



Ministero delle
Infrastrutture e dei
Trasporti

FSC

Fondo per lo Sviluppo
e la Coesione



REGIONE CAMPANIA

PIANO OPERATIVO INFRASTRUTTURE FSC 2014-2020 PROGETTO FINANZIATO CON LA DELIBERAZIONE CIPE N.54/2016

Accordo Quadro triennale per l'Affidamento di Servizi di Ingegneria ed Architettura:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica e/o progettaz. Definitiva e/o esecutiva e/o attività di supporto per l'esecuzione nella Regione Campania di interventi sui sistemi di mobilità ex Delib. G.R. 104/2018 -109/2018 e ss.mm.ii

Lotto n. 2 - CUP B49J18002160001 - CIG 7518817412

CONTRATTO ATTUATIVO: COMUNE DI AVELLINO

**TITOLO INTERVENTO: Rigenerazione urbana di via Francesco Tedesco - Borgo Ferrovia
Porta EST per le Universiadi**

CUP G37H18000460006

Responsabile del procedimento: Arch. Giuseppina Cerchia

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTAZIONE A CURA DEL RTI:

MANDATARIA:

MANDANTI:



ING. D. BONADIES

Via Strada del colle, 1A
06132 Perugia (PG)
P.Iva 02776790541



ING. N. SARACA

Via A. Gramsci, 34
00197 Roma (RM)
P.Iva 00987261005



ING. D. ROMANO

Via Masone, 5
24121 Bergamo (BG)
P.Iva 02141540167

Responsabile delle integrazioni fra le diverse prestazioni specialistiche: **ING. D. BONADIES**

Elaborato:

R.11

RELAZIONE SULLE INDAGINI

data:

LUGLIO 2020

scala:

N.A.

Codice Commessa:

REV.

data

verificato

approvato

R.U.P. Arch. Paolo Freschi

Direttore dell'esecuzione del contratto: Ing. Umberto Pisapia

Sommario

1.	Descrizione del sito e del progetto	2
2.	Indagine Georadar	3
2.1	Teoria di base.....	3
3.	Strumentazione usata	6
4.	Acquisizione e processing dei dati	8
4.1	Fase di acquisizione dati.....	8
4.2	Fase di elaborazione dati	9
5.	Analisi descrittiva dei risultati ottenuti.....	9
6.	Conclusioni	12
Figura 1	– Ortofoto del sito oggetto di interesse (aggiornamento 05/09/2019).....	2
Figura 2	– Ortofoto con l’ubicazione dei siti indagati.....	3
Figura 3	– Principio di funzionamento georadar (IDS)	4
Figura 4	– Strumentazione utilizzata - Opera Duo IDS versione due ruote.....	6
Figura 5	– Disposizione delle antenne.....	7
Figura 6	– spettro di frequenza di una generica antenna nel vuoto. La frequenza centrale f_m corrispondente al picco massimo dello spettro, si annulla in corrispondenza di una frequenza compresa tra $- / + \frac{1}{2}$ di f_m	8
Figura 7	– Esempio di anomalie tipiche in presenza di sottoservizi e vuoti.....	10
Figura 8	– Ordinanza in atto e sosta delle auto che hanno, in alcuni casi, reso impossibile l’indagine in quei tratti	11

Relazione sulle indagini

I. Descrizione del sito e del progetto

La presente relazione tecnica riguarda una prospezione geofisica con metodologia georadar da effettuare nel Territorio comunale di Avellino in località via Tedesco; per il Progetto riguardante “La verifica di anomalie riconducibili a sottoservizi”.



Figura 1 – Ortofoto del sito oggetto di interesse (aggiornamento 05/09/2019)

A tal scopo, per la verifica è stata eseguita un'indagine indiretta quale:

- N°1 Indagine Elettromagnetica con metodologia Georadar 2D – scansioni random

L'indagine Georadar è stata espletata attraverso la realizzazione di profili random longitudinali (L) e trasversali (T) mediante indagini a griglia eseguite sull'intera carreggiata oggetto di studio. L'intervento complessivo, di circa 2.000 metri lineari, è stato suddiviso in n° 5 tratti di strada da circa 400 metri lineari cadauno (figura 2).

Trattandosi di una strada con una presenza costante e regolare di automobili durante l'intera giornata, è stata chiesta preventivamente un'ordinanza al comando dei vigili del comune di Avellino nella quale si vietava la sosta nei tratti da indagare suddivisi in più giorni.



Figura 2 - Ortofoto con l'ubicazione dei siti indagati

Nei paragrafi successivi, viene riportata, la tecnica di indagine, la strumentazione utilizzata, la modalità di esecuzione ed elaborazione dei dati e la descrizione dei risultati ottenuti.

Le indagini sono state effettuate secondo le Normative vigenti.

In particolare l'indagine geofisica con metodologia georadar è stata effettuata in conformità alla Norma CEI 306-8 del 2004 Impiego del Radar per introspezione del suolo per prospezioni preliminari di opere di posa di servizi e infrastrutture sotterranee ASTM.

Va tenuto in considerazione che non tutte le strutture/target possono essere trovate e mappate considerando la profondità, locazione, tipo di materiale e geologia. Anche con un'indagine appropriata ed eseguita in modo professionale può non essere in grado di trovare il 100% dei target.

2. Indagine Georadar

2.1 Teoria di base

Il principio di funzionamento del georadar o GPR (Ground Penetrating Radar) si basa sulla capacità dello strumento di emettere segnali a radiofrequenza, attraverso un trasduttore (antenna) e registrare quelli riflessi da oggetti presenti nel sottosuolo, caratterizzati da proprietà elettromagnetiche diverse rispetto a quelle del terreno che li circonda (Fig.3).

Tal metodologia prevede lo spostamento di antenne, trasmettenti e riceventi (rispettivamente Tx e Rx) sulla superficie del terreno che si desidera indagare.

L'impulso generato, si propaga, ad intervalli di tempo distinti, in modo pressoché verticale nel sottosuolo e successivamente quando incontra un'interfaccia, separanti dei mezzi con caratteristiche diverse, parte dell'energia trasmessa viene riflessa e registrata dall'antenna ricevente.

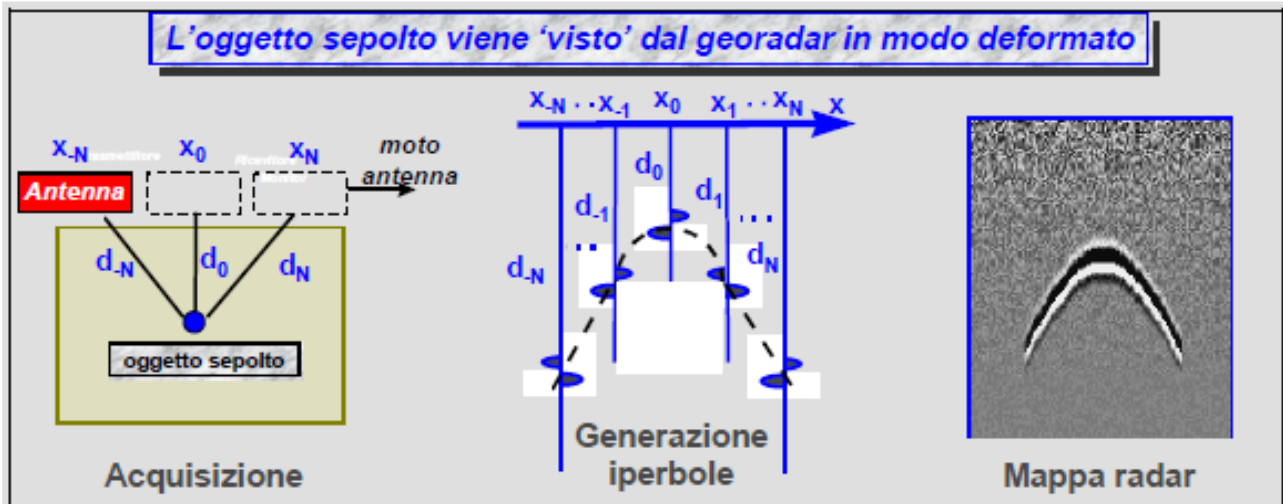


Figura 3 - Principio di funzionamento georadar (IDS)

Dalla misura dei tempi di viaggio degli impulsi, se la velocità di propagazione dei mezzi è nota, la profondità delle superfici e/o dei target può essere stimata in maniera accurata.

La misura della profondità della discontinuità ove si genera data riflessione è valutata in funzione della velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche nel mezzo considerato e del tempo di andata e ritorno del segnale (TOF). Poiché solo una parte dell'energia incidente su una discontinuità è riflessa, mentre la porzione rimanente viene trasmessa, gli impulsi radar consentono di mettere in evidenza anche orizzonti più profondi.

Le onde attraversano il mezzo investigato con una velocità che è funzione delle caratteristiche fisiche del materiale (densità, conducibilità, porosità, etc.). Al variare delle caratteristiche del mezzo varia la velocità di propagazione delle onde, governata da proprietà come la costante dielettrica e dall'attenuazione. Pertanto tutte le interfacce possono essere individuate in modo tanto più certo quanto più alto è il contrasto tra le proprietà fisiche.

Le caratteristiche fisiche del mezzo indagato che condizionano la trasmissione dei segnali sono essenzialmente la permeabilità dielettrica ϵ e la permeabilità magnetica μ . Se indichiamo con ϵ_0

la permeabilità dielettrica del vuoto e con μ_0 la permeabilità magnetica del vuoto, il rapporto ϵ/ϵ_0 prende il nome di costante dielettrica relativa ϵ_r , mentre il rapporto μ/μ_0 prende il nome di permeabilità magnetica relativa μ_r . La costante dielettrica relativa è un parametro che indica la tendenza di un materiale ad immagazzinare e rilasciare energia elettromagnetica quando si trova immerso in un campo elettromagnetico. La permeabilità magnetica relativa è un parametro che indica la propensione di un mezzo a magnetizzarsi quando è immerso in un campo magnetico. La conoscenza di questi due parametri può essere importante per conoscere sia la profondità di investigazione che quella alla quale sono situati eventuali target.

