DIFLY
LONG LASTING FLYING

RELAZIONE TECNICA

Indagine strumentale non invasiva per individuazione sottoservizi e anomalie per rischio bellico In località La Spezia (SP)

Rev	Data	Descrizione	Cliente	Pagine
00	05/07/2022	Relazione tecnica indagine strumentale	SafePlant	28 (di cui 18 tavole)

REDATTO	APPROVATO
ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA Dr. Geologo CRISTINA IARABEK n. 982	DIFLY S.R.L
Dott.ssa Cristina Iarabek	Ing. Marco Pesci

Area di rilievo

Il rilievo è stato svolto in località La Spezia (SP), ed è suddivisa in cinque aree distinte denominate “Area 1”, “Area 2”, “Area 3”, “Area 4”, “Area 5”,

Di sotto si riporta, a titolo esemplificativo, una mappa delle aree rilevate

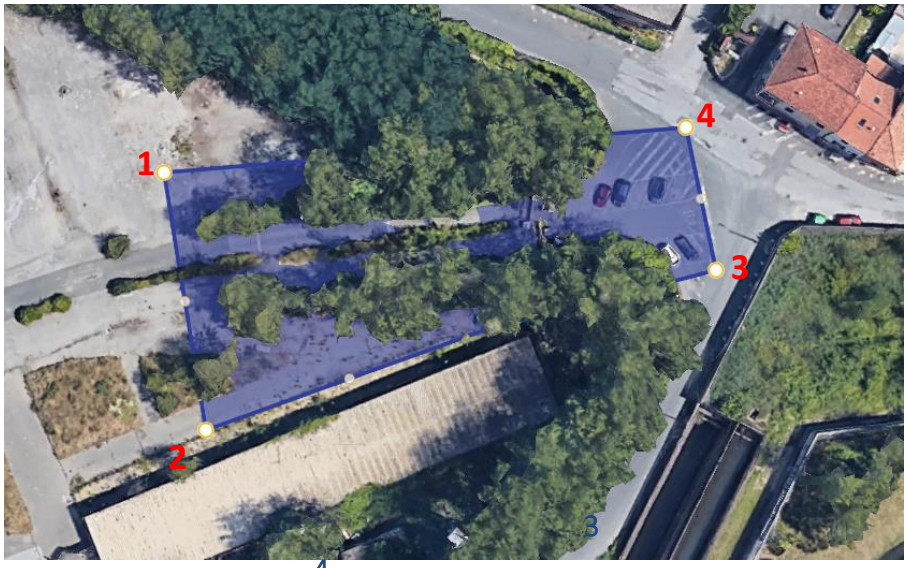


Figura 1 Area di rilievo “Area 1”

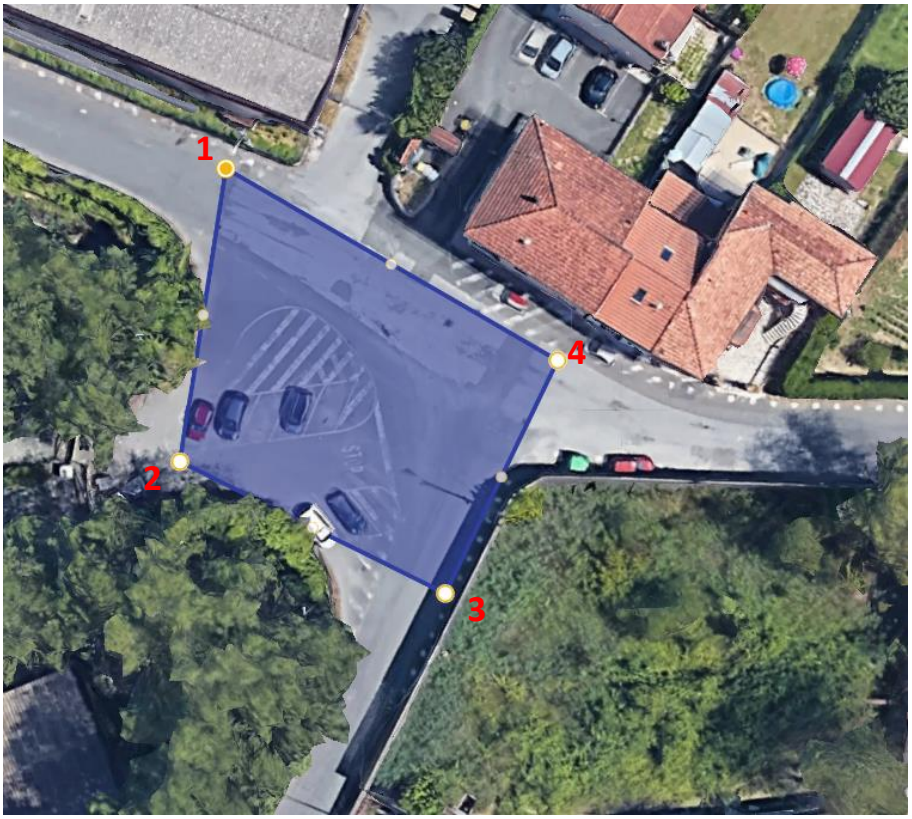


Figura 2 Area di Rilievo "Area 2"



Figura 3 Area di rilievo “Area 3”



Figura 4 Area di rilievo “Area 4”



Figura 5 Area di rilievo "Area 5"

In tavola 1, allegata a questa relazione è rappresentata una visione d'insieme delle aree rilevate.
Di seguito si riportano le coordinate dei vertici delle aree di rilievo in coordinate WGS84 – EPSG4326.
Le coordinate esposte si intendono come centrali al fondo stradale e appartenenti ad una retta perpendicolare all'asse stradale stesso, rappresentante il limite di rilievo

Vertice	Denominazione area	Latitudine	Longitudine	Superficie [ha]
1	Area 1	44.1132804754972	9.8803669834756	0,3
2		44.11293061424534	9.880510305321813	
3		44.11303351482854	9.881083592706664	
4		44.11332724823487	9.881031475671678	
1	Area 2	44.11338524637816	9.881190432628387	0,2
2		44.11313080248788	9.88109662196541	
3		44.11301854748211	9.88137023639909	
4		44.113256153658966	9.881518769948801	
1	Area 3	44.112529074918044	9.88361823496802	0,3
2		44.11238127094446	9.883758950962484	
3		44.11282093990682	9.884678816629995	
4		44.11297622646081	9.88442344315856	
1	Area 4	44.11364157254658	9.878987463478786	1
2		44.112577021532424	9.879581597677632	
3		44.11307281657035	9.880470193123987	
4		44.11333474434489	9.880337294684772	
1	Area 5	44.113240624353054	9.881568591548916	0,2
2		44.11316653999058	9.88153173924006	
3		44.112481255235	9.883639691306525	
4		44.11252623555915	9.883584412843245	

A causa dell'inaccessibilità dell'area via terra e aria, non è stato possibile acquisire dati nella zona a sud dell'area 4 (non evidenziata in figura 4 in quanto non acquisita).

Metodologia di rilievo

A causa della forte antropizzazione dell'area è stato necessario effettuare rilievi strumentali multipli con strumentazione magnetica ed elettromagnetica su tutta l'area di rilievo al fine di ridurre e/o compensare i disturbi derivanti dalle strutture circostanti e dagli elementi presenti a livello del suolo (tombini, cordoli, ecc).
Conseguentemente è stata effettuata una scansione radar anch'essa su tutta l'area di rilievo al fine di individuare con maggiore precisione la totalità dei sottoservizi, caratterizzare le anomalie magnetiche riscontrate e individuare eventuali anomalie amagnetiche.
I dati sono stati poi uniti con tecniche ed algoritmi di "Sensor Fusion".

In particolare è stato utilizzato:

- Magnetometro Geometrics 1.000 Hz;
- Elettromagnetometro Sibergo multifrequenza;
- Georadar multiantenna.

Le acquisizioni manuali sono state effettuate con l'ausilio del GPS, seguendo una disposizione il più possibile regolare con andamento a "snake"; la distanza tra le linee è risultata essere compresa in un intervallo che oscilla tra e 1.0 metri e 1.5 metri, mentre le misure lungo ogni singola linea sono state acquisite in modalità continua con intervallo pari a circa 0.7 metri.
Operando in "continous mode" la posizione di ciascun punto di misura è localizzata dal ricevitore GPS e mostrata in tempo reale sul display della centralina (control unit) garantendo così un andamento regolare dei vari punti di misura.

In Area 5, fin dalle prime fasi dell'acquisizione magnetica è stato possibile vedere come la strumentazione di scansione attiva (elettromagnetometro) e passiva (magnetometro) fossero oltremodo disturbata dall'ambiente circostante, rendendo di fatto il rilievo tecnicamente non valido e il rumore non filtrabile con sufficiente accuratezza.
Per questo si è deciso di procedere solamente con strumentazione radar.
La campagna di acquisizione è stata fatta in modalità manuale, mantenendo una spaziatura fra le griglie costanti in modo da acquisire dati in modo continuo su tutta l'area di rilievo.

A supporto dei rilievi, per ottenere una georeferenziazione migliore è stata effettuata una scansione fotogrammetrica da drone utilizzando:

- Drone DJI Matrice 300 RTK regolarmente registrato e assicurato;
- Fotocamera DJI Zenmuse P1, fullframe 45 Mpixel;
- Marker di rilievo.

Adempimenti normativi

Il sito di rilievo è stato scansionato in ottemperanza alla normativa in vigore 947/2019 – UAS IT in materia di volo con droni, in particolare il rilievo è stato condotto da pilota abilitato ENAC per scenari Open A2 e STS-01.

