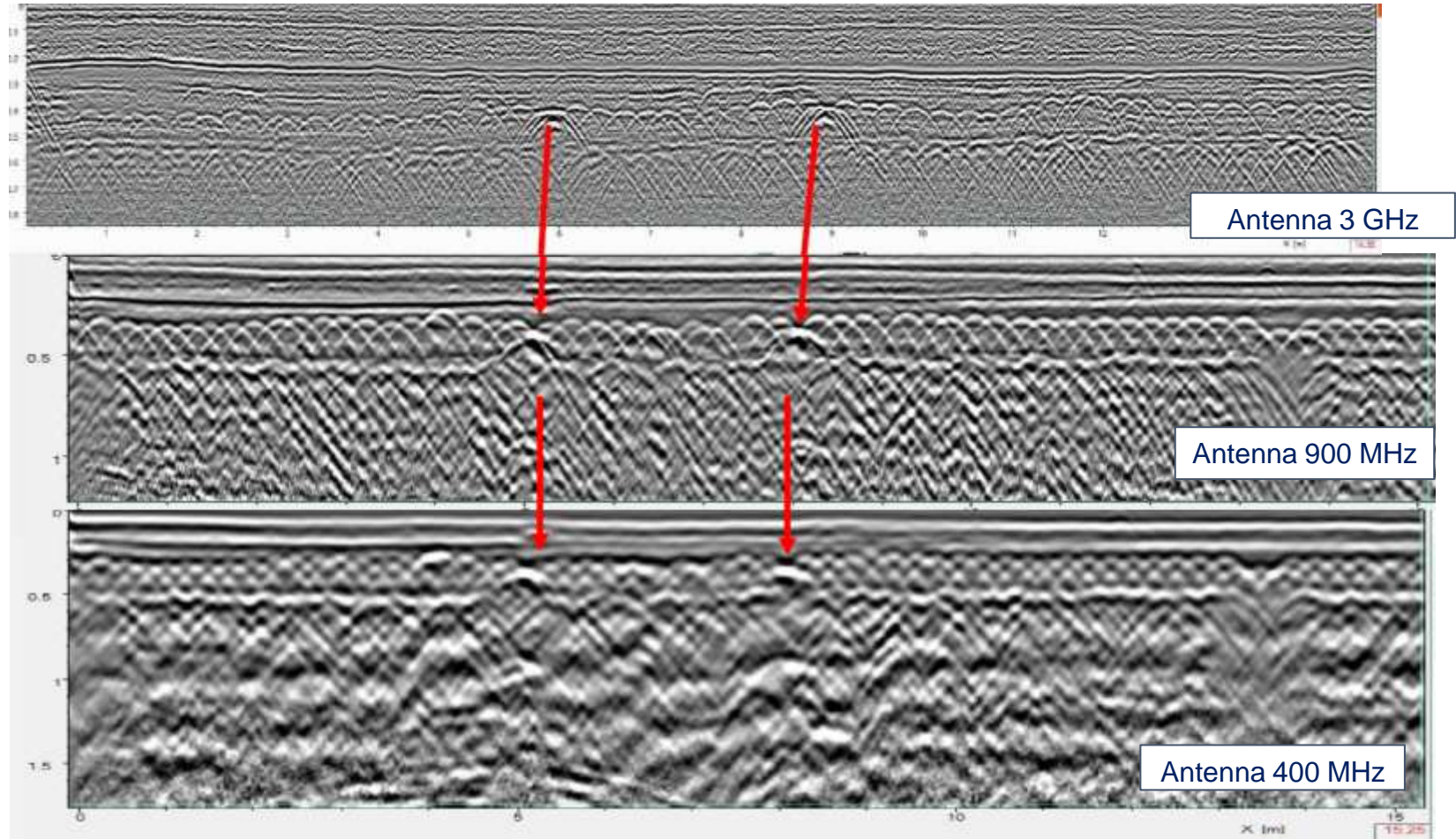
GPR – principi di funzionamento

La scelta dell'antenna deve essere un compromesso tra la risoluzione e la penetrazione necessaria ad identificare i target nel mezzo investigato





Sezioni radar processate





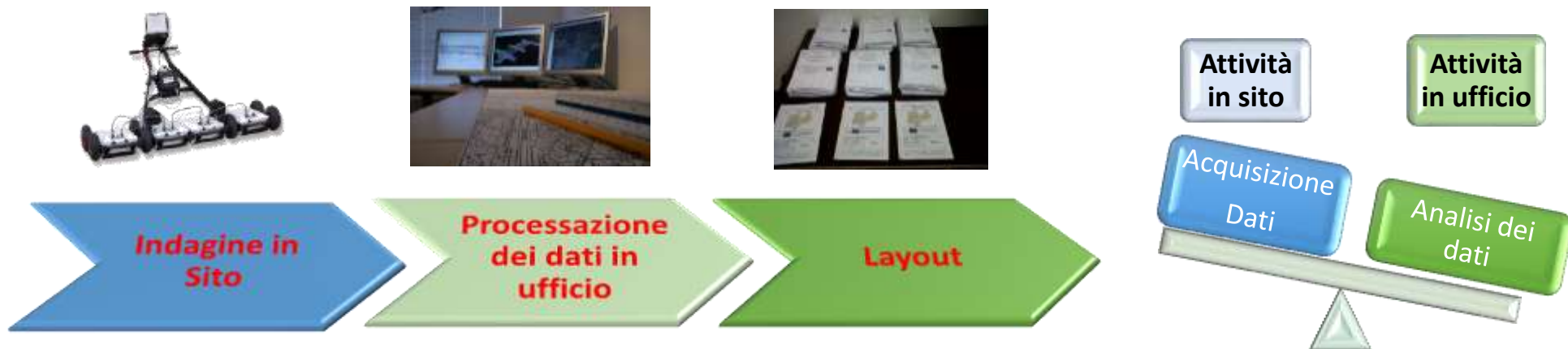
GPR – modalità e fasi operative



Rilevazione delle reti di sottoservizi – modalità e fasi operative

L'attività, di norma, si articola nelle seguenti fasi:

- Organizzazione logistica e preliminare (sopralluogo dell'area con ricevimento delle informazioni derivanti dagli elaborati di progetto, stesura del programma di indagini con il Committente)
- Acquisizione dati di campagna
- Elaborazione dati acquisiti





Mappatura delle Reti

Mediante strumentazione GPR di moderna generazione ed adeguate procedure di acquisizione ed elaborazione dei dati è possibile eseguire una dettagliata Mappatura del sottosuolo: inquadramento cartografico di sottoservizi, strutture, reperti archeologici e cavità.

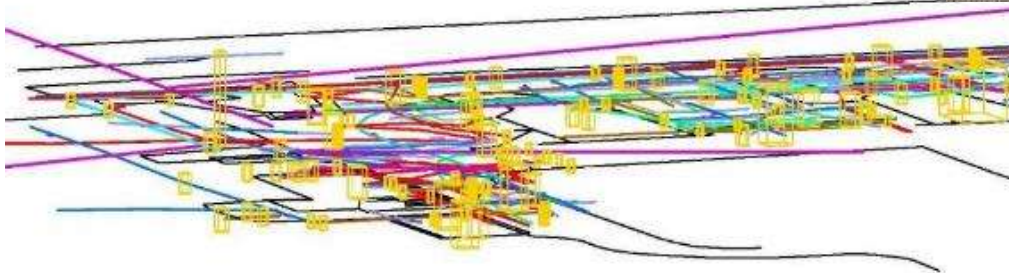
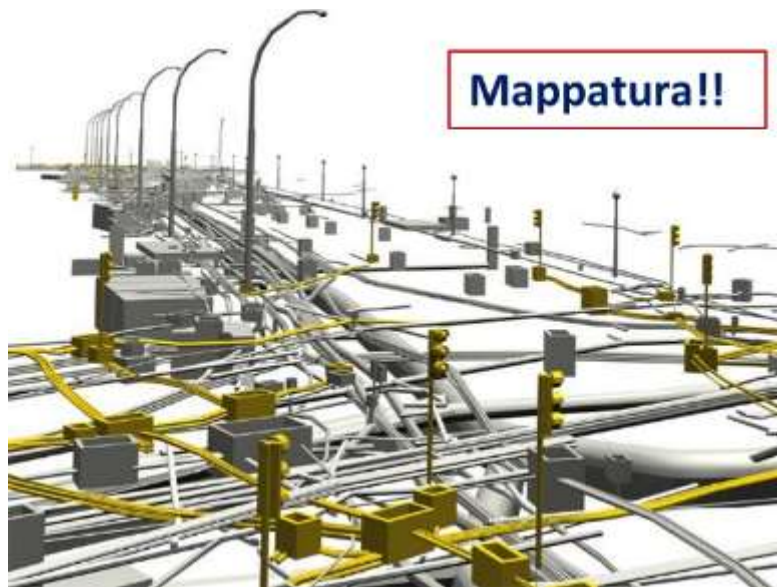
Per ottenere il massimo risultato possibile è necessario operare mediante l'utilizzo combinato di differenti attività:

- Osservazione diretta
- Cercachiusini
- Localizzatore elettromagnetico (cercaservizi): piccolo e di facile utilizzo ma individua solo tubi metallici e cavi in tensione ed è influenzato da rumore EM
- GPR





Per la mappatura dei sottoservizi DEVONO essere utilizzate strumentazioni Multi Canale e Multi Frequenza con frequenza da 200 e 900MHz, in grado di fornire teoricamente una gamma d'investigazione fino a 3 m di profondità

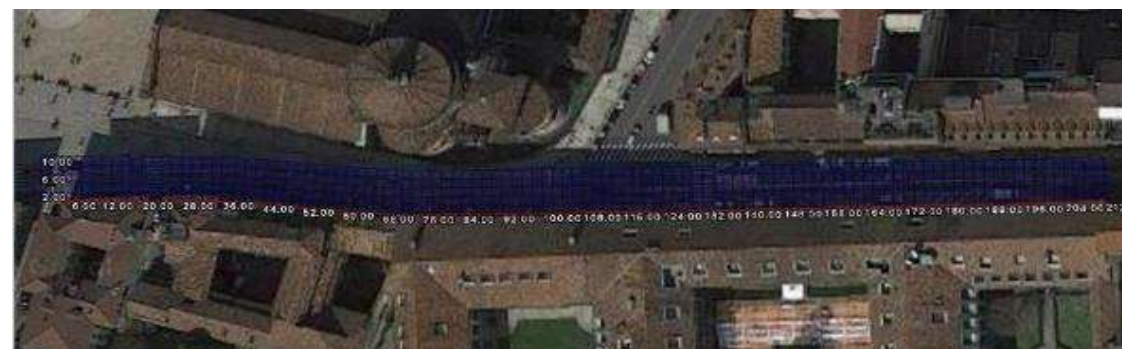
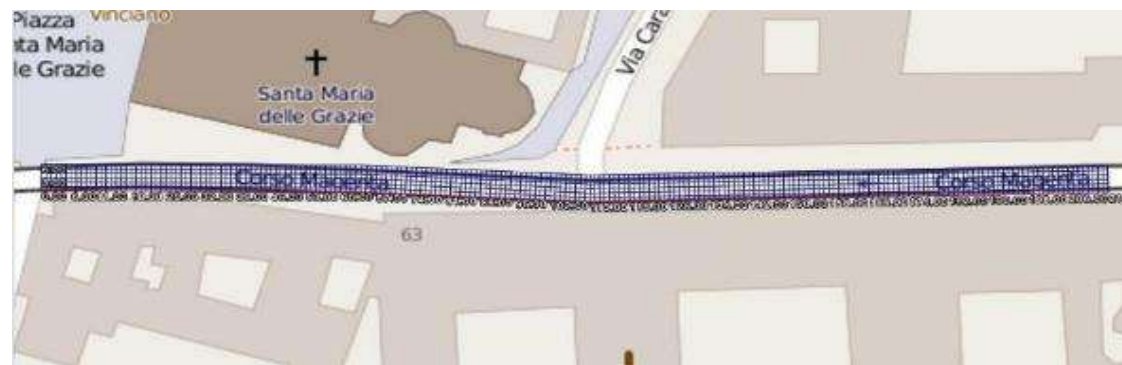
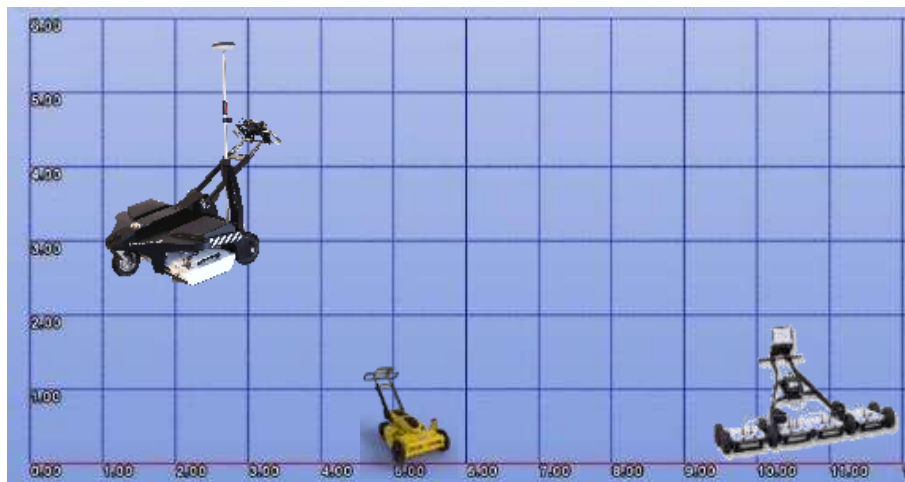