Infatti, la velocità delle onde elettromagnetiche è legata ai due parametri secondo la relazione:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}}$$

dove c è la velocità della luce nel vuoto ($3 \cdot 10^8$ m/s).

Considerando che la permeabilità magnetica relativa dei mezzi è approssimata a circa 1, la relazione precedente diventa:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

Nella tabella 1 vengono riportati i valori indicativi delle costanti dielettriche di alcuni materiali ed i relativi valori di velocità delle onde elettromagnetiche.

<i>Materiale</i>	<i>ϵ_r</i>	<i>V (m/ns)</i>
<i>Aria</i>	1	0.300
<i>Sabbia</i>	2.5-6	0.120-0.190
<i>Sabbia (satura)</i>	25-30	0.055-0.060
<i>Limo</i>	2.5	0.190
<i>Argilla</i>	2.5	0.190
<i>Calcare</i>	7	0.115
<i>Asfalto</i>	3-5	0.134-0.173
<i>Cemento</i>	6-30	0.055-0.112
<i>Ghiaccio</i>	2-4	0.150
<i>Granito</i>	5-7	0.135

Acqua marina	81	0.033
--------------	----	-------

Tabella 1 - Costante dielettrica e velocità di propagazione delle onde di alcuni materiali

Un'altra proprietà fisica che influenza l'intensità del segnale è l'attenuazione, definita come la diminuzione dell'intensità di segnale per unità di lunghezza percorsa all'interno del mezzo. L'attenuazione, espressa in dB/m, rappresenta una funzione complessa delle proprietà elettriche e dielettriche del mezzo attraversato. In particolare possiamo dire che l'energia trasmessa dall'antenna viene attenuata durante il suo percorso, in base alla conducibilità dei materiali (elevati valori di conducibilità implicano una maggiore attenuazione). Valori elevati di attenuazione si avranno per materiali come: acqua, argilla, limi etc., caratterizzati da elevati valori di conducibilità elettrica.

Bisogna tener presente che la massima profondità investigata dipende dalle caratteristiche del mezzo indagato; ma anche dalla frequenza delle antenne utilizzate; ad esempio il contenuto d'acqua e le proprietà fisiche incidono sul comportamento dielettrico del mezzo, mentre la frequenza incide sul rapporto risoluzione/profondità. In particolare con alte frequenze avremo un'alta risoluzione ed una minor penetrazione e viceversa. Le frequenze utilizzate generalmente variano da 100 MHz ed i 2000 MHz in base all'intervento da effettuare.

La restituzione dei dati avviene attraverso l'unione di tutte le scansioni registrate. Il risultato è quello di un unico diagramma distanza-profondità (x-z), denominato radargramma.

3. Strumentazione usata

La realizzazione del rilievo è stata effettuata attraverso l'utilizzo di una strumentazione del tipo OPERA DUO della IDS Corporation.



Figura 4 - Strumentazione utilizzata - Opera Duo IDS versione due ruote

Di seguito sono riportate le caratteristiche tecniche del sistema:

Specifiche del Sistema

Peso Totale (esclusi PC e batteria)	24 kg (due ruote)
Max Velocità di Acquisizione	> 10kph (6 mph)
Consumo	13.3 W
Posizionamento	n° 2 encoder integrati
Velocità di Scansione per Canale (@512 camp/scan.)	381 scansioni /sec.
Intervallo Scansione	42 scansioni/min
Alimentazione	Batteria SLA 12 Vcc 12 Ah

Specifiche Antenna

Protezione	IP65
Impronta Antenna	40 x 50 cm
Canali Hardware	2
Frequenze Centrali Antenne	250 MHz e 600 MHz
Orientamento Antenna	Perpendicolare, laterale
Frequenza di Campionamento	400 KHz

Tabella 2 - Specifiche tecniche

Tale strumento presenta un'unità di controllo principale, in configurazione monostatica/multifrequenza, alimentata da una batteria, ricaricabile che consente una maggiore praticità, a cui sono collegate le antenne con frequenze di 250 e 700 MHz con capacità teorica di penetrazione, rispettivamente, di -4.00 m e -2.00 m dal p.c.

La disposizione monostatica a doppia frequenza permette di ottenere informazioni più dettagliate in superficie con elevata risoluzione (Figura 5).

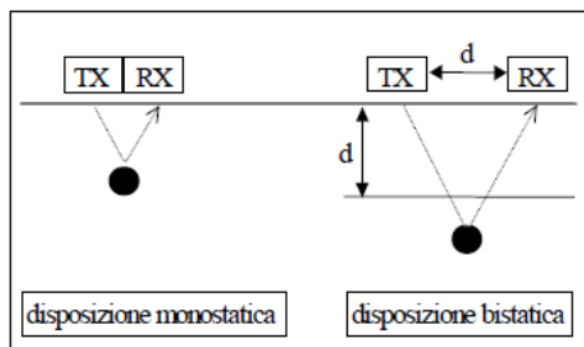


Figura 5 - Disposizione delle antenne

Le antenne utilizzate, in configurazione monostatica, sono caratterizzate da una frequenza centrale rispettivamente di 250 e 700 MHz (Figura 6).

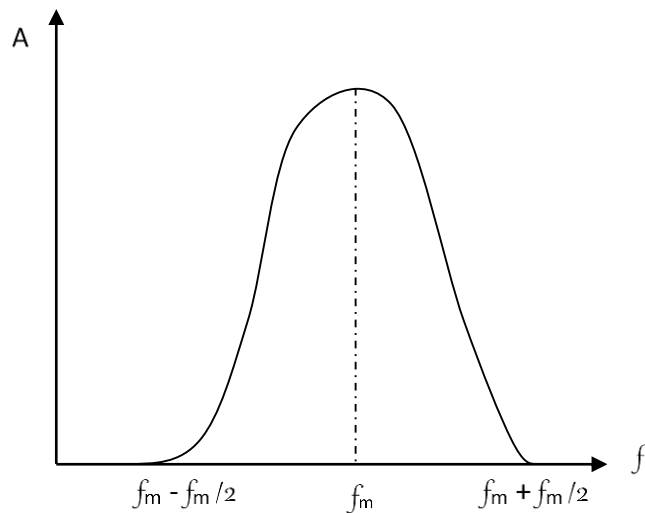


Figura 6 - spettro di frequenza di una generica antenna nel vuoto. La frequenza centrale f_m corrispondente al picco massimo dello spettro, si annulla in corrispondenza di una frequenza compresa tra $- / + \frac{1}{2}$ di f_m

Secondo lo spettro, quindi, i trasduttori di frequenza centrale pari a 250 e 700 MHz, sono capaci, nel vuoto, di acquisire in un intervallo compreso tra circa 100 MHz e 300 MHz per una frequenza centrale di 250 MHz e di circa 350 MHz e 1050 MHz per una frequenza centrale di 700 MHz. Infine, i dati acquisiti vengono visualizzati direttamente su uno schermo ad alta risoluzione di un pc portatile, mediante il quale è possibile avere, in tempo reale, la visualizzazione dei radargrammi ed il controllo del segnale per il processing dei dati.

4. Acquisizione e processing dei dati

4.1 Fase di acquisizione dati

Come descritto precedentemente, il rilievo è stato eseguito utilizzando delle antenne a medio-alta frequenza (250-700 MHz), che ha permesso di investigare, considerando i terreni interessati, i primi 2.50 metri di profondità dal p.c. con una discreta risoluzione.

La configurazione del sistema impiegata, tenendo in considerazione la presenza dei materiali nell'area oggetto di studio, è stata ottimizzata direttamente in sito, in considerazione dell'obiettivo specifico dell'indagine.

Nel caso in esame è stata utilizzata la configurazione monostatica/multifrequenza: le antenne fungono contemporaneamente da trasmettitori (Tx) e ricevitori (Rx) avendo quindi una registrazione in continuo.

I dati sono stati acquisiti utilizzando il software IDS uNext che consente di visualizzare, nell'immediato, una scansione 2D del tracciato percorso e registrati tramite l'ausilio del GNSS Geomax Zenith 40.



Le impostazioni utilizzate ai fini dell'acquisizione sono state le seguenti:

- Trasduttori: 250 - 700 MHz
- Velocità di campionamento: 381 scan/sec;
- Risoluzione: 42 scans/m;
- Convertitore A/D: 512 campioni/scan;
- Range nominale: 80 ns

4.2 Fase di elaborazione dati

L'elaborazione dei dati è stata effettuata in sito, tramite l'applicazione di filtri automatici (utilizzo di algoritmi) utili per incrementare il rapporto segnale/rumore, per evidenziare target profondi, equalizzare il segnale e rimuovere interferenze causate dall'interazione antenne-terreno. Ogni radargramma, è stato analizzato al fine di identificare i bersagli presenti nel sottosuolo e ricondurli a possibili sottoservizi presenti nel sottosuolo.