La classe di rischio SAIL è stata abbassata ad un livello III, rientrante quindi in categoria Open, effettuando l'attività in orari in cui la presenza di persone non addette alle operazione o mezzi veicolari fosse ridotta. In aggiunta sono stati montati paraeliche sul drone.
E' stato necessario comunicare un Notam avente codice:
LIMM/QXXAU/IV/BO/E/000/999/4521N00917E080

Si riportano alcuni dati salienti dell'operatore e del mezzo:

- Abilitazione pilota: ITA-RP-000004600abm
- Identificativo UAS: ITA–7230495
- Polizza assicurativa UAS: EG202107301258-LB (LLOYD'S INSURANCE)
- Codice operatore EASA: ITAql0jk03fpbocv

Principi generali di scansione radar

La metodologia geofisica G.P.R. (Ground Penetrating Radar) permette di investigare la struttura e la composizione del sottosuolo attraverso l'analisi delle riflessioni di onde radar a frequenza variabile trasmesse nel terreno.
L'impulso erogato dall'antenna dello strumento penetra nel terreno con una velocità e un angolo variabile in funzione della tipologia di terreno, della sua temperatura e del grado di umidità.

Quando il segnale incontra una struttura di qualsiasi tipo (ciottolo, cavo, tubo, cumulo) subisce una parziale riflessione e rifrazione captata dall'antenna ricevente dello strumento stesso.
In base al tempo di arrivo degli impulsi riflessi ed alla tipologia del terreno indagato, il sistema elabora una stima delle profondità delle varie interfacce rilevate.
Le frequenze normalmente utilizzate sono comprese tra 100Mhz e 2Ghz.

In questo rilievo, data la bassa profondità di indagine e la necessità di avere un'elevata accuratezza di rilievo, si sono utilizzate antenne con frequenze variabili da 250 MHz a 700 MHz.
Una sezione GPR si effettua ripetendo il ciclo di trasmissione e ricezione per un numero di volte sufficiente a coprire l'intera area di rilievo, spostando progressivamente l'antenna lungo una direzione prefissata.
Nelle sezioni GPR nel dominio dello spazio l'intervallo tra gli impulsi è regolato in funzione della posizione. Lo strumento utilizzato opera con un trasduttore di posizione mediante il quale il sistema tiene conto dello spazio percorso dall'antenna. L'emissione degli impulsi radar viene effettuata ogniqualvolta il sistema rileva che l'antenna (spinta dall'operatore) ha percorso una determinata lunghezza (da 10 mm a 1m).

Principi generali scansione magnetica / elettromagnetica

Il parametro principale misurato dai sensori ad induzione elettromagnetica (d'ora in poi chiamati sensori EMI) è la conducibilità elettrica. Questa è la capacità di un materiale di condurre corrente elettrica, espressa in mS/m.
Il suo inverso, la resistività, viene misurata in Ohm • m.
Ogni tipo di materiale ha una propria conducibilità elettrica (EC), perciò dalla misura di questo parametro possiamo risalire alla natura e tipologia del materiale investigato. Ad esempio le rocce poco fratturate hanno valori di conduttività generalmente inferiori a 1 mS/m, la sabbia ha valori tra 1 e 10 mS/m, l'argilla tra 25 e 100 mS/m, mentre l'acqua può variare la conducibilità a seconda dei sali disciolti da pochi mS/m fino a circa 1.000 mS/m. Ovviamente, il suolo, come ogni altro materiale geologico, non è uniforme, perciò il parametro di misurazione sarà una conducibilità elettrica apparente (ECa), ovvero il valore medio della conducibilità nel volume di terreno indagato.

Cenni sul metodo elettromagnetico

Il metodo elettromagnetico opera coerentemente con la teoria dell'induzione elettromagnetica ed alla conseguente valutazione della conducibilità del terreno o di materiali sepolti misurando la risposta del suolo ad un campo magnetico indotto.
Il dispositivo trasmittente, posizionato ad una estremità del supporto, crea un campo elettromagnetico che induce nel terreno una corrente elettrica, direttamente proporzionale alla conducibilità del terreno stesso.
Questa corrente provoca a sua volta un campo magnetico secondario, proporzionale alla corrente indotta, che viene rilevato dal ricevitore posto all'altra estremità dell'asta dello strumento come mostrato in figura sotto.
Di tale campo secondario vengono rilevate due componenti denominate "quadratura di fase" e "in-phase".

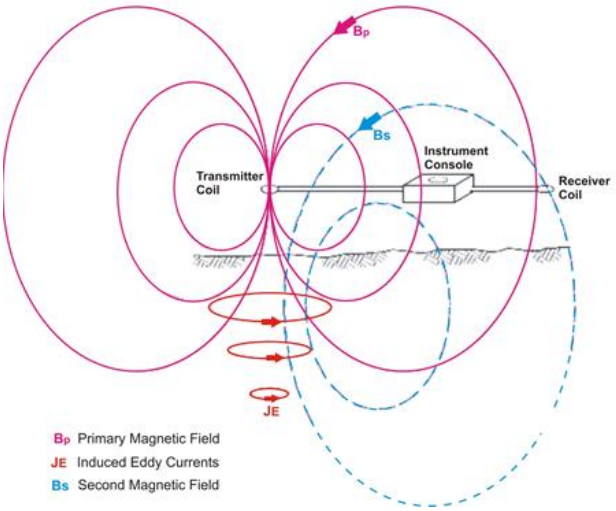


Figura 3 - schema concettuale indagine elettromagnetica

Dai valori della prima, più sensibile alla natura del terreno, lo strumento risale automaticamente ai valori di conducibilità elettrica che viene misurata in mS/m; la componente in-phase viene misurata in ppt (parts per thousand) del campo magnetico primario ed è fortemente sensibile alla presenza di oggetti altamente conduttivi che alterano l'andamento naturale del campo stesso. I fattori che possono influenzare la conducibilità del terreno in situ risultano essere: porosità della matrice, contenuto in umidità, contenuto in argilla e conducibilità dei fluidi presenti nel terreno.

Di primaria importanza nelle indagini EM sono alcune considerazioni sulla profondità di penetrazione del segnale e sulla risoluzione in funzione della profondità.
La profondità di penetrazione è funzione sia delle frequenza del segnale (maggiore è la frequenza, minore è il grado di penetrazione), che delle proprietà elettriche dei mezzi indagati.

La penetrazione effettiva raggiunta dipende da una pletora di fattori tra cui la conduttività del terreno, la distanza tra le bobine (non nel caso in oggetto usando strumentazione multifrequenza), la direzione del campo primario (direzione del dipolo trasmettitore) e la sua frequenza (come nel caso in oggetto).

Elaborazione del dato

Si definisce elaborazione quell'insieme di misure atte a massimizzare il rapporto segnale/rumore e a ricostruire una mappa cromatica con isolinee georeferenziata di fondamentale importanza per l'interpretazione della dato da parte del geologo esperto.
Al fine di elaborare una grande mole di dati in poco tempo, ottenendo allo stesso modo un'ottima affidabilità del risultato sono stati implementati algoritmi atti allo scopo basati su elaborazioni statistiche del dato e machine learning.

Gli algoritmi descritti mirano principalmente a:

- Applicazione di filtri in grado di eliminare le frequenze indesiderate e ridurre la componente imputata al rumore di fondo ambientale.
- In caso di necessità l'eliminazione di quelle misure che appaiono altamente disturbate, nei confronti delle quali i filtraggi non danno risultati accettabili.

Si deve precisare che l'ultimo punto è una scelta "estrema" in quanto ridurre il numero dei dati è chiaramente controproducente. L'eliminazione dei dati in condizioni standard viene effettuata solamente ai bordi dell'area di rilievo dove, a causa dei cambi di direzione dello strumento la qualità del dato è degradata.

In particolare è stata effettata un'elaborazione dettagliata mediante le seguenti procedure:

- prefiltraggio;
- analisi spettrale;
- eventuale deconvoluzione segnale;
- filtraggio band pass, low pass o high pass;
- identificazione anomalie ed eventuali riflettori;
- normalizzazione scala distanze e realizzazione sezioni tempo;
- definizione anomalie rilevate.

Risultati

Dalla tavola 2 alla tavola 18 sono esposti i risultati derivanti dalle elaborazioni ed analisi dati.
Le zone a differenti colori rappresentano quelle porzioni di terreno aventi gli stessi valori di conducibilità/resistività elettrica. La morfologia, l'addensamento e lo spostamento dei colori verso le gradazioni più estreme indicano le zone a valori anomali.
E' stata valutata sia la componente resistiva / conduttiva che la componente in-phase, fortemente sensibile alla presenza di metalli.

I valori di conducibilità di background indicano la presenza di depositi prevalentemente argillosi limosi debolmente sabbiosi.
Relativamente alla tubazione intercettata in corrispondenza dell'Area 3, in fregio al campo sportivo, si osserva come l'evidenza venga improvvisamente annullata.
Questo risulta incompatibile con un'interruzione repentina del sottoservizio, le cause quindi sono riconducibili a: improvviso abbassamento della tubazione nel terreno e/o materiale di riempimento con notevole assorbimento (depositi fini argillosi limosi).

E' stato possibile individuare le seguenti anomalie, evidenziate nelle tavole:

ANOMALIA	AREA DI RIFERIMENTO	DESCRIZIONE	Profondità stimata [m]
A1_1	Area 1	Probabile tubazione di diametro pari a circa 40 cm	0.5 - 1
A1_2	Area 1	Anomalia ignota di dimensioni medie	2 - 3
A1_3	Area 1	Anomalia di lunghezza pari a 1.5 metri circa. Probabile fascio di tubi troncati da precedenti lavorazioni	2
A2_1	Area 2	Tubazione	3
A2_2	Area 2	Tubazione	3
A3_1	Area 3	Probabile fascio di tubi localizzato	0.5 - 1
A3_2	Area 3	Tubazione	0.5
A3_3	Area 3	Tubazione	2.5
A4_1	Area 4	Struttura antropica riconducibile a pozzetti, fasci di cavi legati alla presenza di lampioni	1 - 3
A4_2	Area 4	Struttura antropica riconducibili a pozzetti, fasci di cavi legati alla presenza di lampioni	1 - 3
A4_3	Area 4	Probabile contenitore metallico	0.5
A4_4	Area 4	Probabile soletta di costruzione	0.5 - 1

In relazione all'Area 1 dall'analisi della componente resistiva si evidenzia la presenza di componenti metalliche sottosuolo, confermata dall'analisi della componente inphase.
L'analisi del dato radar ha consentito di stimare con maggiore dettaglio dimensioni e tipologia dell'anomalia.
In particolare si evidenzia come l'anomalia A1_2, di dimensioni e profondità stimate riportata in tabella, sia di difficile caratterizzazione, ma probabilmente riconducibile a strutture metalliche (confermato dalla componente inphase) di derivazione antropiche (residui di lavorazioni precedenti).
Ne consegue che il rischio di ritrovamento bellico è da considerarsi basso.
Si consiglia comunque di prestare attenzione in fase di scavo per un raggio di buffer di 4 metri dalle coordinate espresse nelle tavole pertinenti.