Mappatura Delle Reti – acquisizione dati

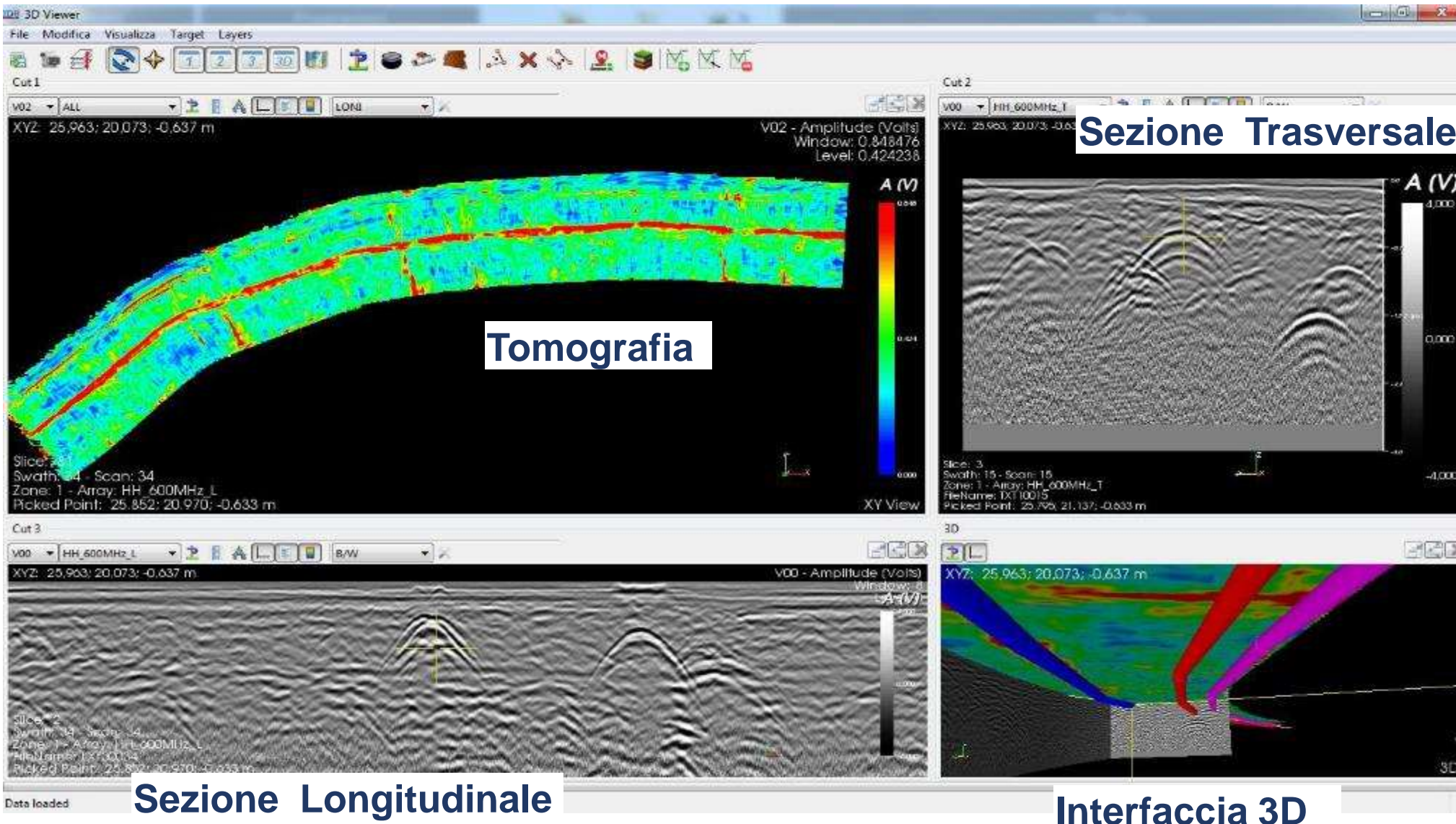
GPR tradizionali: si eseguono scansioni Georeferenziate rispetto ad un sistema di riferimento, con passate ad esso Trasversali e Longitudinali con adeguata spaziatura

GPR array complesso: si eseguono scansioni georeferenziate nella sola direzione longitudinale



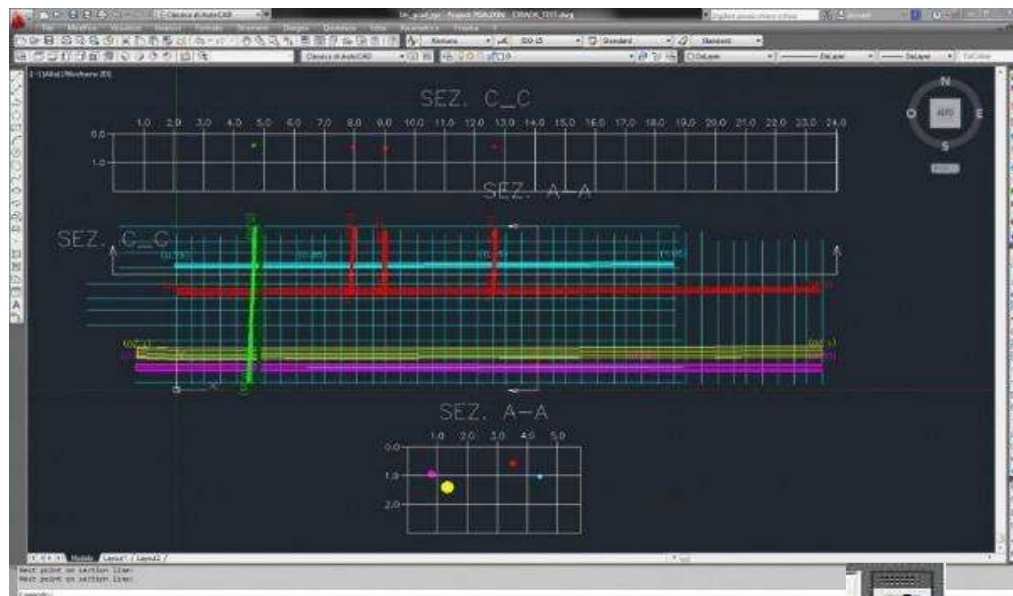


Elaborazione ed interpretazione dei dati





Esportazione dei Risultati in Ambiente Cad / GIS



Tool CAD dedicata



Prassi di Riferimento UNI/PdR 26.1:2017

Localizzazione e Mappatura delle infrastrutture nel sottosuolo

Strumento fondamentale per approfondire le proprie conoscenze nell'ambito della mappatura delle infrastrutture nel sottosuolo, un passo indispensabile per una corretta progettazione di qualsiasi intervento nel sottosuolo, oltre che per la stesura di un adeguato capitolato d'appalto.

Il documento fornisce dettagli descrittivi sui metodi utilizzati per localizzare e mappare le infrastrutture sotterranee in modo non distruttivo ed è applicabile sia ai sistemi urbani che a quelli extraurbani.

Il documento è stato redatto da una specifica commissione tecnica permanente istituita da IATT.

Lo scopo principale è quello di definire le prestazioni minime richieste, sia per quanto riguarda la strumentazione che le modalità operative, con riferimento ai vari livelli di qualità e con riferimento alle procedure e alle tecnologie da utilizzare, per la localizzazione e la mappatura delle infrastrutture sotterranee, in modo da garantire il massimo che la tecnologia oggi può offrire.

Particolarmente importante risulta la descrizione delle differenti strumentazioni di indagine, con particolare attenzione ai sistemi Georadar - GPR.

E' importante che chi progetta o commissiona un'indagine georadar abbia le conoscenze minime che gli permettano di definire i requisiti minimi che un'indagine deve avere in funzione delle proprie esigenze

Publicata nel 2017 (link per il download):

<http://store.uni.com/catalogo/uni-pdr-26-1-2017>



La prassi adotta un sistema gerarchico di classificazione dei vari livelli di mappatura delle infrastrutture del sottosuolo, secondo livelli di qualità:

- ✓ LQ-D (Livello di Qualità D): Classificazione dei sottoservizi sulla base della raccolta di archivi storici o informazioni ottenute attraverso interviste con gli addetti alle reti o chi ha posato le reti;
- ✓ LQ-C (Livello di Qualità C): Classificazione dei sottoservizi sulla base delle verifiche effettuate sui dati raccolti dagli archivi storici, con una verifica sul sito in esame ed una conferma delle evidenze superficiali desumibili a vista e riportabili in cartografia attraverso misure topografiche;
- ✓ LQ-B (Livello di Qualità B): Classificazione dei sottoservizi sulla base delle indagini con strumentazione di rilievo geofisica. Questo livello è suddiviso in sottocategorie in relazione alle strumentazioni di indagine utilizzate ed alle procedure operative;
- ✓ LQ-A (Livello di Qualità A): Classificazione dei sottoservizi sulla base delle evidenze conseguenti l'esposizione diretta dei sottoservizi o l'ispezione dei manufatti interrati.

La prassi indica nel dettaglio le procedure e i sistemi utilizzabili per l'ottenimento dei diversi livelli di qualità, analizzando le varie tecnologie e procedure in relazione al livello di precisione richiesto.

Vengono, inoltre, descritti i contenuti minimi degli elaborati da produrre come documentazione finale delle indagini eseguite: elaborati cartografici sia digitali (CAD, GIS) che cartacei e Relazione Tecnica in cui vanno descritte le strumentazioni utilizzate, le modalità di indagine, i risultati e le eventuali problematiche riscontrate nel corso delle indagini, oltre ad una serie di informazioni specifiche del lavoro in questione, sia di carattere generale che tecnico.