5. Analisi descrittiva dei risultati ottenuti

In relazione all'attività di interpretazione dei radargrammi, riportati negli allegati, si fanno presenti alcune osservazioni:

- Un caso ideale (alto coefficiente di riflessione) si ha quando un corpo cilindrico è intercettato con un angolo di 90° rispetto alla direzione del profilo radar. Tale simmetria circolare (fig.7) può essere ben più visibile con un’anomalia amplificata dai fenomeni di diffrazione connessi alla simmetria del bersaglio;

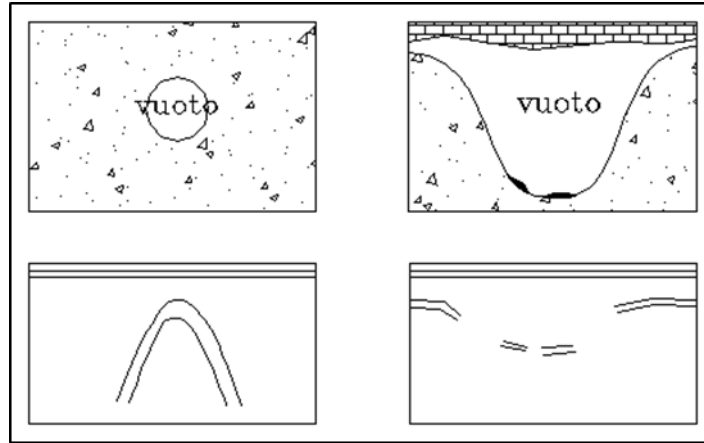


Figura 7 - Esempio di anomalie tipiche in presenza di sottoservizi e vuoti

- Le profondità interpretate possono differire localmente da quelle reali, circa ± 15 cm, a seguito di variazioni delle caratteristiche fisiche del mezzo investigato (per esempio a causa della presenza di vuoti e/o di zone umide);
- La risoluzione verticale del sistema non permette di discernere, come entità distinte, discontinuità separate da distanze minori al limite di risoluzione dell’antenna utilizzata per il rilievo;
- Il rilievo georadar considera la superficie del terreno perfettamente piana e di conseguenza le eventuali ondulazioni superficiali vengono trasferite sui livelli sottostanti;
- La presenza di strutture ad alta riflessività (elevato contrasto dielettrico con il mezzo circostante) inficia la capacità delle onde elettromagnetiche di propagarsi nel mezzo sottostante e pertanto potrebbe “mascherare” eventuali anomalie.



Figura 8 - Ordinanza in atto e sosta delle auto che hanno, in alcuni casi, reso impossibile l'indagine in quei tratti

Negli allegati a tal rapporto tecnico si riportano i sottoservizi rilevati. Per tali target è stato possibile discriminare, ove possibile, la natura e la tipologia. Infine, per essi è stata effettuata una stima dei diametri.

- Rete Fognaria: Sottoservizio localizzato generalmente ad una profondità > 150 cm dal p.c. Dall'analisi dei dati si evince una tipologia di struttura con una larghezza stimata di 1000 mm.
- Rete idrica: Sottoservizio localizzato generalmente ad una profondità tra i 70 e i 150 cm dal p.c. Si presenta di natura metallica con un diametro stimato di 80-160 mm.
- Rete elettrica (Enel/elettrica): Sottoservizio localizzato generalmente ad una profondità tra i 70 e i 150 cm dal p.c. Si stima un diametro di 200-350 mm.
- Rete Siptel: Sottoservizio localizzato generalmente ad una profondità tra i 25 e i 50 cm dal p.c. Si stima un diametro di 30-60 mm.
- Rete Pubblica illuminazione: Sottoservizio localizzato generalmente ad una profondità tra i 20 e i 40 cm dal p.c. Si tratta di tubi currogati con tirafilo per la posa di cavi elettrici aventi un diametro di 8-12 cm.

6. Conclusioni

La presente relazione è stata prodotta al fine di investigare i terreni e individuare anomalie riconducibili alla presenza di sottoservizi superficiali presenti nel sottosuolo nel territorio comunale di Avellino (AV) nei pressi di Via Tedesco come da figura 2.

L'indagine indiretta effettuata in situ con la strumentazione OPERA DUO della IDS Corporation, mediante l'utilizzo di antenne a medio-alta frequenza (250-600 MHz), ha consentito di individuare ed identificare delle anomalie presenti nel sottosuolo riconducibili a tubazioni ricavandone la posizione con rispettive profondità e successivamente di redigere una cartografia.

Nelle aree indagate le condizioni litologiche dei terreni e le interferenze presenti hanno permesso di indagare il sottosuolo fino ad una profondità massima di circa -2.50 metri dal p.c. al di sotto di tale profondità il segnale elettromagnetico risulta maggiormente attenuato. Si consiglia di effettuare indagini dirette, per validare quanto esposto in tal elaborato tecnico.

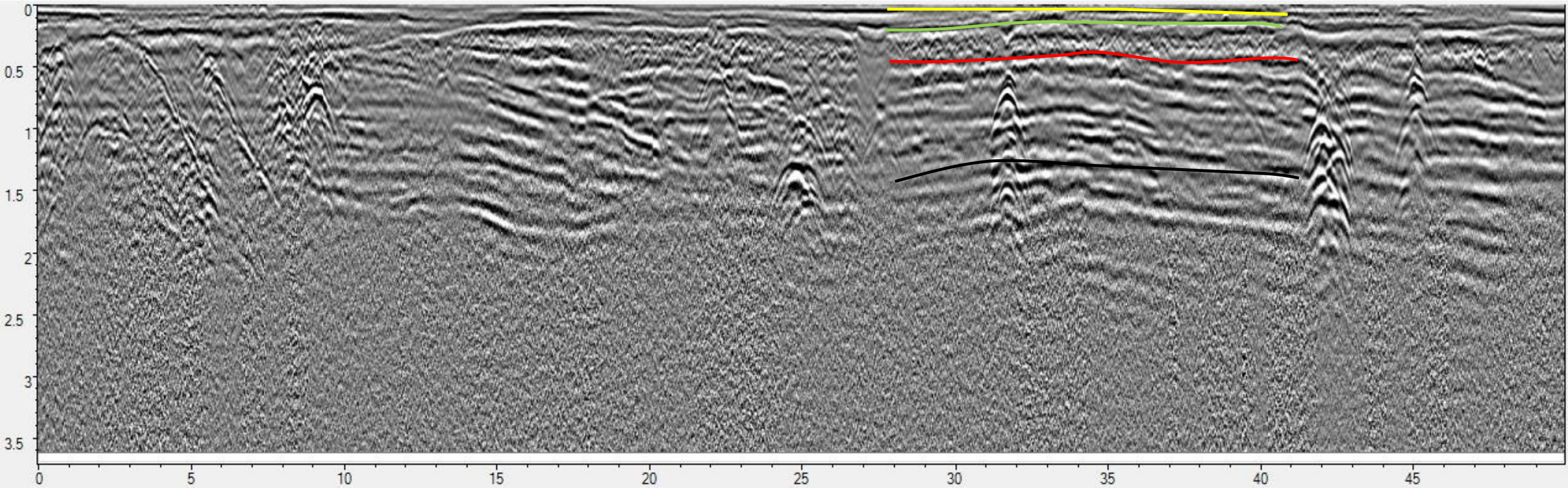
Preliminarmente al progetto esecutivo, sarà disposta un'ulteriore campagna di indagini maggiormente approfondita.

ALLEGATO 2 – SCHEDA RADARGRAMMI ACQUISITI (600 MHz) – PROFILO RADAR “GR-1”



Il Radargramma longitudinale 2D acquisito nella parte centrale della carreggiata (linea gialla localizzata sull’ortofoto), mostra la presenza di riflessioni sub-orizzontali connesse a discontinuità orizzontali, quali variazioni litologiche. Nello specifico si riconosce la seguente sequenza: un conglomerato bituminoso con spessore medio di circa 6 cm (linea gialla sul radargramma) una base sottostante, stabilizzato, con spessore medio di circa 22 cm (linea verde sul radargramma) e una fondazione legata (misto granulare) con spessori medio di circa 22-24 cm (linea rossa sul radargramma).

Il radargramma filtrato mostra un andamento degli spessori non costante lungo tutto il tratto a causa della presenza di numerose interferenze che mascherano le riflessioni sub-orizzontali.

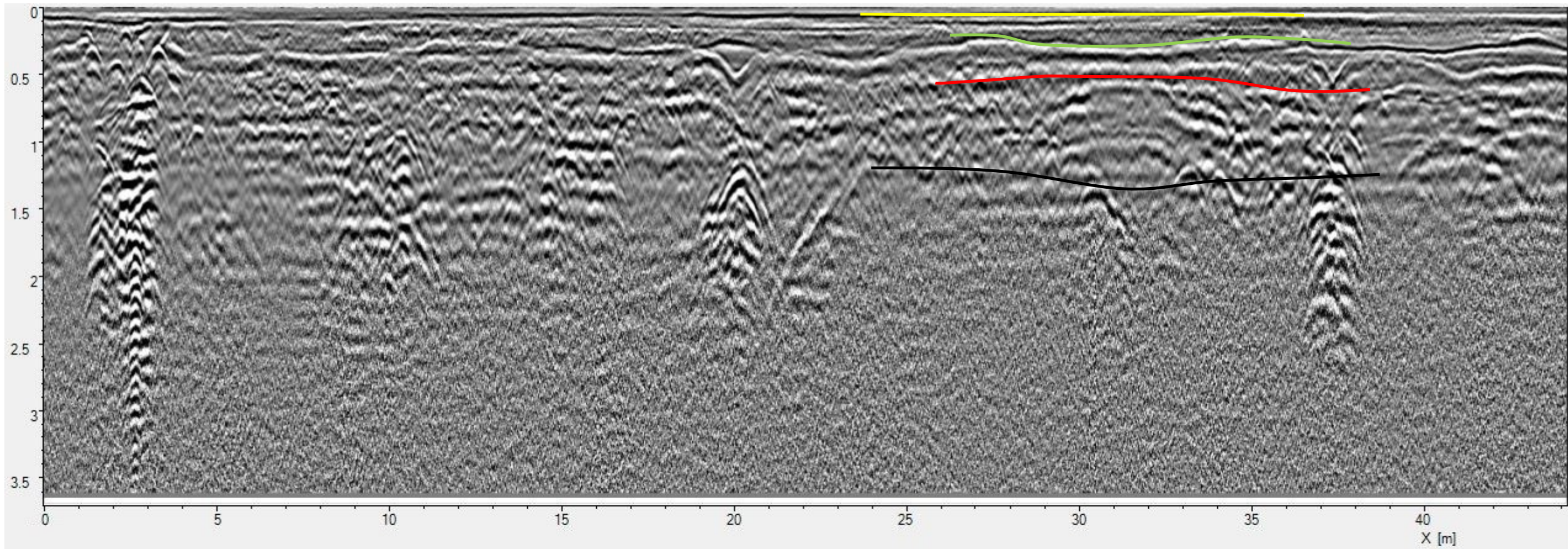


Note:

ALLEGATO 2 – SCHEDA RADARGRAMMI ACQUISITI (600 MHz) – PROFILO RADAR “GR-2”



Il Radargramma longitudinale 2D acquisito nella parte centrale della carreggiata (linea gialla localizzata sull’ortofoto), mostra la presenza di riflessioni sub-orizzontali connesse a discontinuità orizzontali, quali variazioni litologiche. Nello specifico si riconosce la seguente sequenza: un conglomerato bituminoso con spessore medio di circa 7 cm (linea gialla sul radargramma) una base sottostante non linear in alcuni tratti, stabilizzato, con spessore medio di circa 20-25 cm (linea verde sul radargramma) e una fondazione legata (misto granulare) con spessore medio di circa 26 cm (linea rossa sul radargramma). Nella parte sottostante si riscontra terreno di riporto.



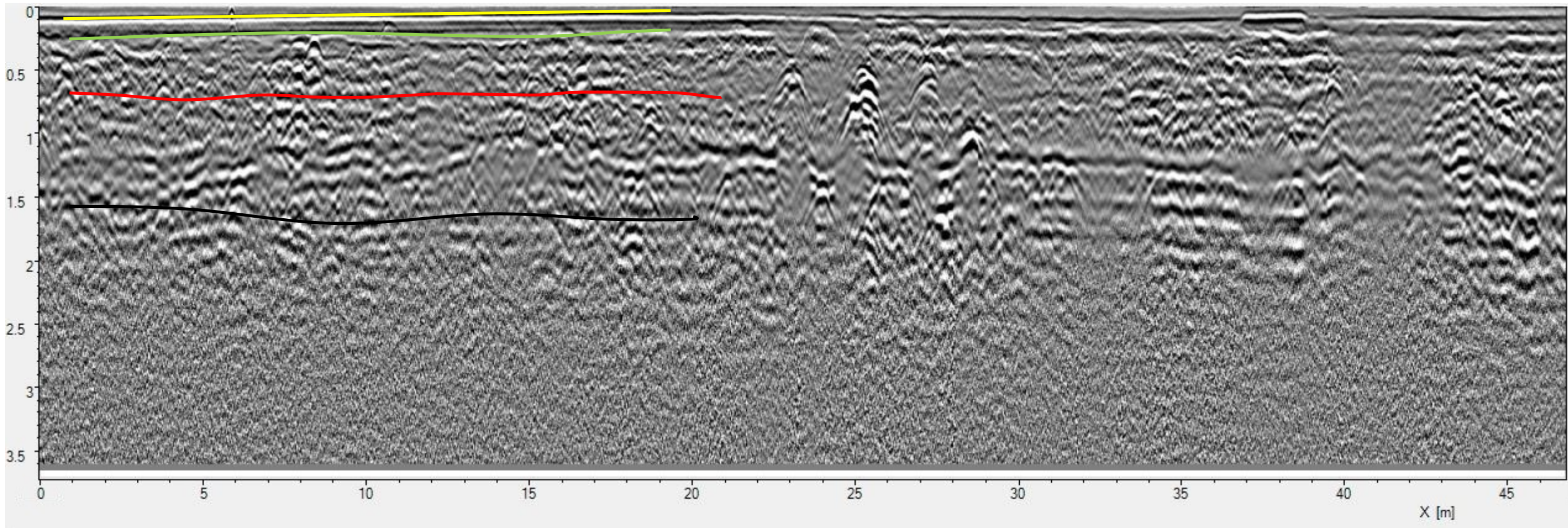
Note:

ALLEGATO 2 – SCHEDA RADARGRAMMI ACQUISITI (600 MHz) – PROFILO RADAR “GR-3”

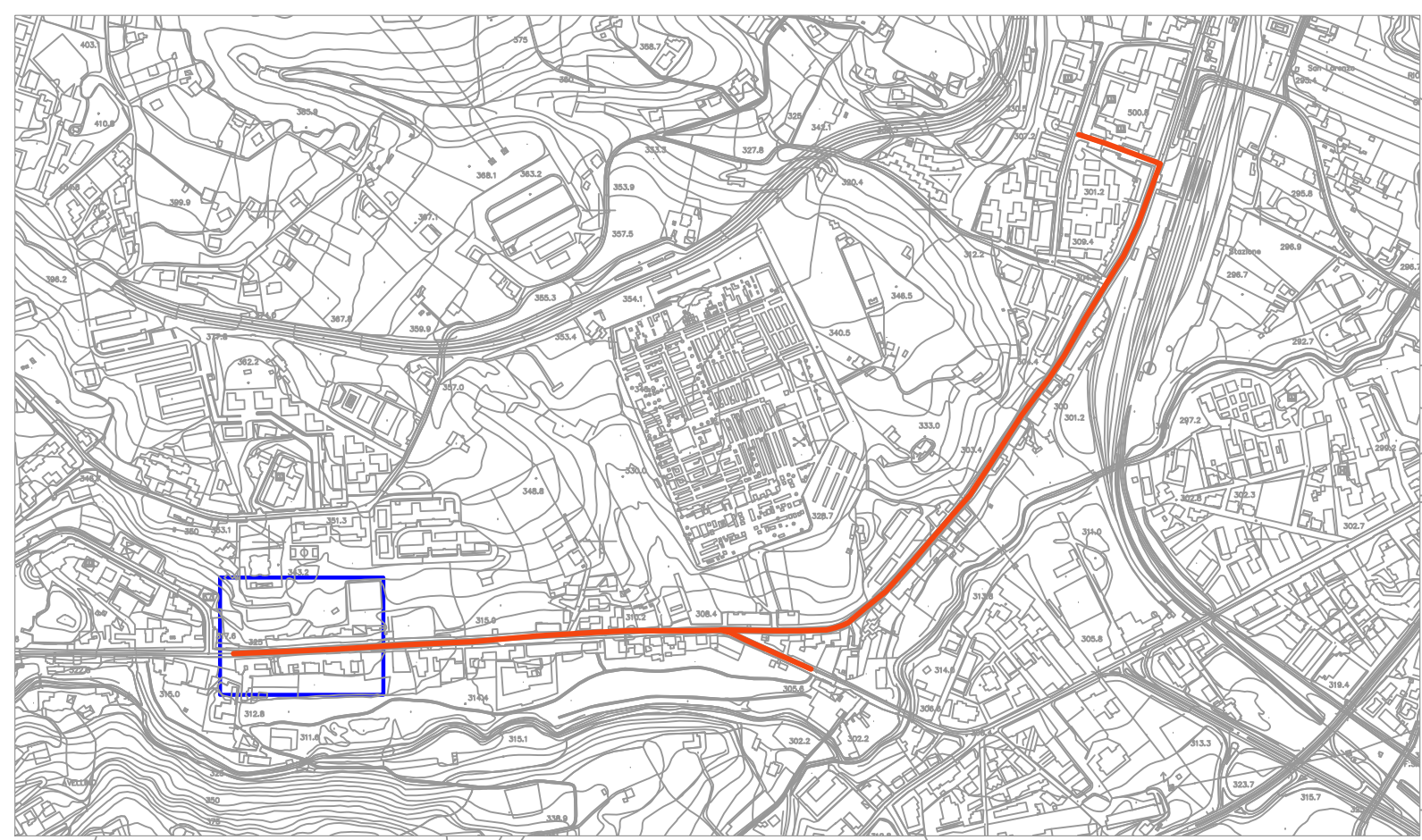


Il Radargramma longitudinale 2D acquisito nella parte a sud della carreggiata (linea gialla localizzata sull'ortofoto), mostra la presenza di riflessioni sub-orizzontali connesse a discontinuità orizzontali, quali variazioni litologiche. Nello specifico si riconosce la seguente sequenza: un conglomerato bituminoso con spessore medio di circa 7-8 cm (linea gialla sul radargramma) una base sottostante, stabilizzata, con spessore medio di circa 24 cm (linea verde sul radargramma) e una fondazione legata (misto granulare) con spessori medio di circa 25-26 cm (linea rossa sul radargramma).

Il radargramma filtrato mostra un andamento degli spessori non costante lungo tutto il tratto a causa della presenza di numerose interferenze che mascherano le riflessioni sub-orizzontali.