N.B.: Si precisa che la valutazione della collocazione spaziale sull'asse verticale dei singoli elementi viene effettuata con un margine di incertezza, insita proprio nei metodi geofisici, che si aggira attorno a 0.5 metri.

TAVOLA 1 – VISIONE D’INSIEME AREE RILEVATE

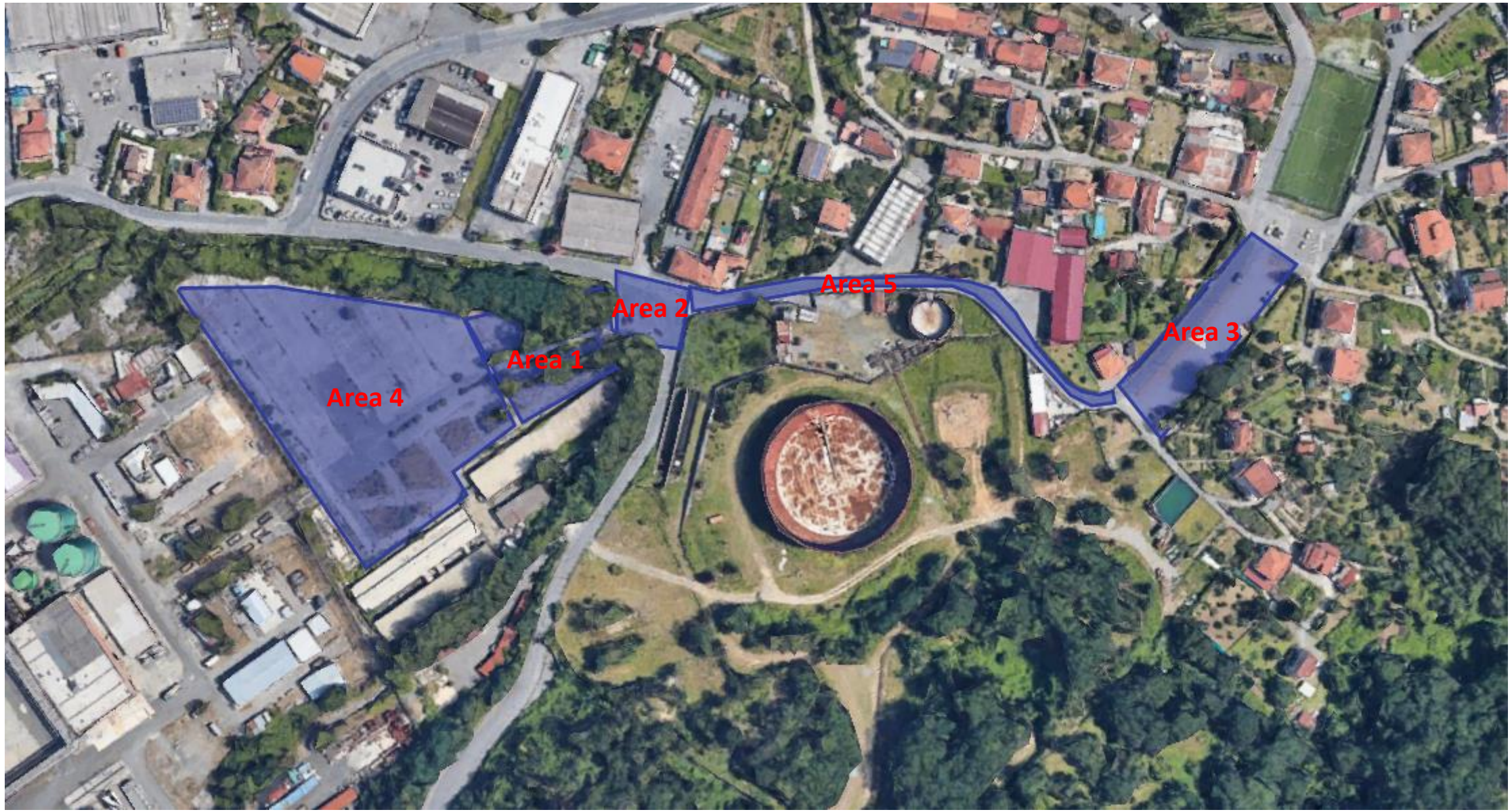
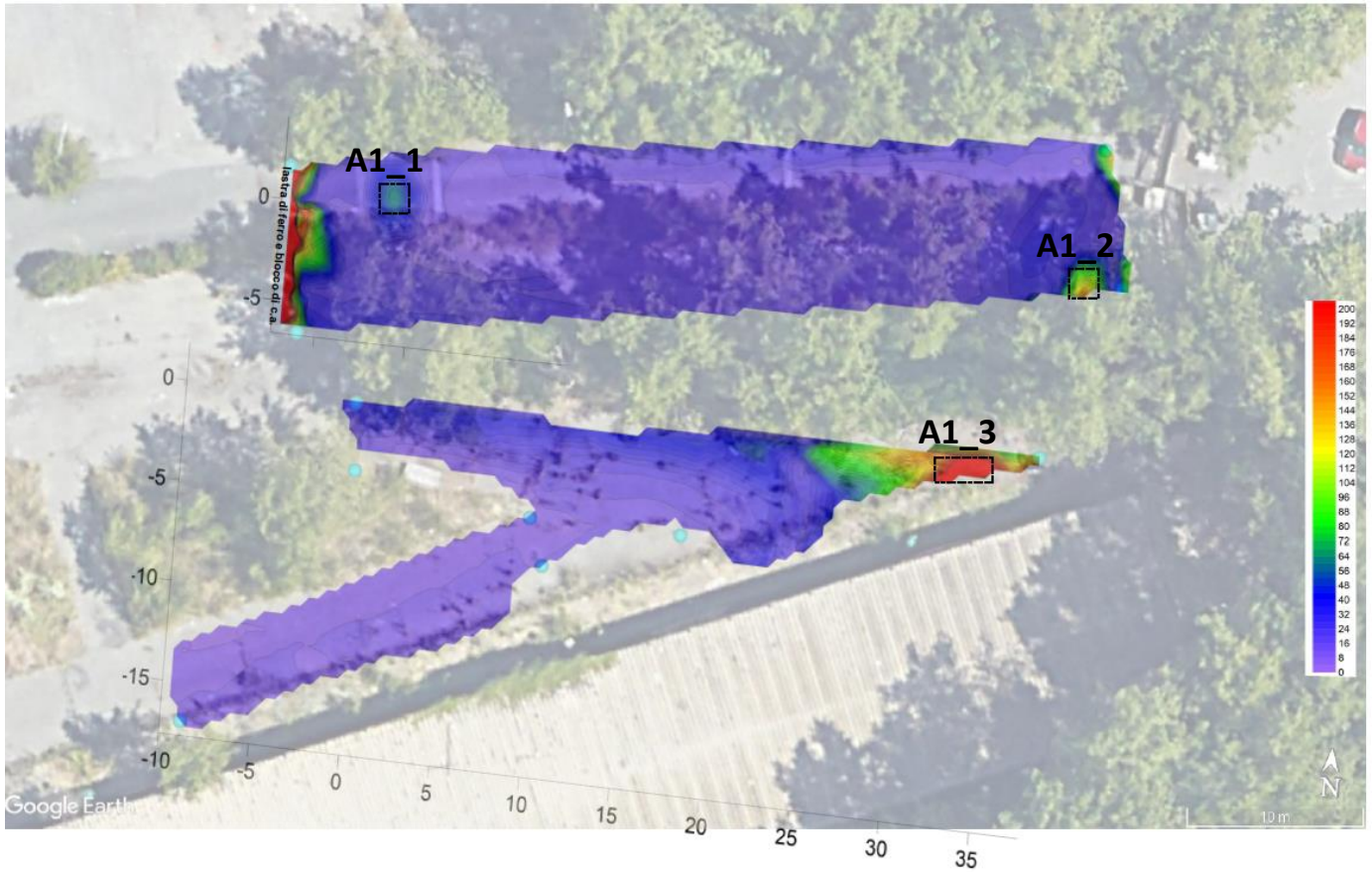