ESEMPI DI APPLICAZIONI



MAPPATURA RETI IN FASE DI PROGETTAZIONE (area urbana)

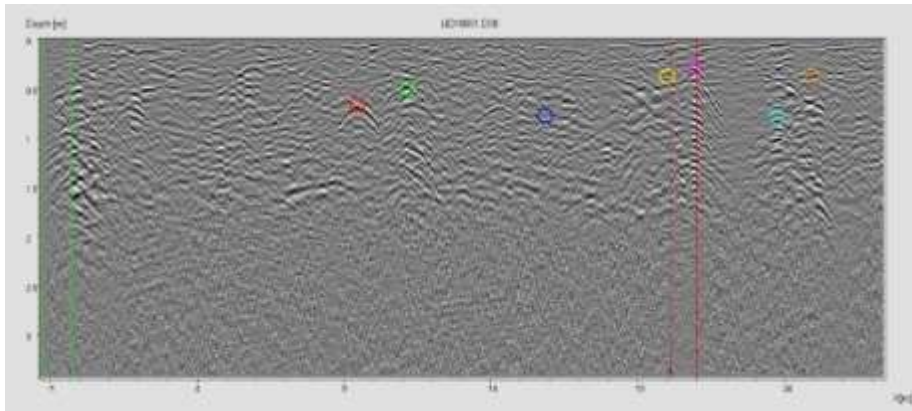
Mappatura del sottosuolo e rilievo di sottoservizi e strutture interrato presenti al di sotto della sede stradale in area urbana

Provincia di MB 2017-2021

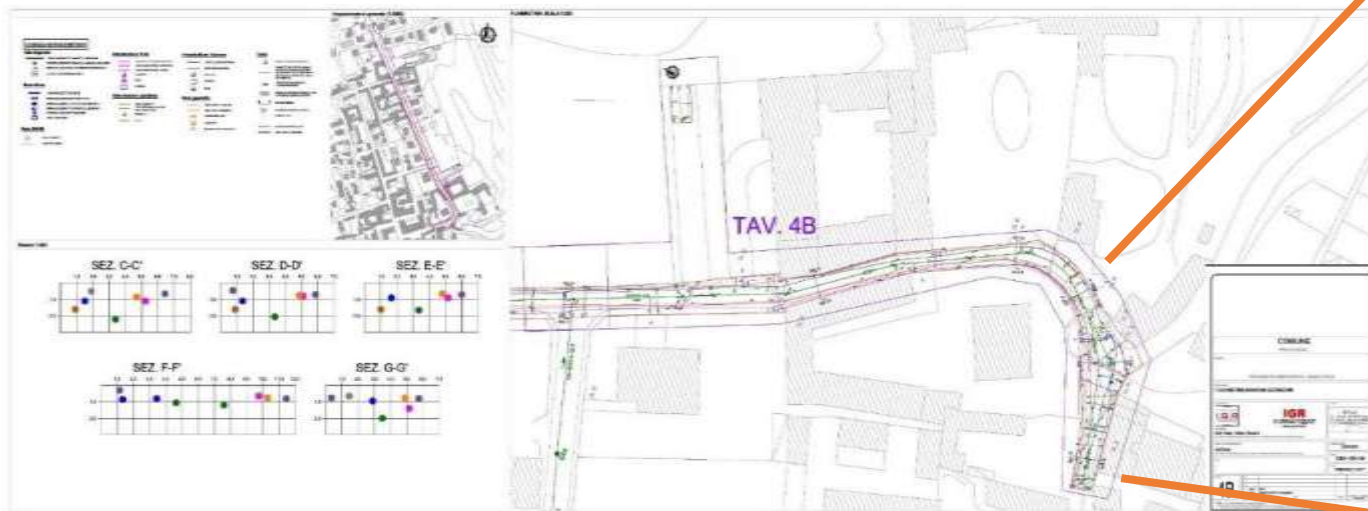


Preparazione griglia di acquisizione dati radar:
maglia regolare e molto fitta di scansioni

Interpretazione sezioni radar acquisite



Cartografia finale delle indagini: integrando dati GPR con le informazioni fornite dai gestori delle reti è possibile assegnare la natura a gran parte delle anomalie rilevate





MAPPATURA RETI IN FASE DI PROGETTAZIONE (area urbana)

Mappatura del sottosuolo, rilievo sottoservizi e strutture interrate ai fini della progettazione di potenziamento e ricostruzione di collettori fognari

Rimini 2019



Acquisizione dati mediante sistema ad array complesso





Utilizzo di sistema 3D radar ad array complesso





Utilizzo di sistema 3D radar ad array complesso





Attività di completamento alle indagini GPR, fondamentali per una corretta e completa mappatura