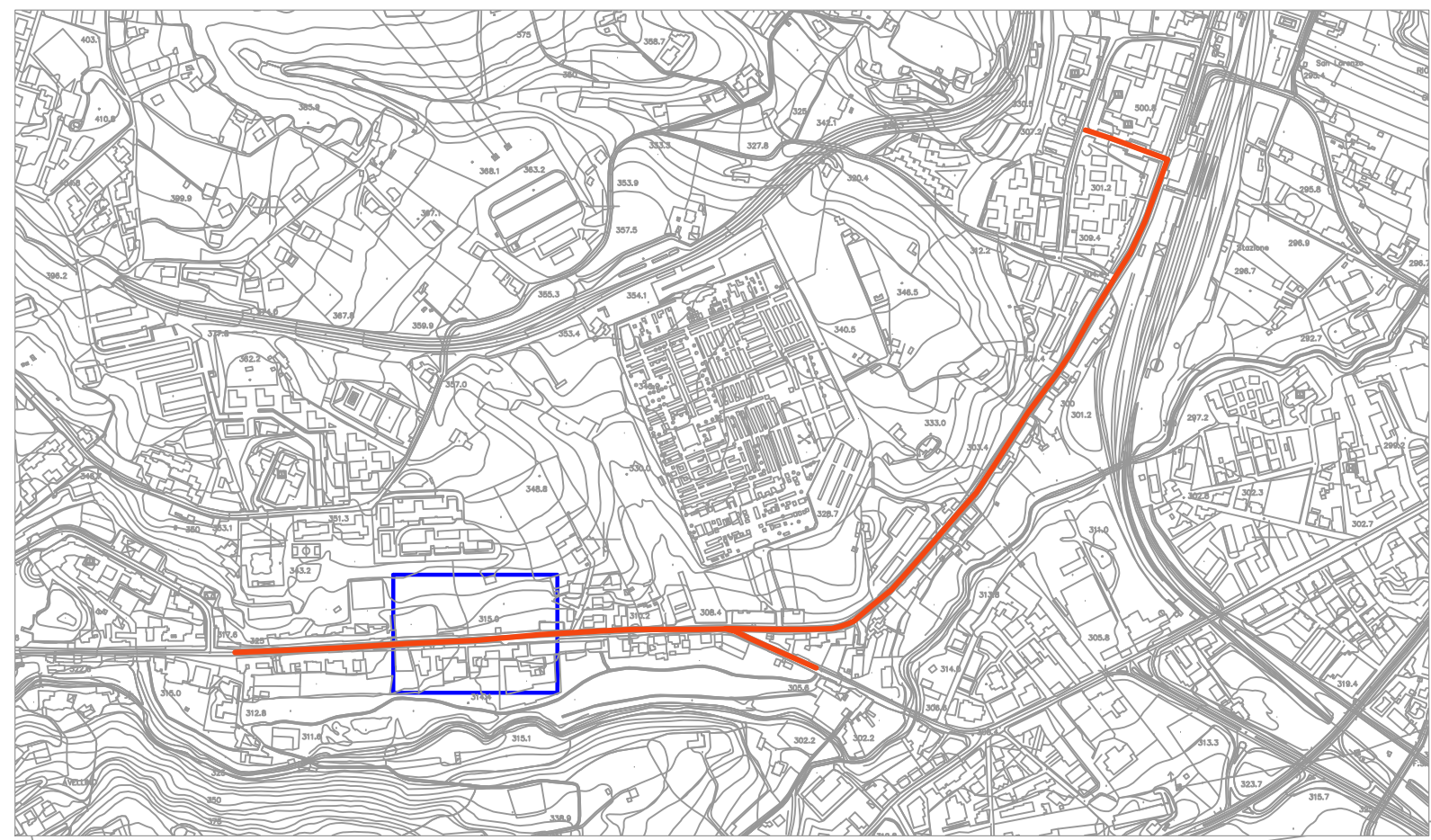


Note:

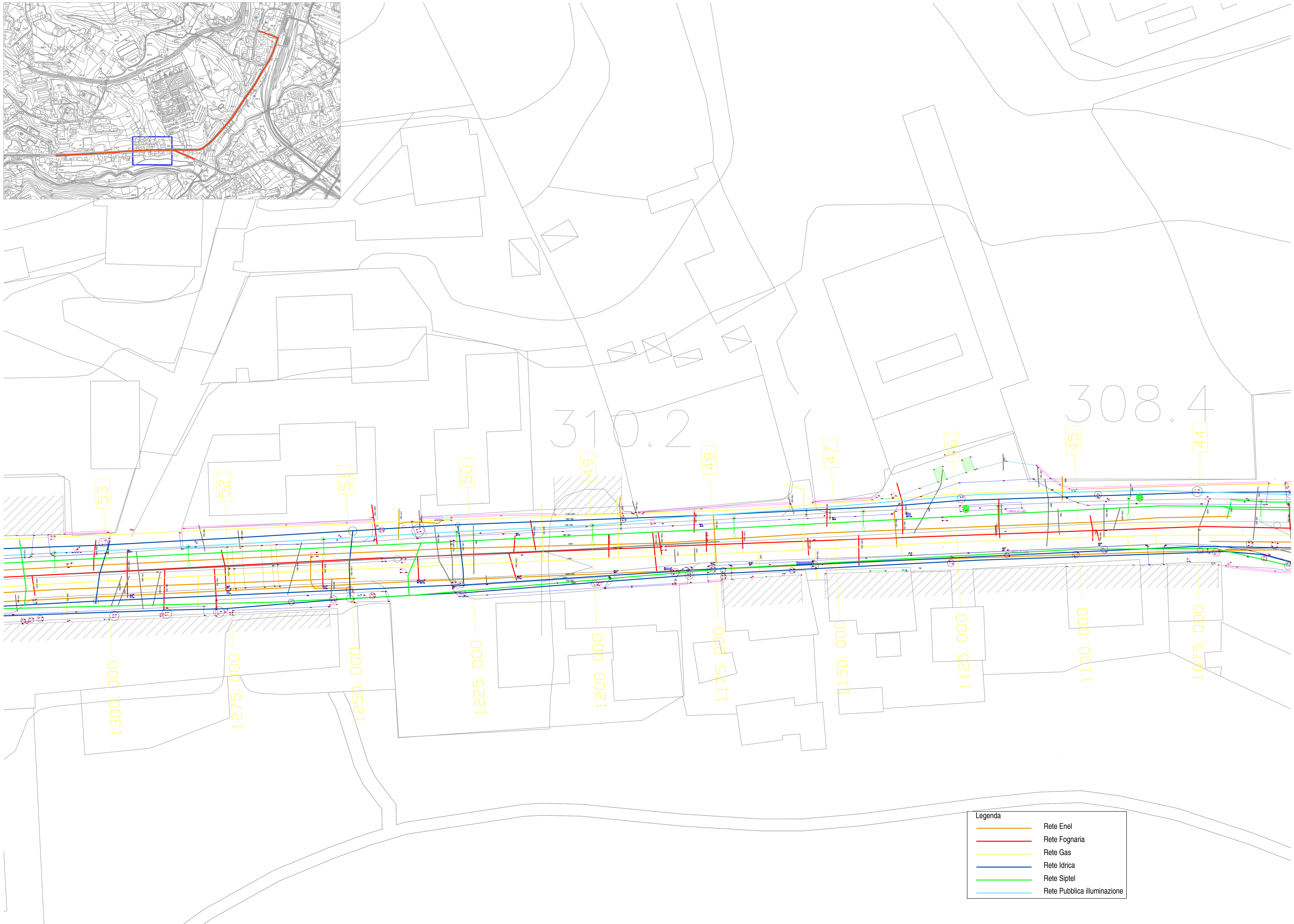
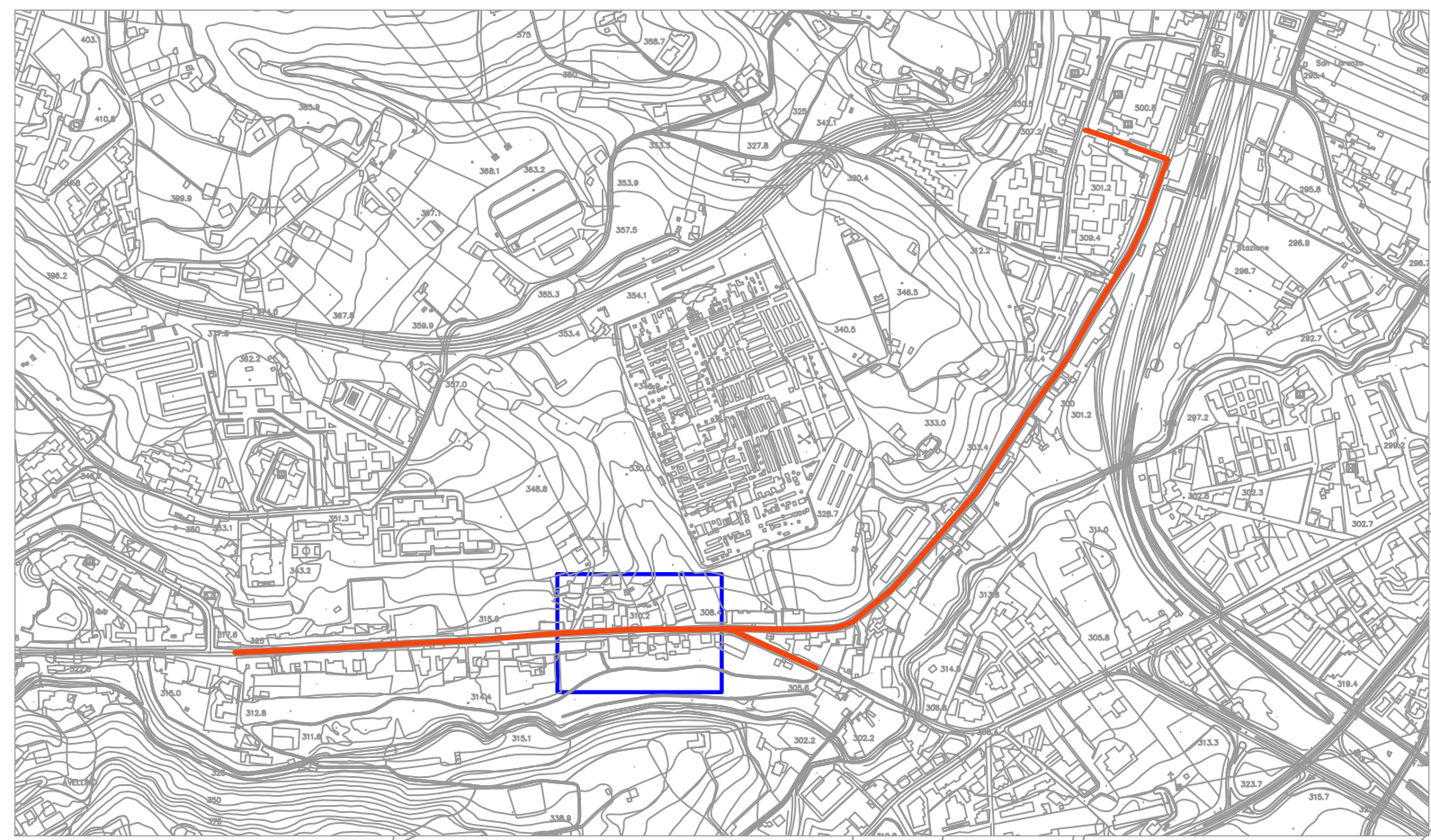