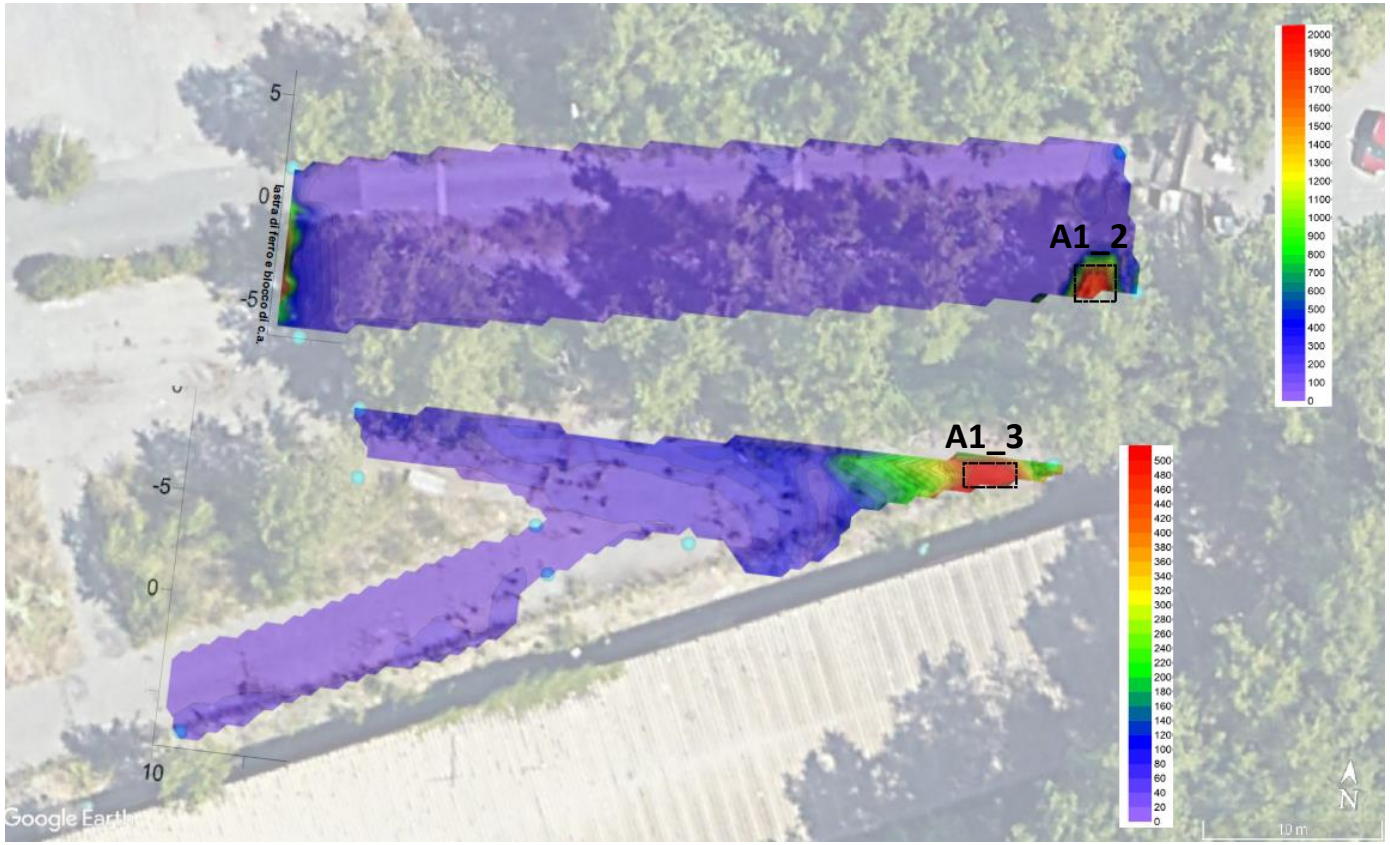
TAVOLA 2 – AREA 1 – RILIEVO MAGNETICO / ELETTROMAGNETICO – PROFONDITA’ 2 m



ANOMALIA	LATITUDINE	LONGITUDINE	VALORE ANOMALIA [mS/m]
A1_1	44.1131248880158	9.880473455037905	56
A1_2	44.11312546054088	9.880944733526196	160
A1_3	44.11299320710007	9.880833093951981	200

Tutte le coordinate sono espresse in formato decimale compatibile con il sistema di riferimento WGS84

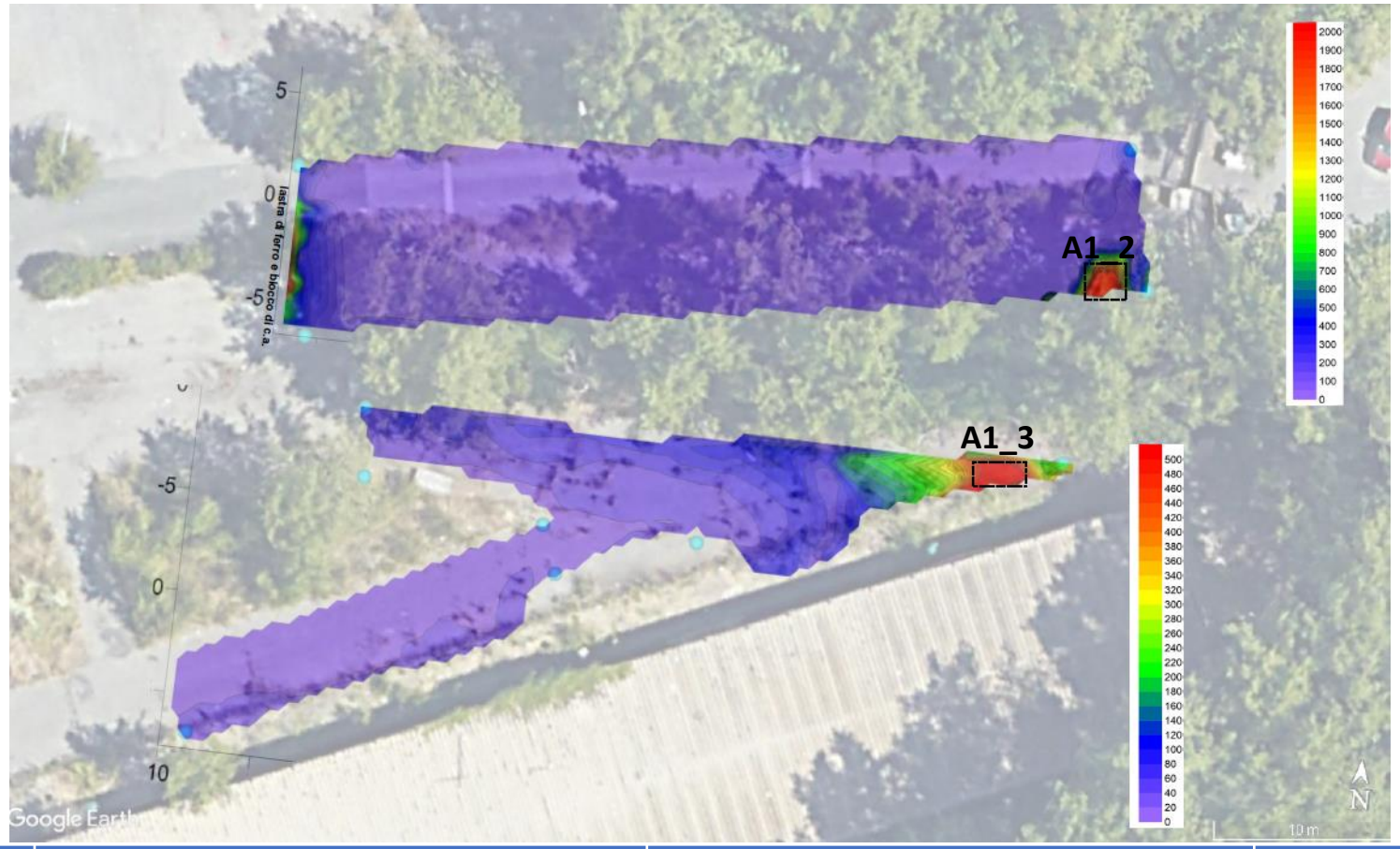
TAVOLA 3 – AREA 1 – RILIEVO MAGNETICO / ELETTROMAGNETICO – PROFONDITA’ 4 m



ANOMALIA	LATITUDINE	LONGITUDINE	VALORE ANOMALIA [mS/m]
A1_2	44.11312546054088	9.880944733526196	1.950
A1_3	44.11299320710007	9.880833093951981	460

Tutte le coordinate sono espresse in formato decimale compatibile con il sistema di riferimento WGS84