Censimento pozzetti



Ricerca pozzetti sepolti con cerca-chiusini



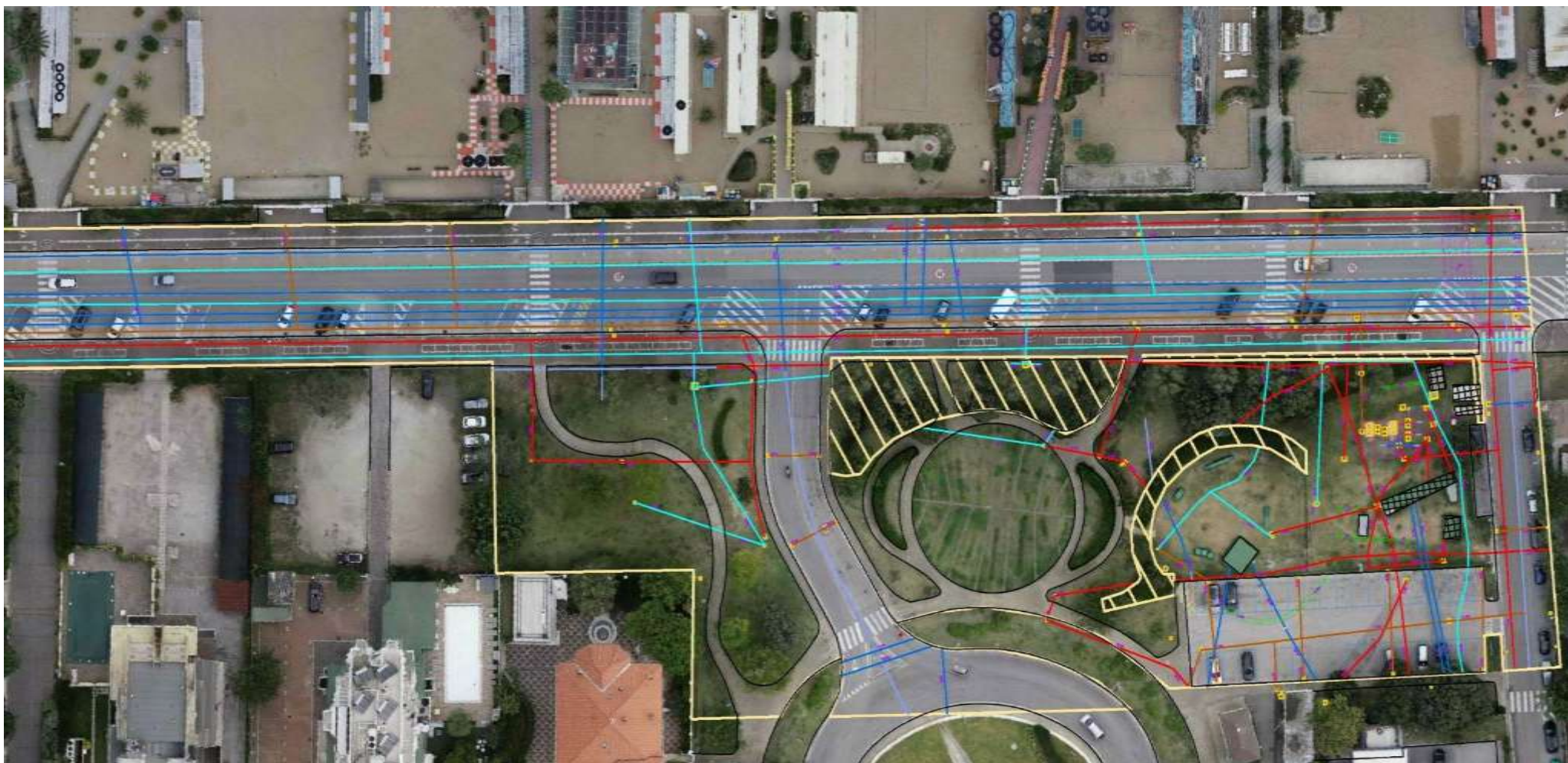
Rilievo GPS



Ricerca cavidotti con Localizzatore Elettromagnetico



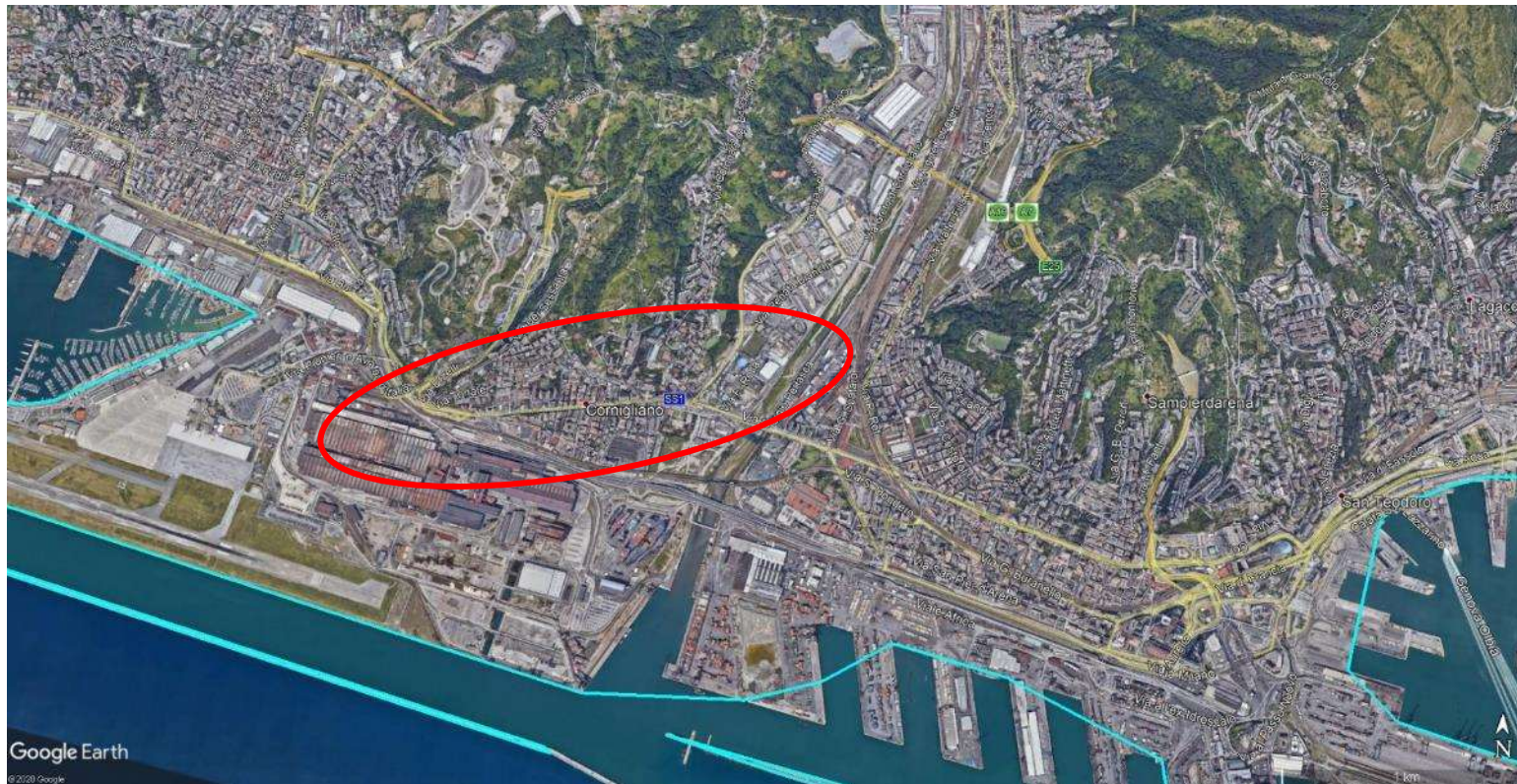
Cartografia finale delle indagini: integrando dati GPR con le informazioni ricavate dalle attività complementari è stato possibile assegnare la natura a gran parte delle anomalie rilevate. Come base cartografica sono state utilizzate immagini aeree in alta definizione acquisite con drone





MAPPATURA RETI IN FASE DI PROGETTAZIONE (area urbana)

Rilievo sottoservizi e strutture interrato ai fini della definizione dello stato di fatto del sottosuolo di un'importante arteria viaria della città di Genova, Via Cornigliano. L'arteria è oggetto di una profonda serie di interventi che puntano alla riqualificazione urbana del quartiere; tali interventi prevedono, tra gli altri, la razionalizzazione dei sottoservizi, lo spostamento di alcuni e l'eliminazione di altri. Pertanto, è risultata fondamentale una mirata conoscenza di quanto presente, in modo da agevolare la progettazione e la successiva realizzazione della nuova sede stradale