Legenda

	Rete Enel
	Rete Fognaria
	Rete Gas
	Rete Idrica
	Rete Siptel
	Rete Pubblica illuminazione

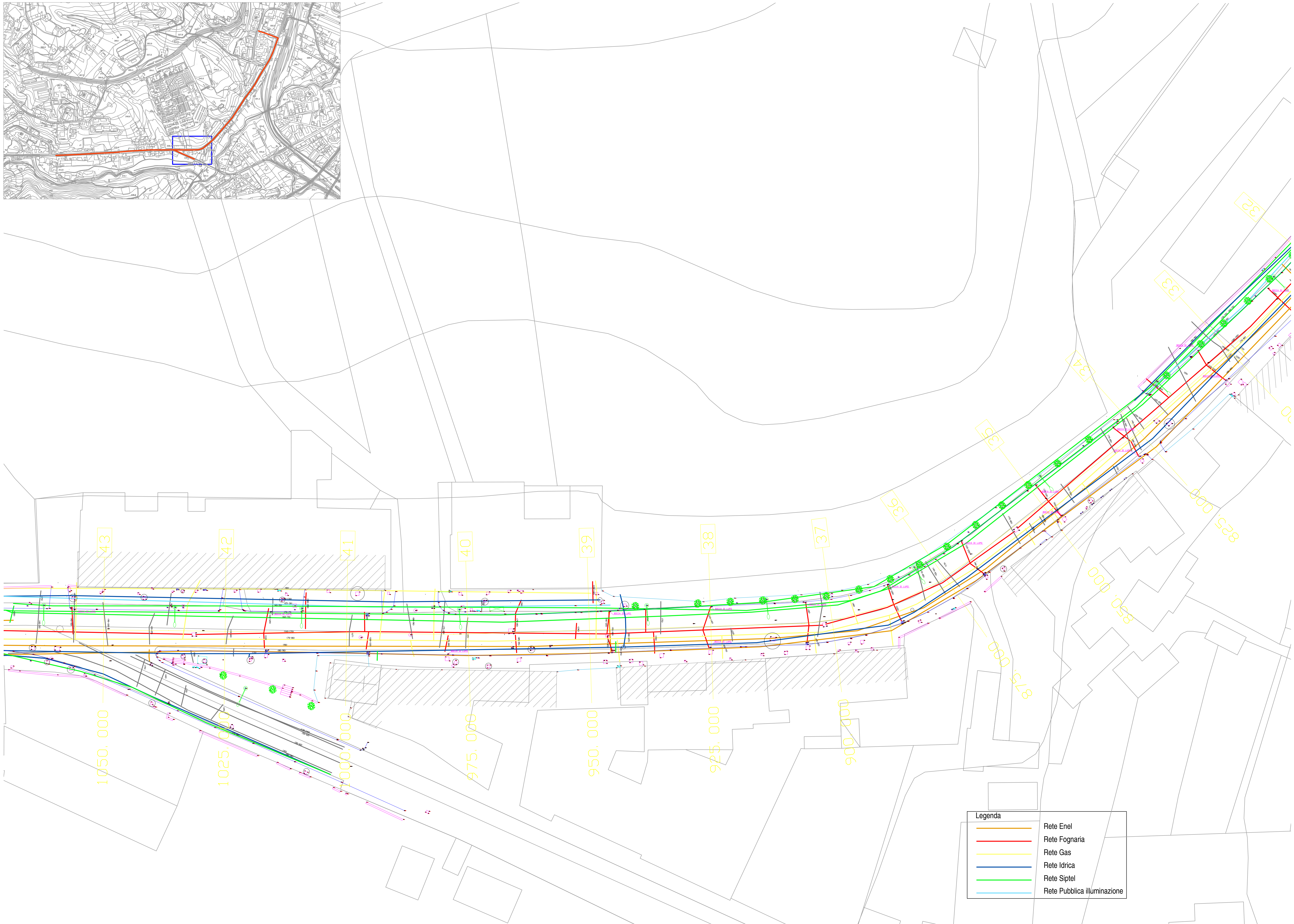
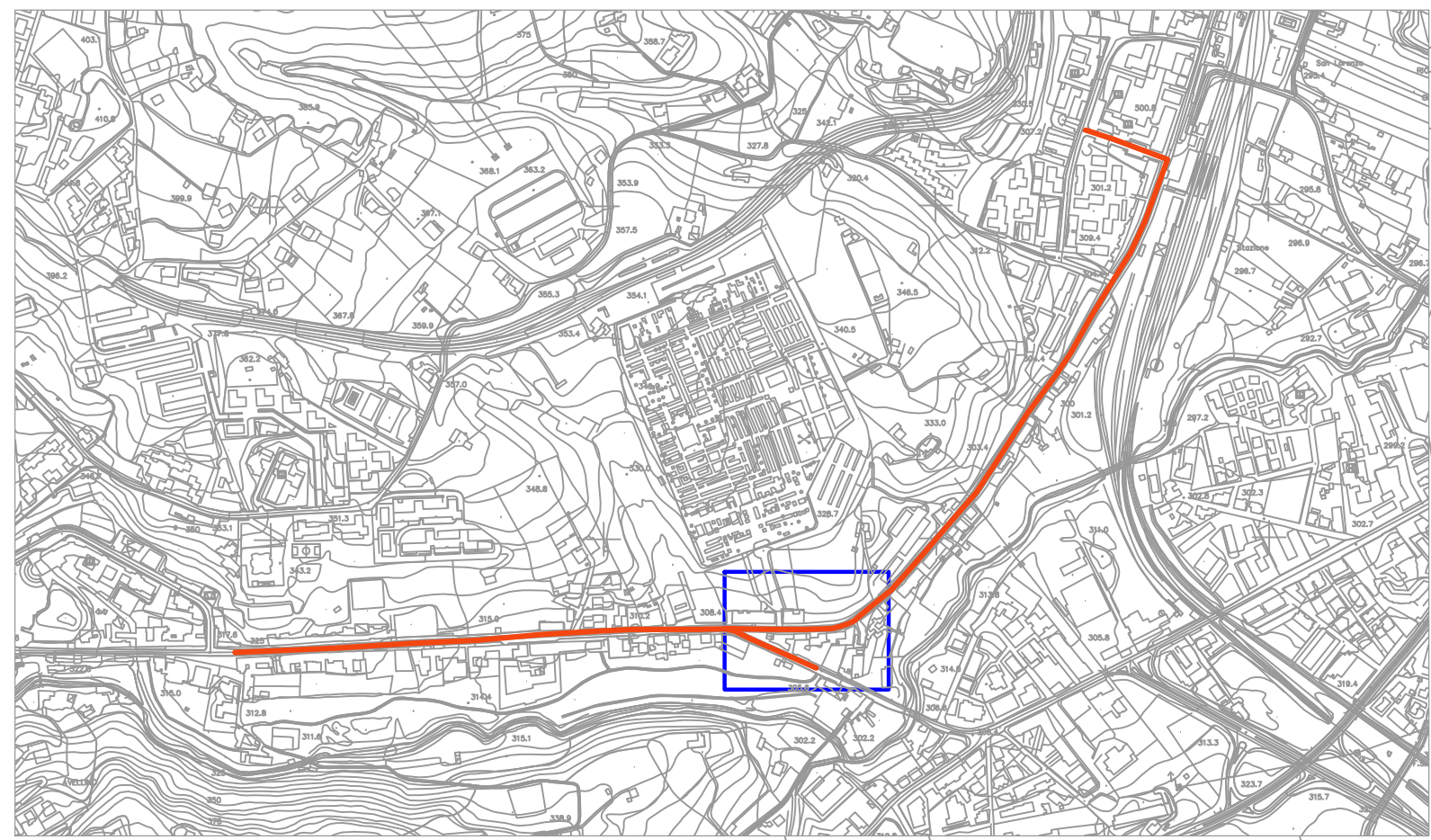


Legenda	
	Rete Enel
	Rete Fognaria
	Rete Gas
	Rete Idrica
	Rete Siptel
	Rete Pubblica illuminazione