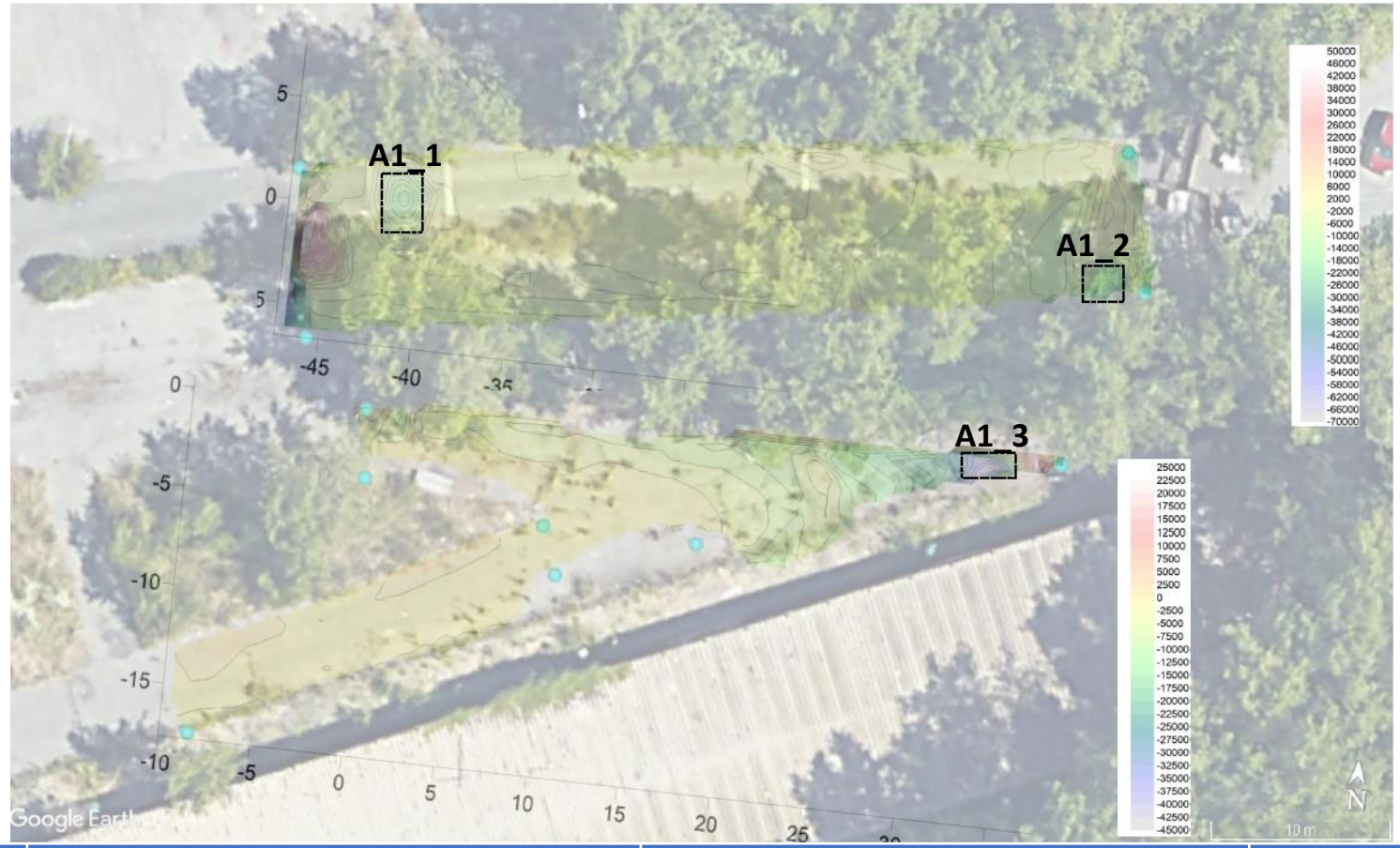
TAVOLA 4 – AREA 1 – RILIEVO MAGNETICO / ELETTROMAGNETICO – PROFONDITA’ 7.5 m



ANOMALIA	LATITUDINE	LONGITUDINE	VALORE ANOMALIA [mS/m]
A1_2	44.11312546054088	9.880944733526196	1.800
A1_3	44.11299320710007	9.880833093951981	450

Tutte le coordinate sono espresse in formato decimale compatibile con il sistema di riferimento WGS84

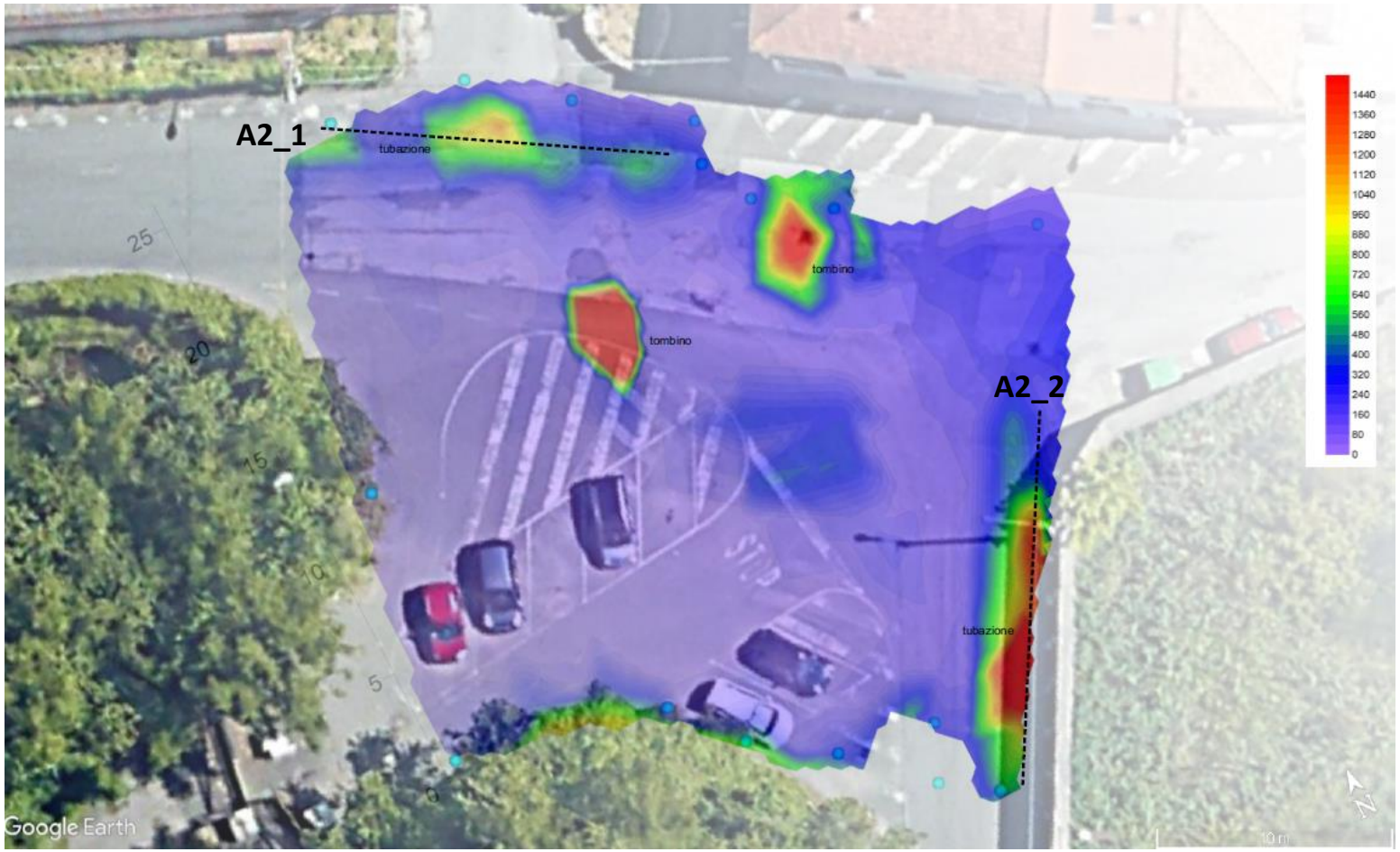
TAVOLA 5 – AREA 1 – COMPONENTE INPHASE – PROFONDITA’ 4 m



ANOMALIA	LATITUDINE	LONGITUDINE	VALORE ANOMALIA [PPT]
A1_1	44.1131248880158	9.880473455037905	18.000
A1_2	44.11312546054088	9.880944733526196	16.000
A1_3	44.11299320710007	9.880833093951981	35.500

Tutte le coordinate sono espresse in formato decimale compatibile con il sistema di riferimento WGS84

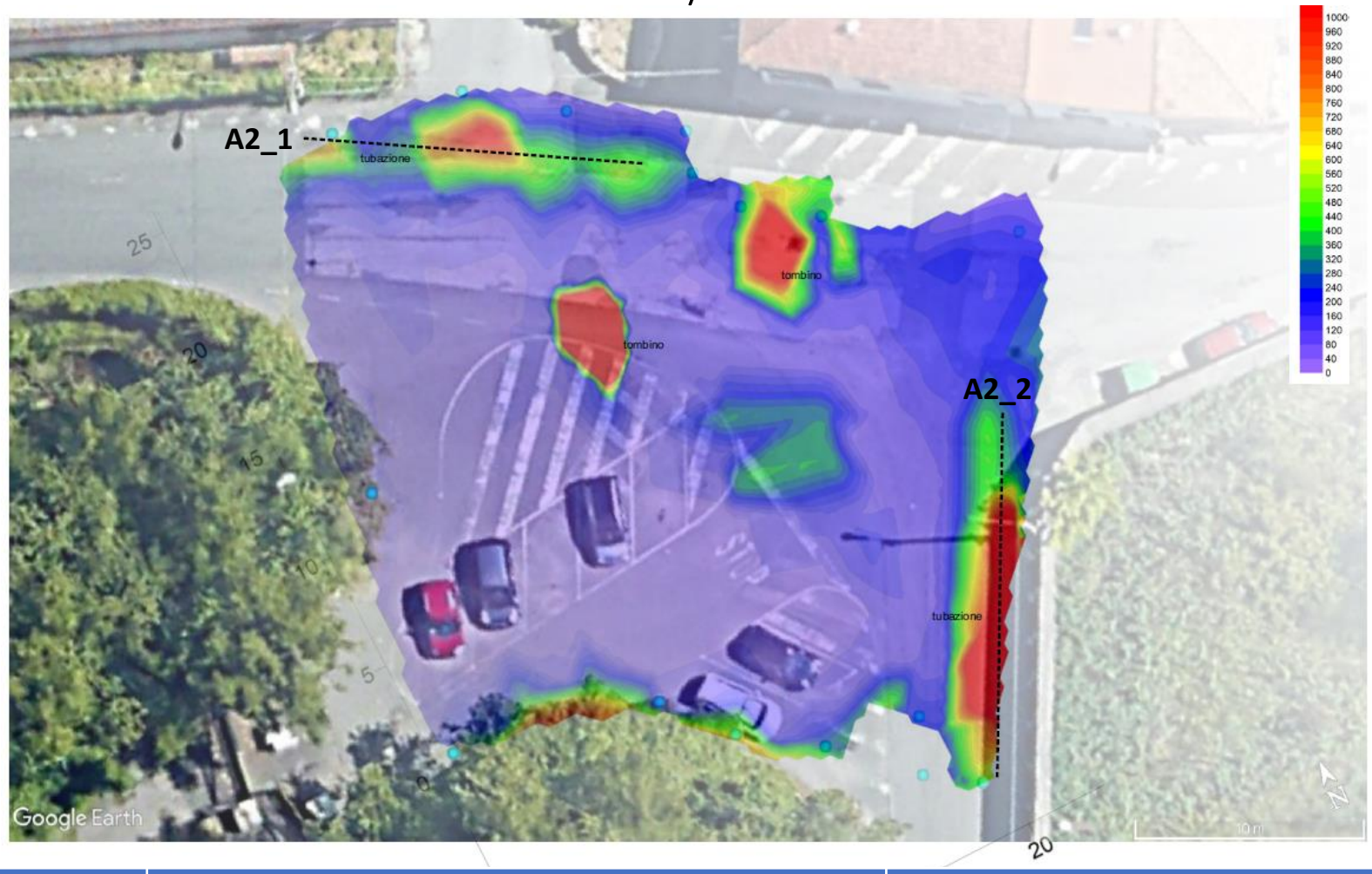
TAVOLA 6 – AREA 2 – RILIEVO MAGNETICO / ELETTROMAGNETICO – PROFONDITA’ 2 m



ANOMALIA	CARATTERIZZAZIONE	VALORE ANOMALIA [mS/m]
A2_1	TUBAZIONE	800
A2_2	TUBAZIONE	1.400

Tutte le coordinate sono espresse in formato decimale compatibile con il sistema di riferimento WGS84