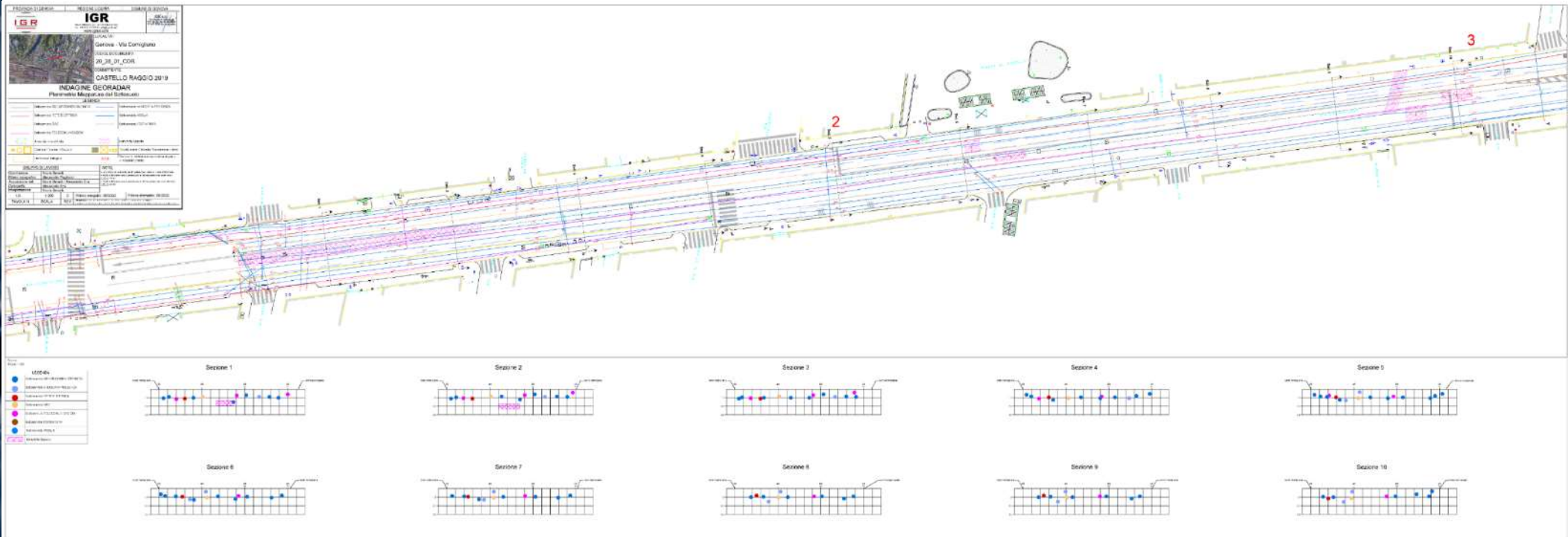


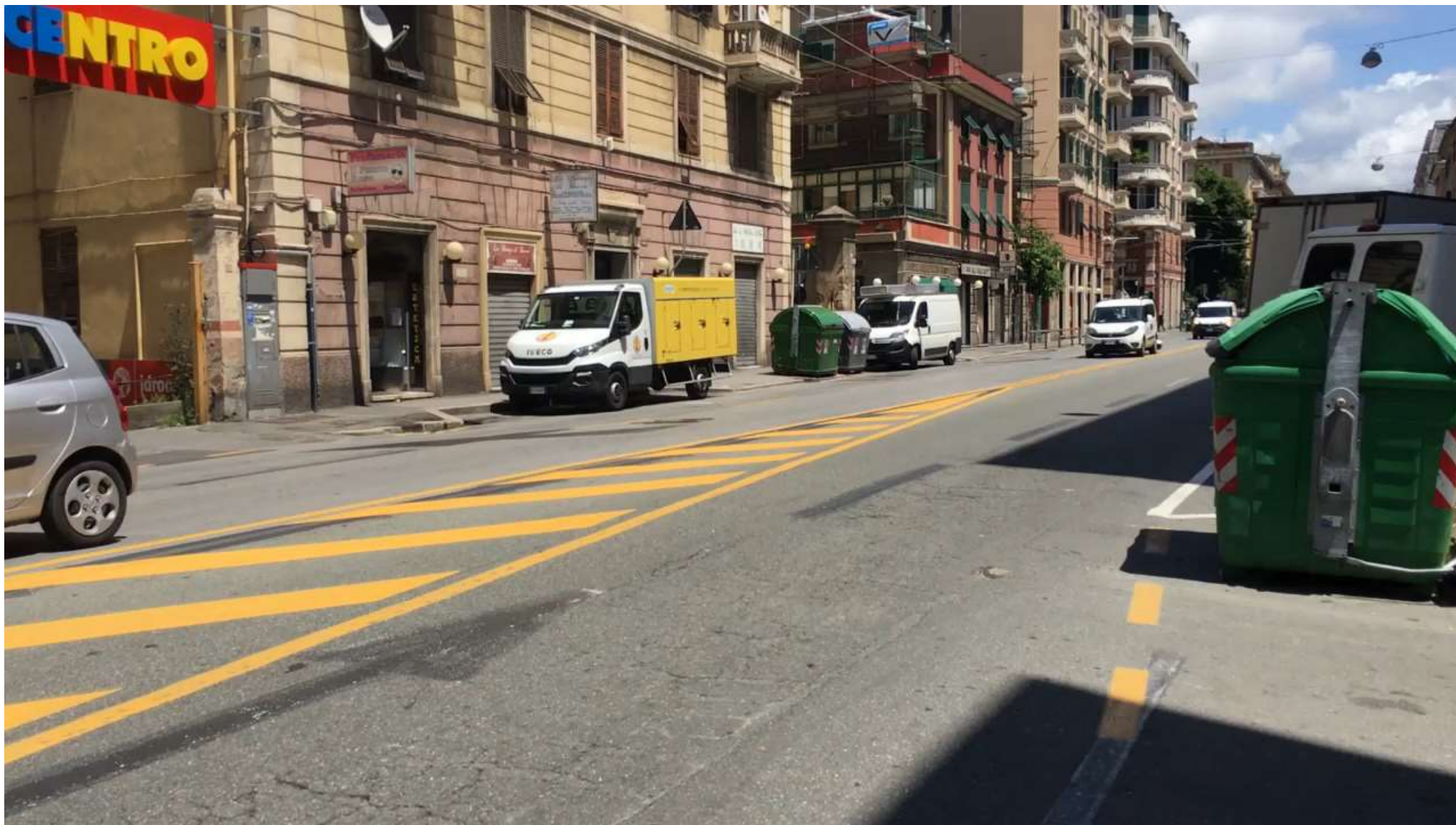


Utilizzo di sistema IDS Stream UP ad array completo



Cartografia finale delle indagini: integrando dati GPR con le informazioni ricavate dalle attività complementari è stato possibile assegnare la natura a gran parte delle anomalie rilevate









ANALISI STORICHE / ARCHEOLOGICHE

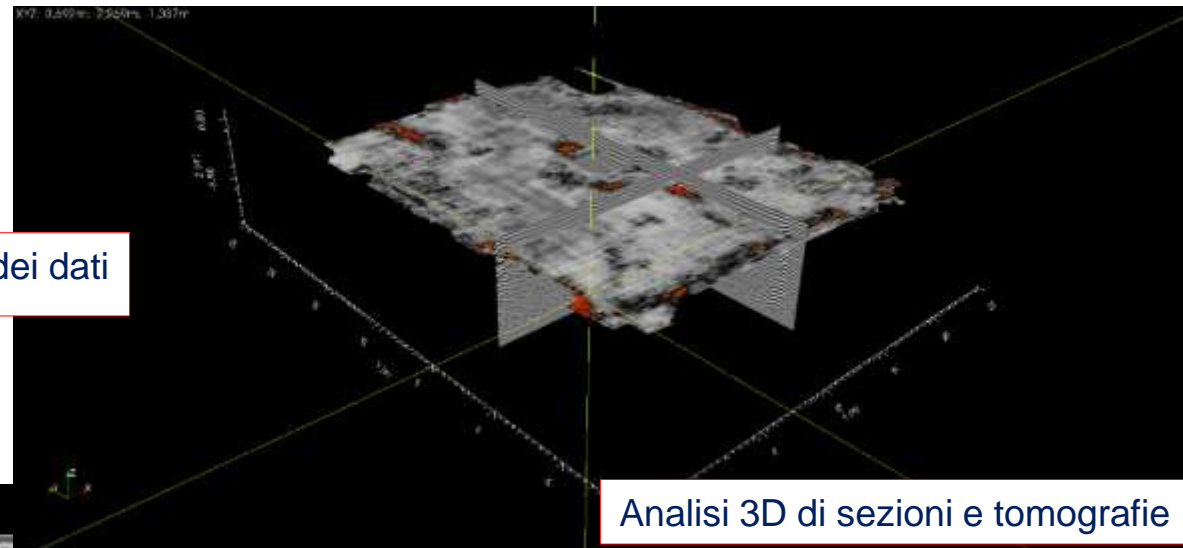
TODI (Pg) 2020

Campagna di indagine mediante Georadar finalizzata alla mappatura di sottoservizi e strutture interrate presenti al di sotto del chiostro centrale dell'Istituto Tecnico Agrario Ciuffelli-Einaudi di Todi (Pg); l'istituto occupa i locali di un Monastero risalente al 1200, più volte rimaneggiato e convertito ad altre funzioni nel corso dei secoli (Ospedale della Carità nel XIX secolo).