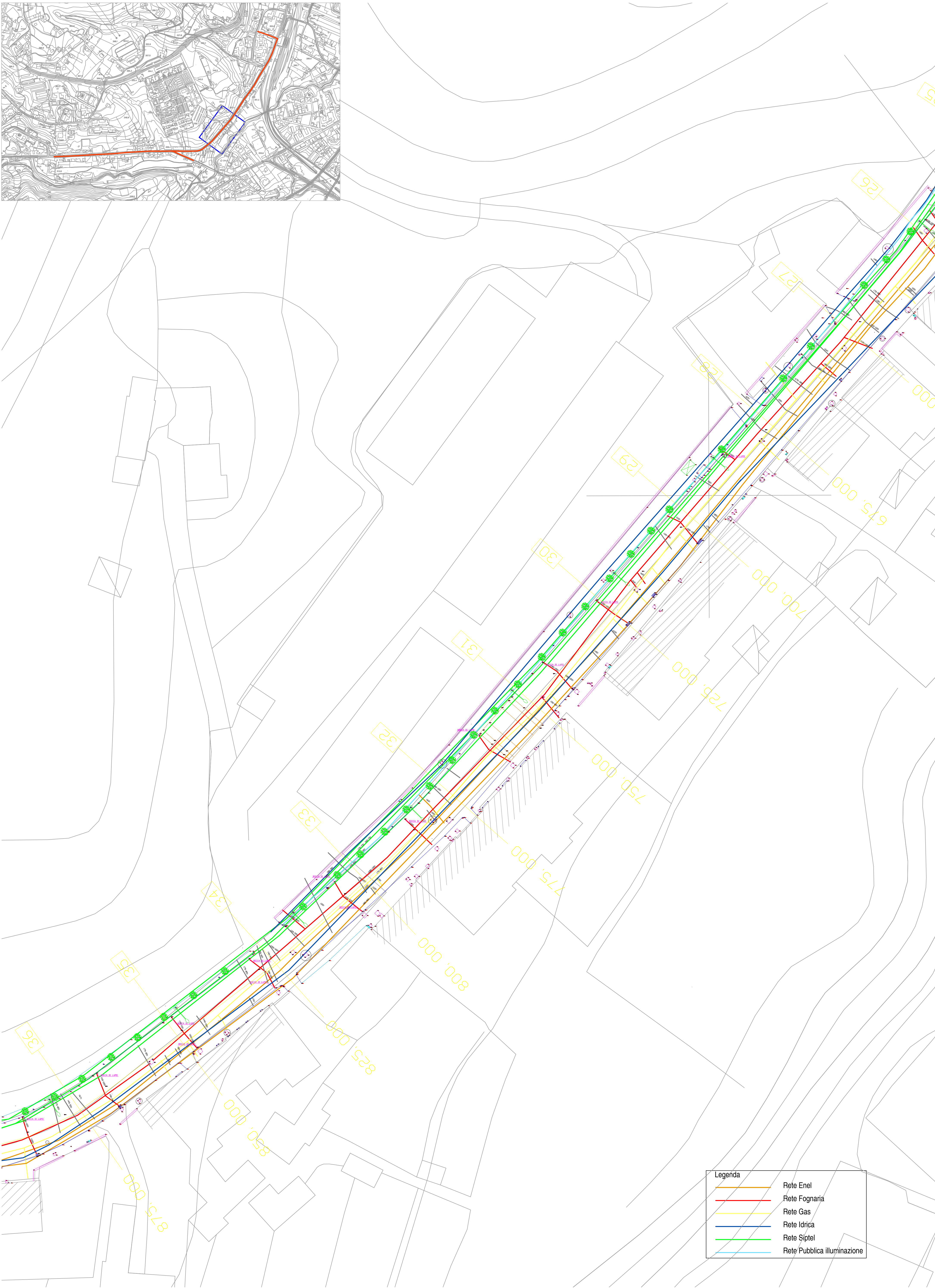
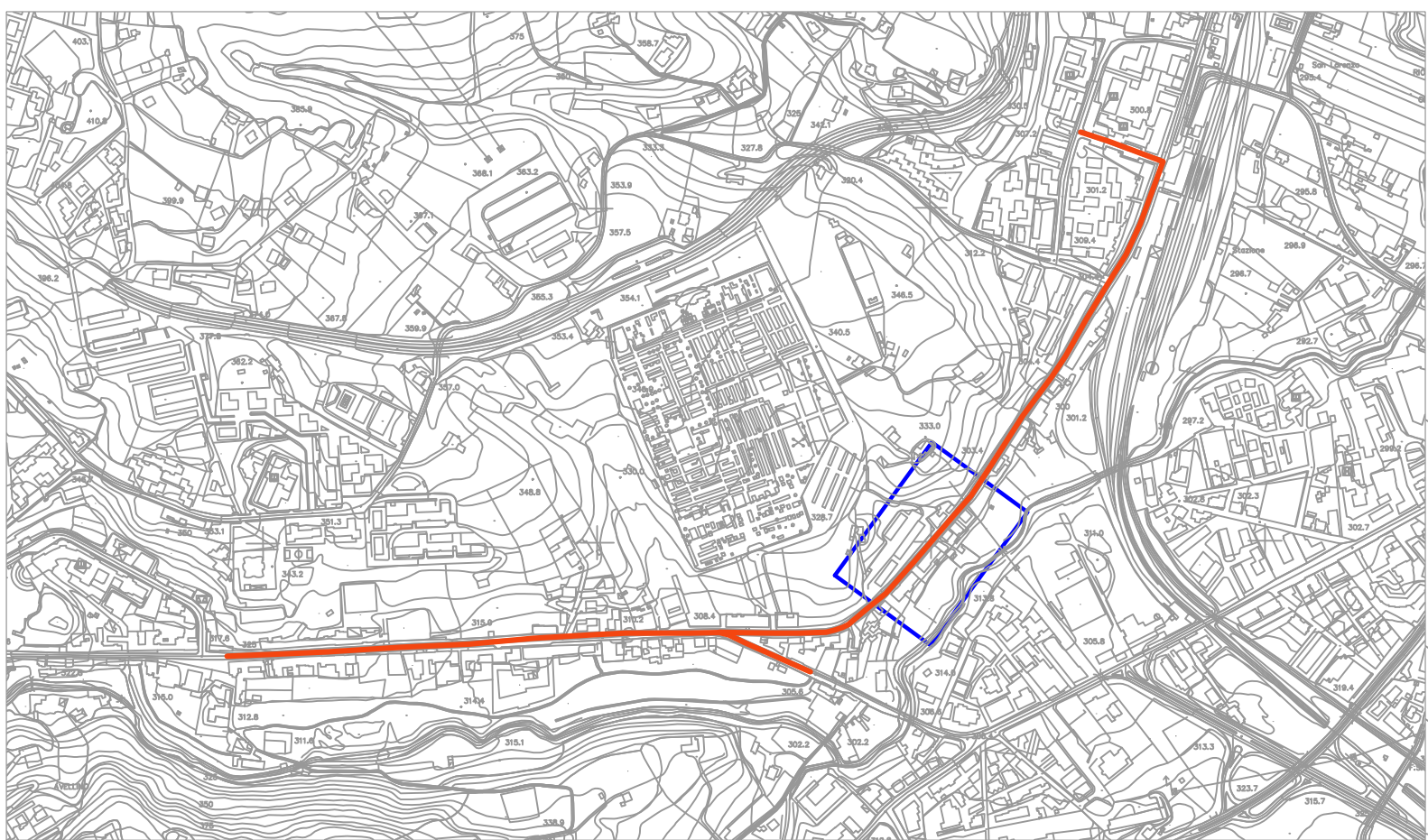
Legenda

—	Rete Enel
—	Rete Fognaria
—	Rete Gas
—	Rete Idrica
—	Rete Siptel
—	Rete Pubblica illuminazione