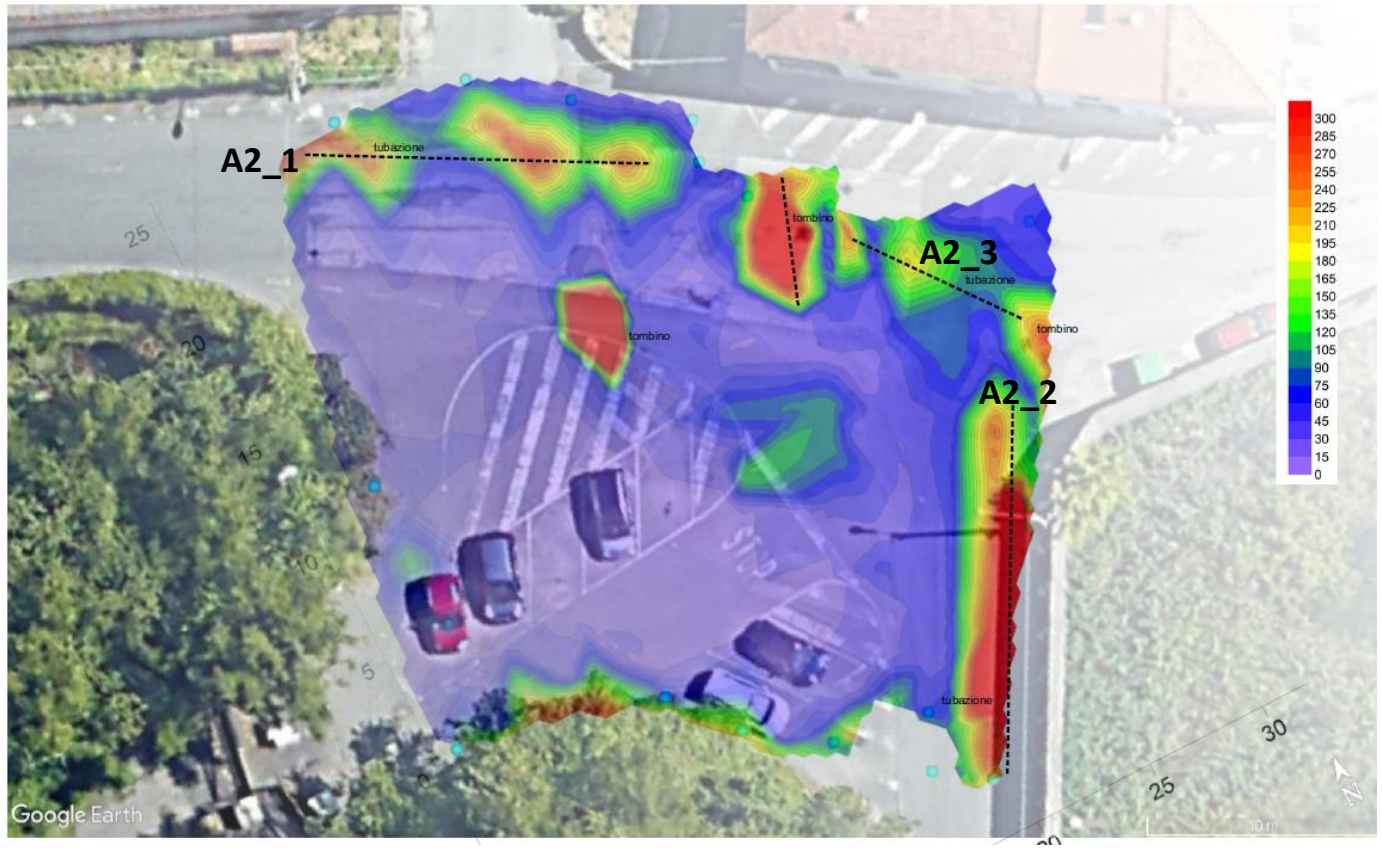
TAVOLA 7 – AREA 2 – RILIEVO MAGNETICO / ELETTROMAGNETICO – PROFONDITA’ 4 m



ANOMALIA	CARATTERIZZAZIONE	VALORE ANOMALIA [mS/m]
A2_1	TUBAZIONE	950
A2_2	TUBAZIONE	1.000

Tutte le coordinate sono espresse in formato decimale compatibile con il sistema di riferimento WGS84

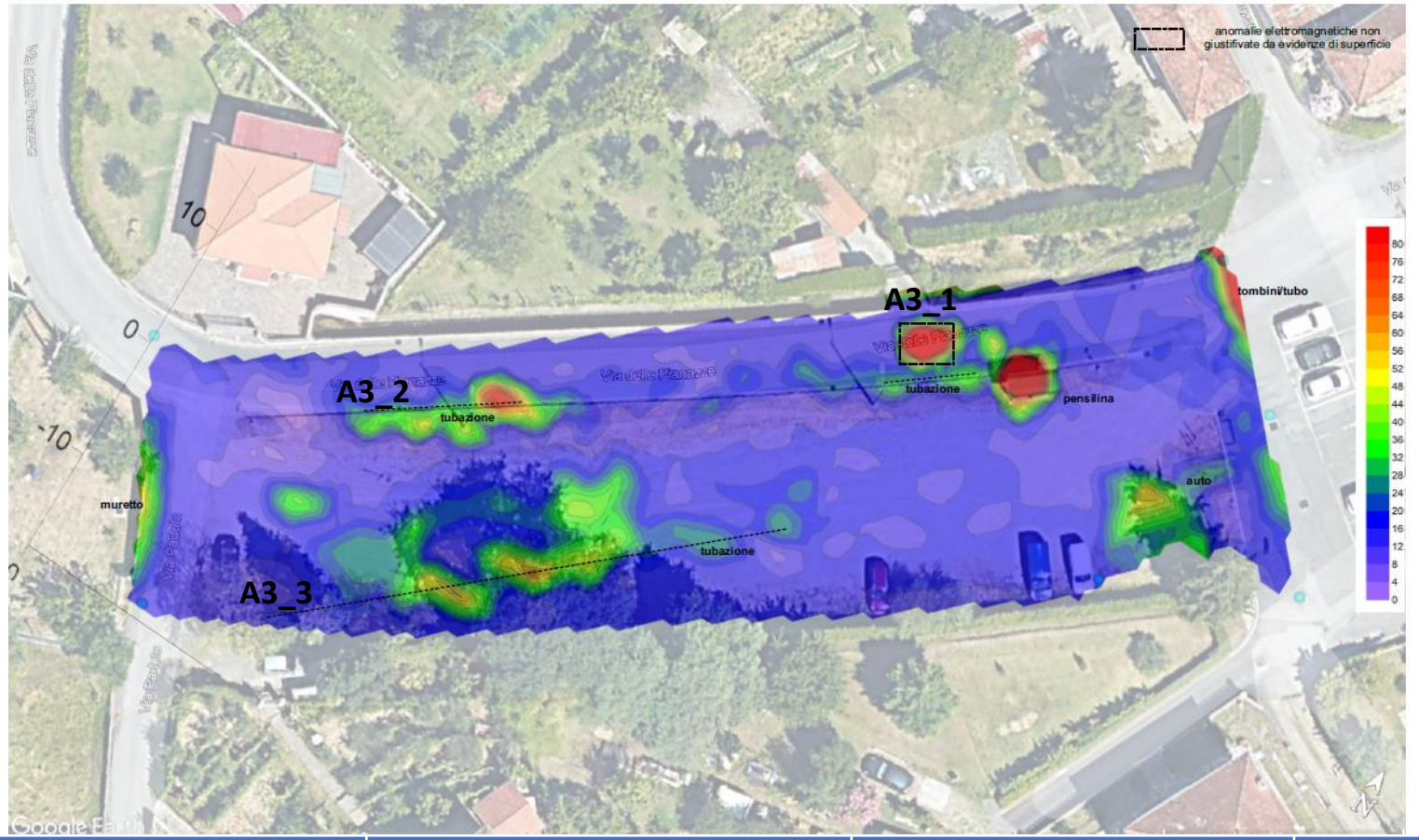
TAVOLA 8 – AREA 2 – RILIEVO MAGNETICO / ELETTROMAGNETICO – PROFONDITA’ 7.5 m



ANOMALIA	CARATTERIZZAZIONE	VALORE ANOMALIA [mS/m]
A2_1	TUBAZIONE	250
A2_2	TUBAZIONE	290
A2_3	TUBAZIONE	160

Tutte le coordinate sono espresse in formato decimale compatibile con il sistema di riferimento WGS84