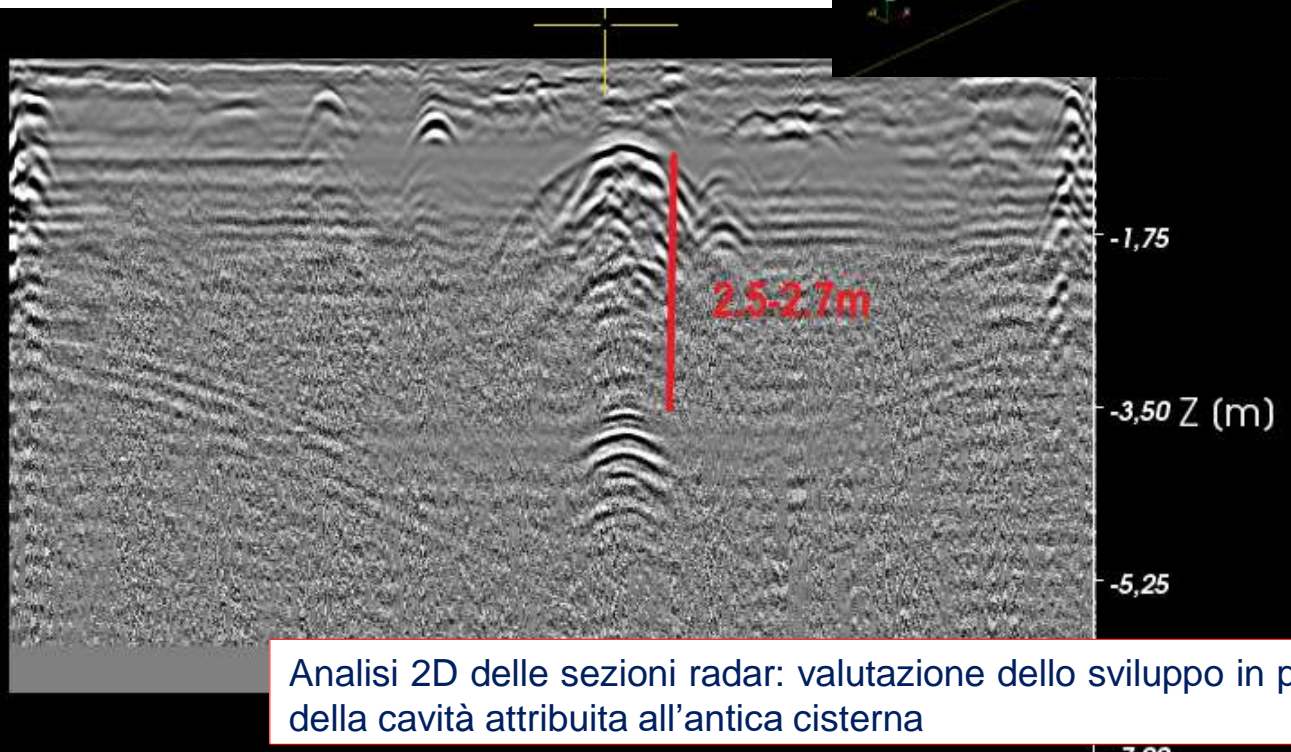
Scopo dell'indagine è stato quello di rilevare e mappare manufatti, cavità e cisterne risalenti all'originale funzione dell'edificio.



Schermate del software di interpretazione dei dati



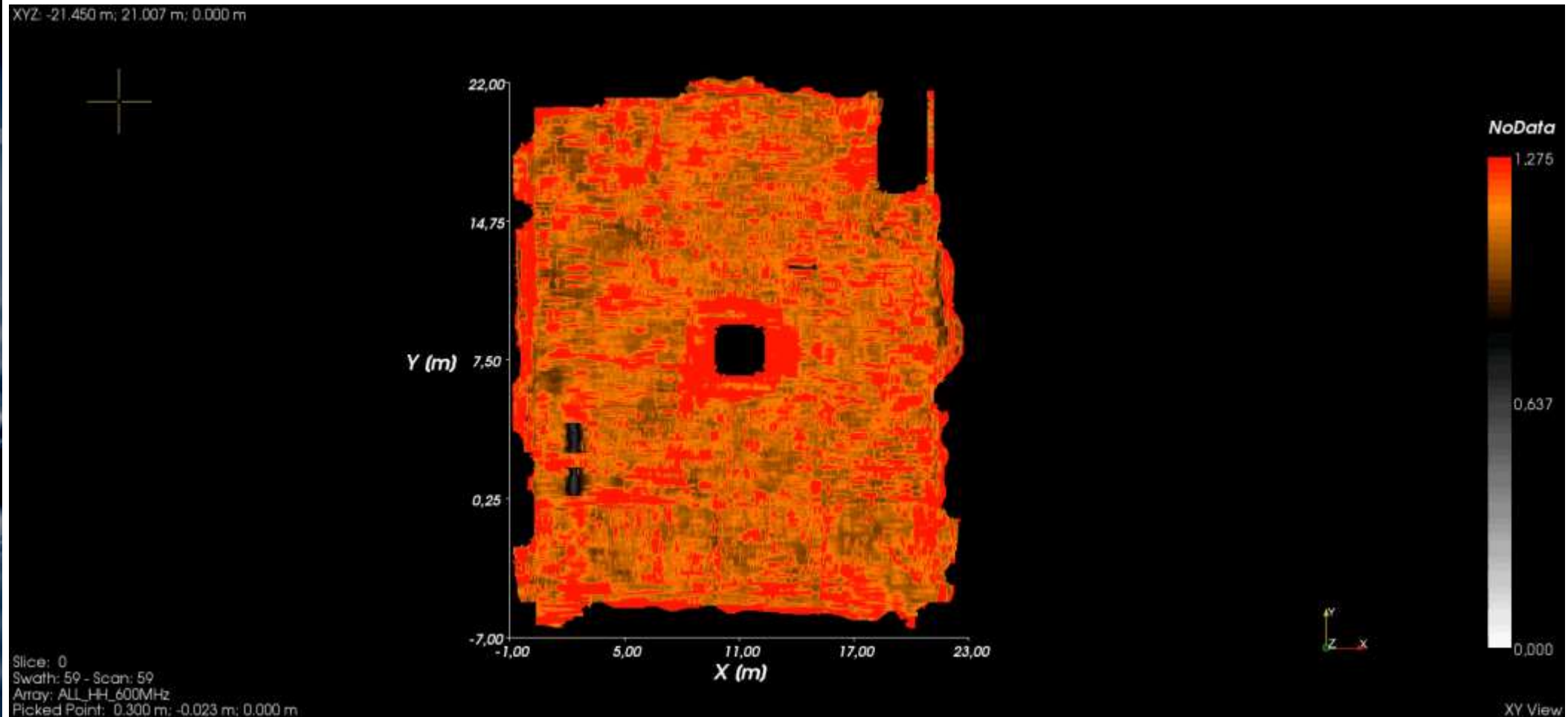
Analisi 3D di sezioni e tomografie



Analisi 2D delle sezioni radar: valutazione dello sviluppo in profondità della cavità attribuita all'antica cisterna



Visualizzazione tomografica dei dati per evidenziare rapidamente le anomalie rilevate



IGR
 Via Montecristo, 3 - 06012 Perugia (PG)
 Tel. +39 075 577777 - www.igr.it
 www.igr.it

INDAGINE GEORADAR
 Planimetria Mappatura del Sottosuolo
TODI (PG) - Via Montecristo, 3