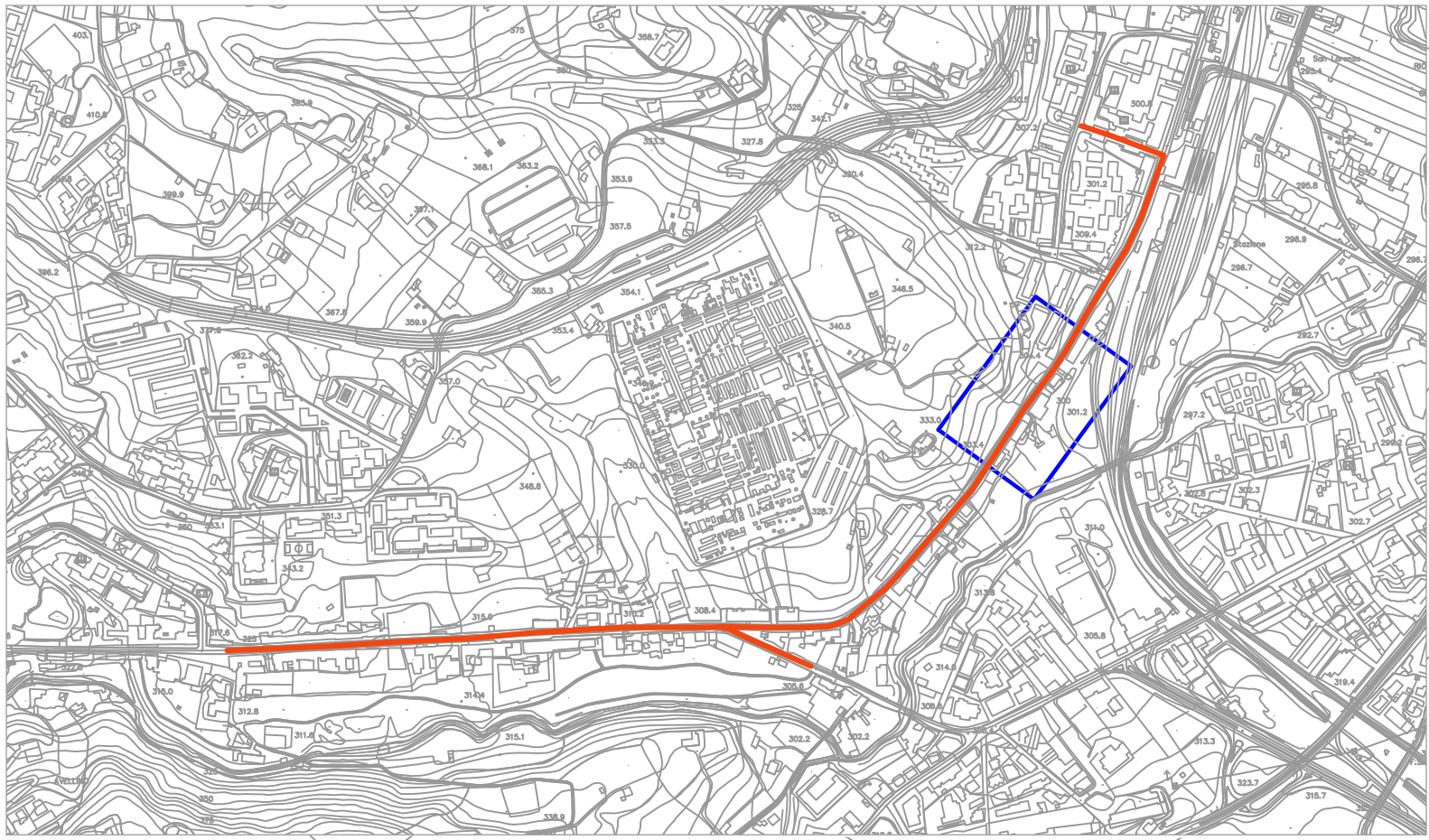


Legenda

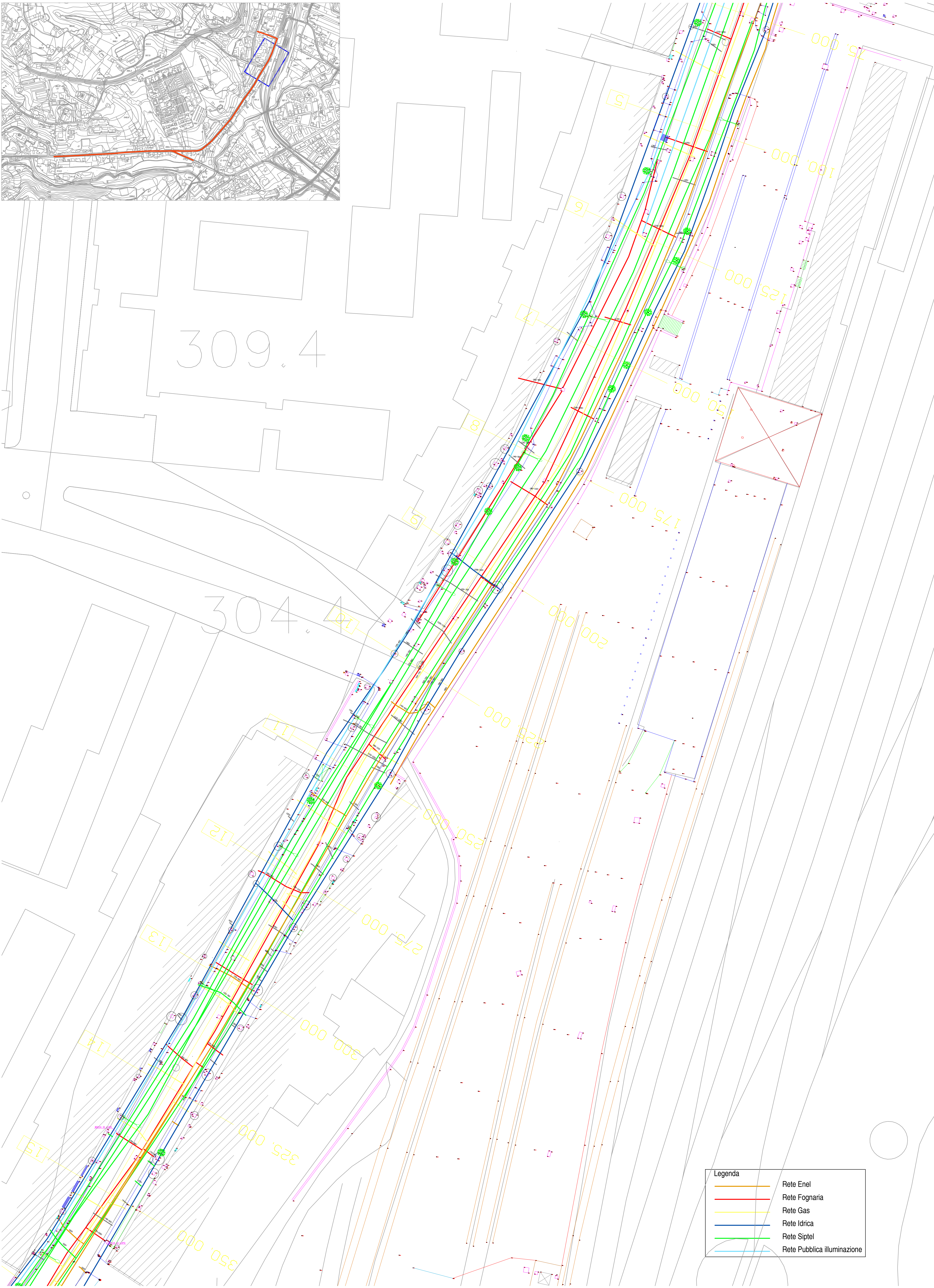
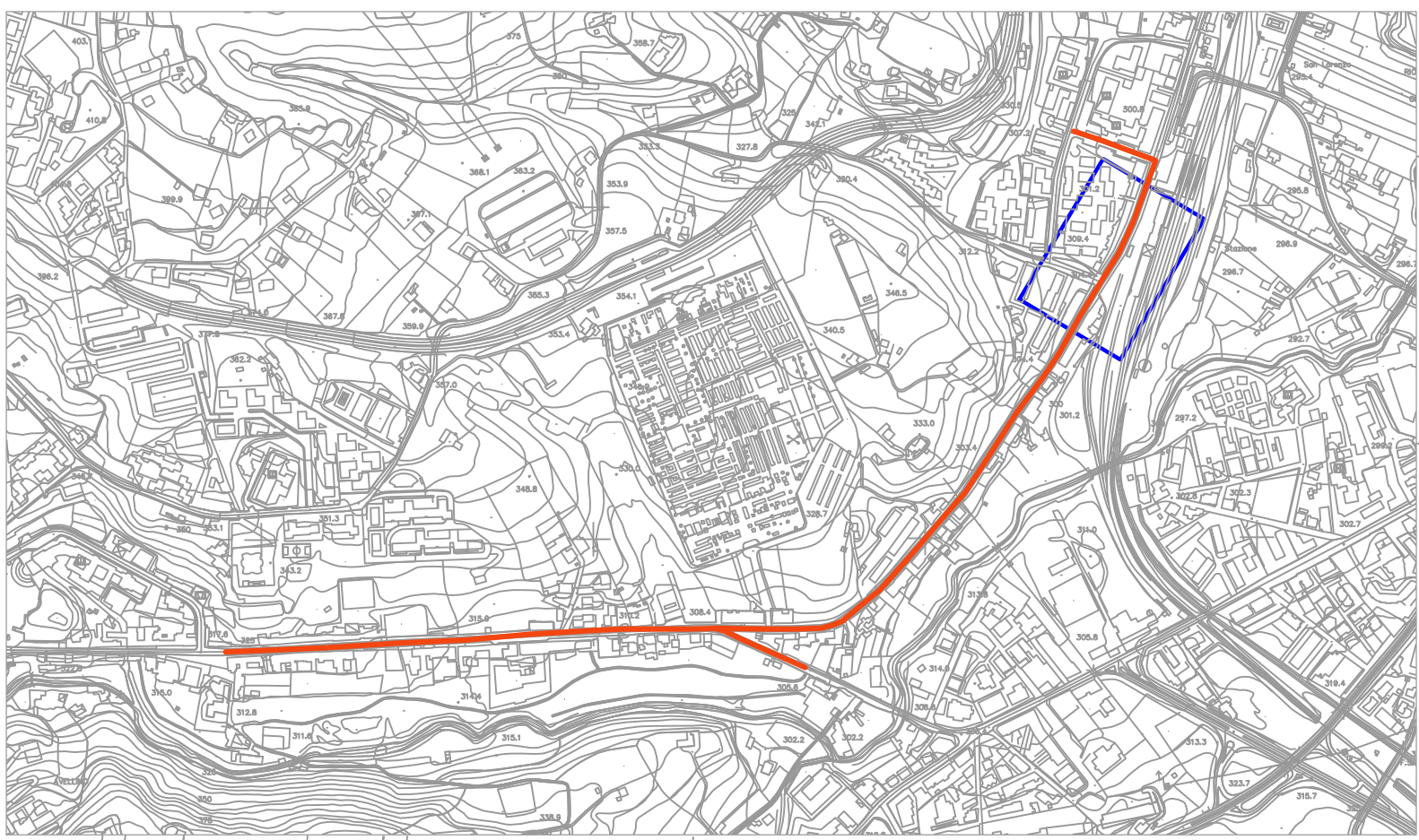
	Rete Enel
	Rete Fognaria
	Rete Gas
	Rete Idrica
	Rete Siptel
	Rete Pubblica illuminazione



Legenda	
	Rete Enel
	Rete Fognaria
	Rete Gas
	Rete Idrica
	Rete Siptel
	Rete Pubblica Illuminazione



Legenda	
—	Rete Enel
—	Rete Fognaria
—	Rete Gas
—	Rete Idrica
—	Rete Siptel
—	Rete Pubblica Illuminazione



Legenda	
	Rete Enel
	Rete Fognaria
	Rete Gas
	Rete Idrica
	Rete Siptel
	Rete Pubblica Illuminazione