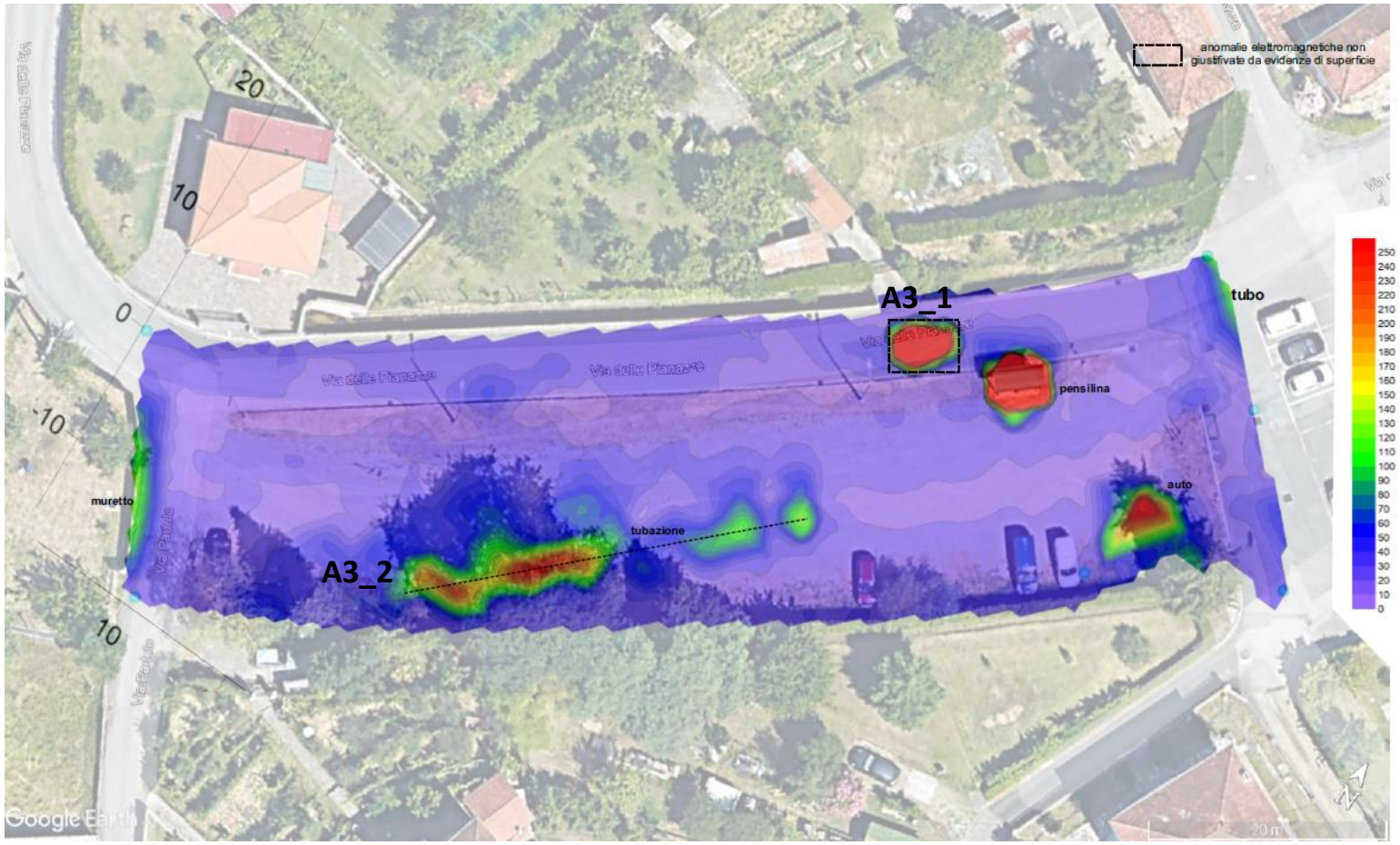
TAVOLA 9 – AREA 3 – RILIEVO MAGNETICO / ELETTROMAGNETICO – PROFONDITA’ 1 m



ANOMALIA	LATITUDINE	LONGITUDINE	VALORE ANOMALIA [mS/m]	CARATTERIZZAZIONE
A3_1	44.11282271472888	9.884183929802466	75	//
A3_2	//		65	TUBAZIONE
A3_3	//		55	TUBAZIONE

Tutte le coordinate sono espresse in formato decimale compatibile con il sistema di riferimento WGS84

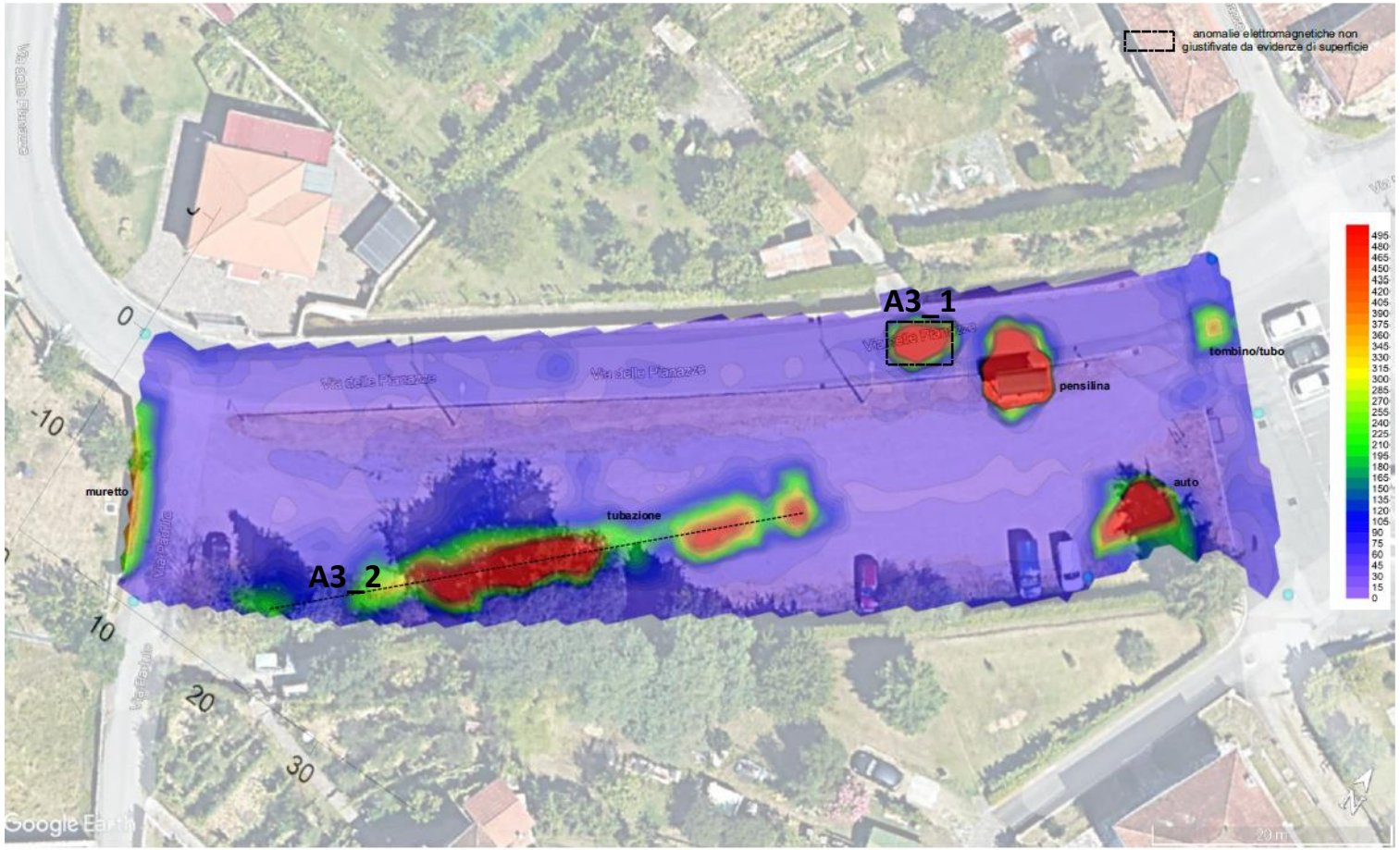
TAVOLA 10 – AREA 3 – RILIEVO MAGNETICO / ELETTROMAGNETICO – PROFONDITA’ 2 m



ANOMALIA	LATITUDINE	LONGITUDINE	VALORE ANOMALIA [mS/m]	CARATTERIZZAZIONE
A3_1	44.11282271472888	9.884183929802466	230	//
A3_2	//		180	TUBAZIONE

Tutte le coordinate sono espresse in formato decimale compatibile con il sistema di riferimento WGS84