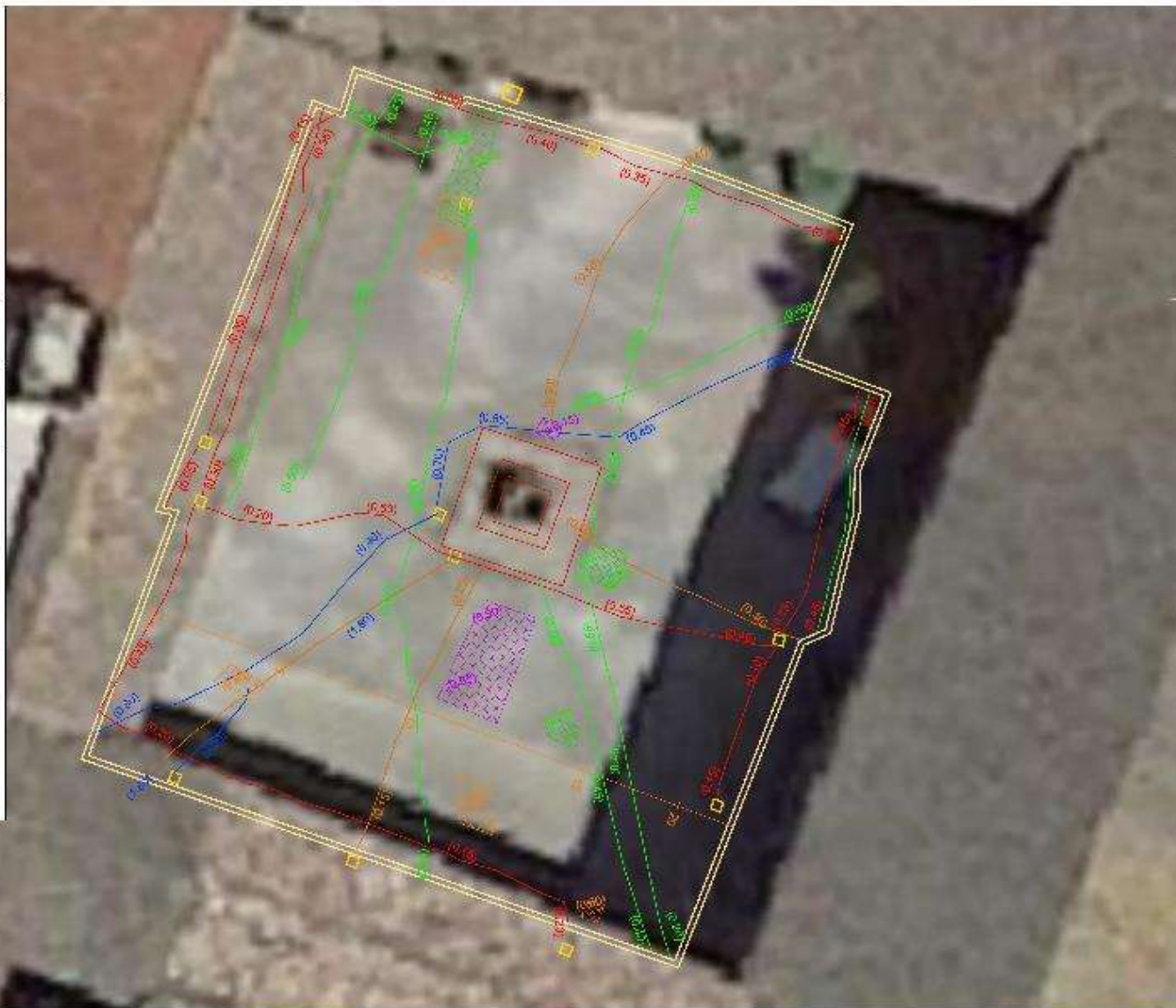
LOCALITÀ: TODI (PG) - Via Montecristo, 3
 COD. CL. DOCUMENTO: 20_18_D1_ITAGR
 COMMITTENTE: Istituto Agrario Ciuffelli - Einaudi

LEGENDA

	Sottosuolo generico		Limite area indagata
	Sottosuolo generico incoerente		Forme in cui si manifesta il fenomeno
	Sottosuolo ELETTRICITÀ		Anomalia magnetica
	Sottosuolo IONIZZANTE		Anomalia Magnetica Scostata
	Sottosuolo ACQUA		Anomalia perimetrale Anomalia in corrispondenza del muro
	Protezione antiscalfi		Orchidea / Pozzetti

GRUPPO DI LAVORO
 Coordinatore: Nicola Bernardini
 Collaboratori: Alessandro Einaudi, Nicola Bernardini
 1 D11 1:100
 INVOLAN. SCALA
 Rilievo eseguito: Marzo 2020
 Rilievo stampato: Marzo 2020

NOTE
 - Le proiezioni sono riferite all'altitudine della similitudine indicata.
 - Profondità media di penetrazione del segnale radar: 1,00m da p.a.
 - Profondità massima di penetrazione del segnale radar: 2,00m da p.a.

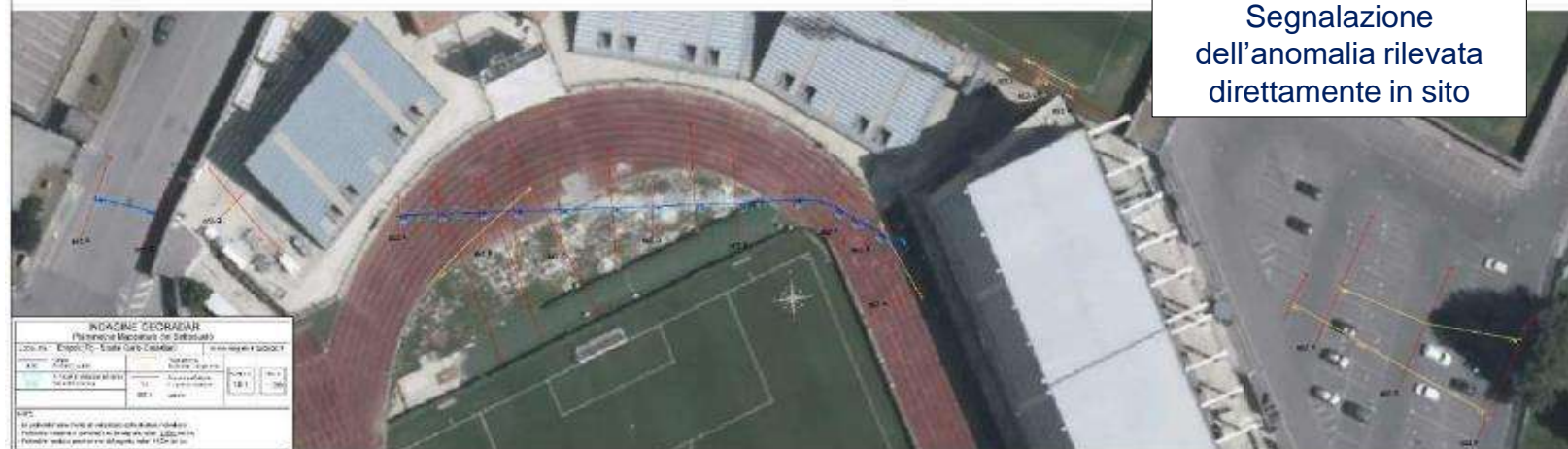
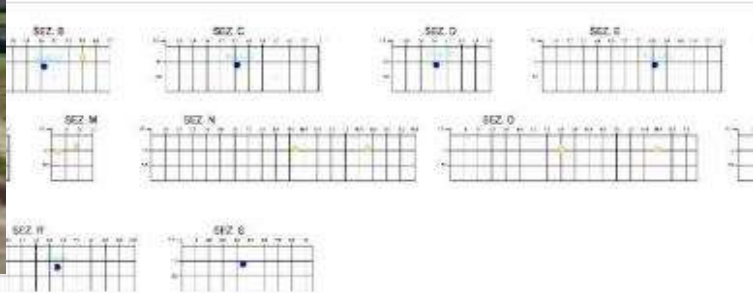




GEORADAR IN FASE DI PROGETTAZIONE

EMPOLI (Fi) 2017

Nella prima fase di progettazione dell'ammmodernamento dello Stadio di Empoli, è stata eseguita un'indagine georadar finalizzata a rintracciare il percorso di un vecchio canale interrato di cui si era a conoscenza ma per il quale non si avevano più notizie certe in merito alla posizione



INDAGINE GEORADAR			
Per l'area di intervento di ristrutturazione dello Stadio di Empoli (Fi)			
CLIENTE	Empoli FC - Società Calcio Calcio	PROGETTO	Interventi di ristrutturazione dello Stadio
DATA	12/05/2017	OPERAZIONE	Indagine Georadar
INDAGINE	Indagine Georadar	STRUMENTI	Georadar GPR 100 MHz
INDAGINE	Indagine Georadar	OPERAZIONE	Indagine Georadar
INDAGINE	Indagine Georadar	OPERAZIONE	Indagine Georadar



Grazie per l'attenzione

Geol. Nicola Berardi

IGR Srl – n.berardi@gruppoigr.com

Commissione Tecnica Permanente IATT Indagini Conoscitive