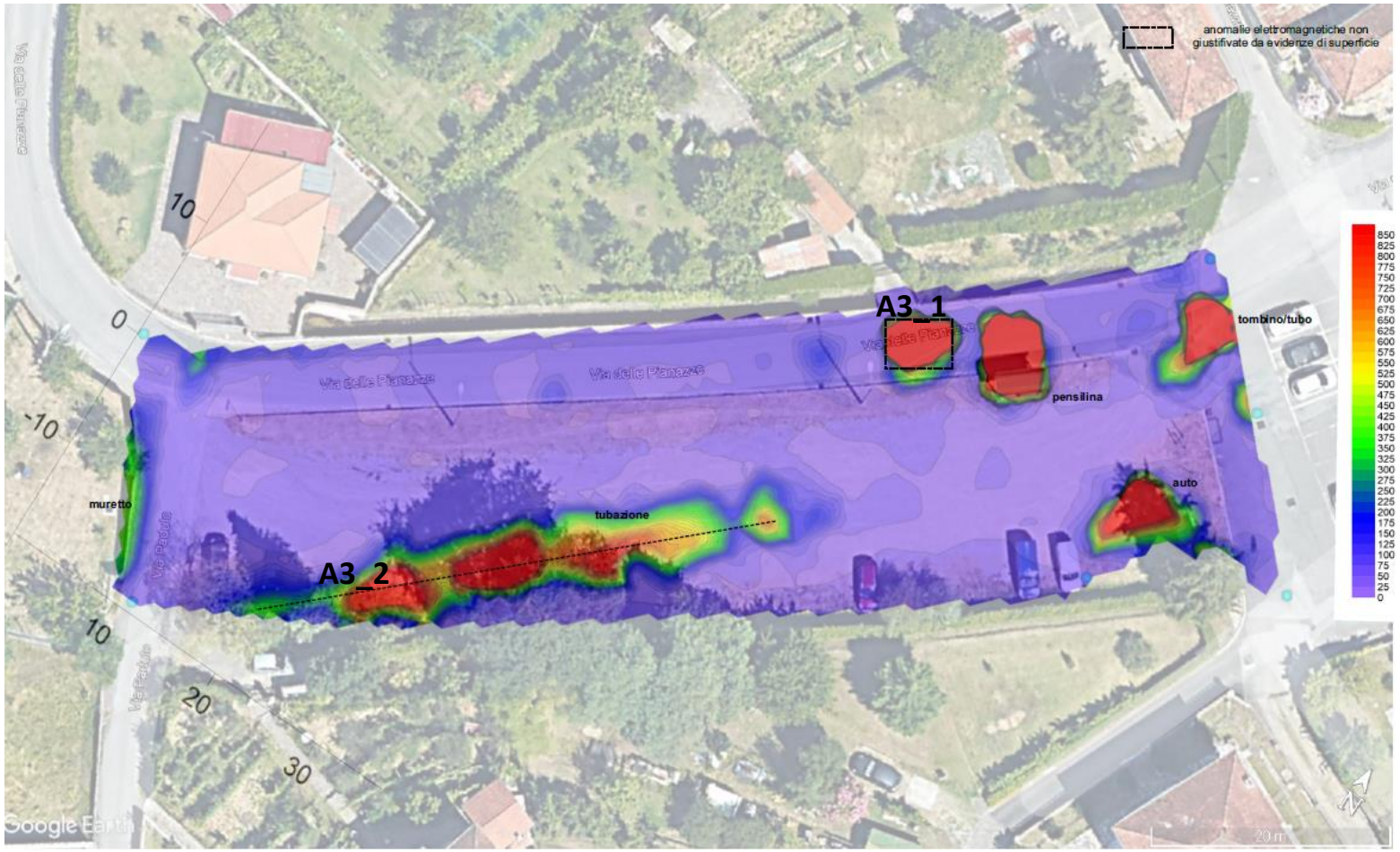
TAVOLA 11 – AREA 3 – RILIEVO MAGNETICO / ELETTROMAGNETICO – PROFONDITA’ 4 m



ANOMALIA	LATITUDINE	LONGITUDINE	VALORE ANOMALIA [mS/m]	CARATTERIZZAZIONE
A3_1	44.11282271472888	9.884183929802466	470	//
A3_2	//		480	TUBAZIONE

Tutte le coordinate sono espresse in formato decimale compatibile con il sistema di riferimento WGS84

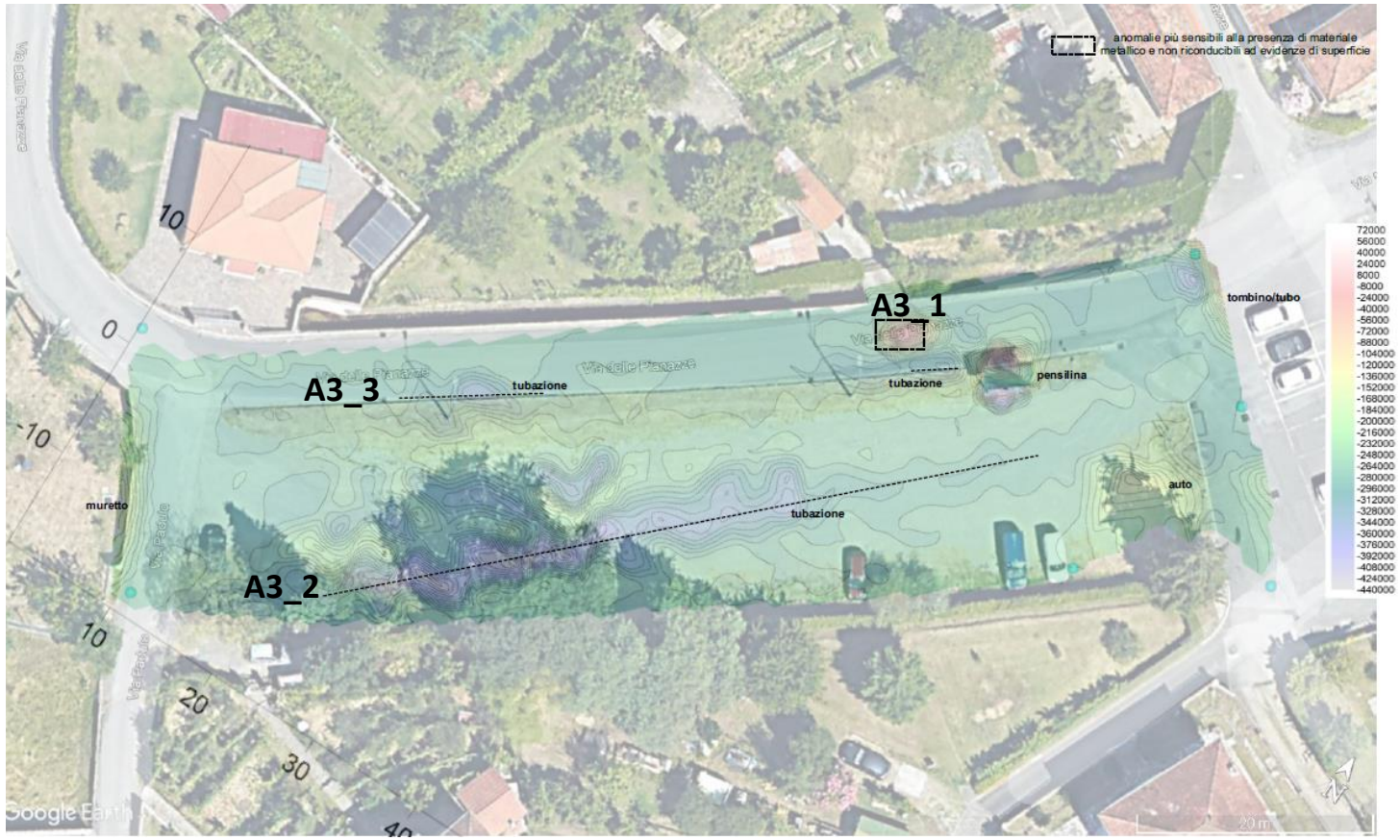
TAVOLA 12 – AREA 3 – RILIEVO MAGNETICO / ELETTROMAGNETICO – PROFONDITA’ 7.5 m



ANOMALIA	LATITUDINE	LONGITUDINE	VALORE ANOMALIA [mS/m]	CARATTERIZZAZIONE
A3_1	44.11282271472888	9.884183929802466	850	//
A3_2	//		780	TUBAZIONE

Tutte le coordinate sono espresse in formato decimale compatibile con il sistema di riferimento WGS84

TAVOLA 13 – AREA 3 – COMPONENTE INPHASE – PROFONDITA’ 1 m



ANOMALIA	LATITUDINE	LONGITUDINE	VALORE ANOMALIA [PPT]	CARATTERIZZAZIONE
A3_1	44.11282271472888	9.884183929802466	245.000	//
A3_2	//		215.000	TUBAZIONE
A3_3	//		150.000	TUBAZIONE

Tutte le coordinate sono espresse in formato decimale compatibile con il sistema di riferimento WGS84

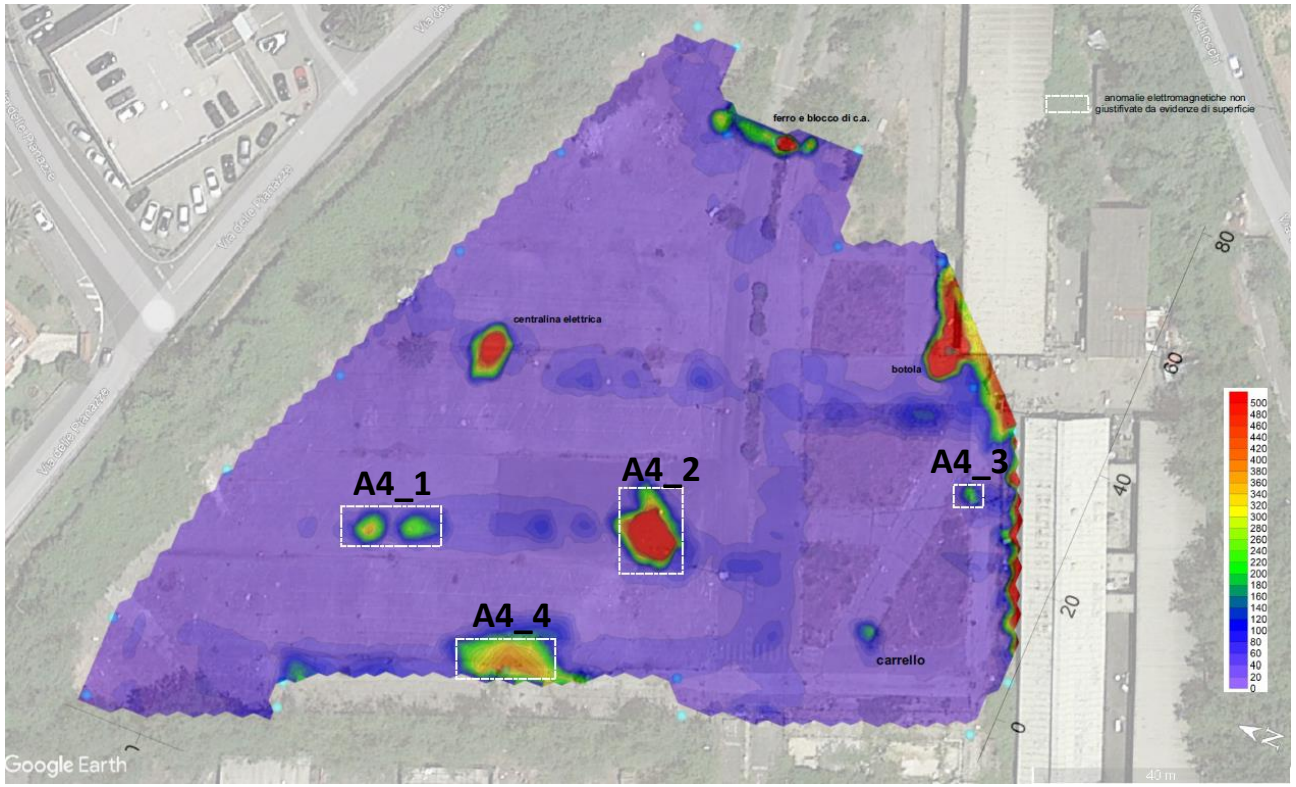
TAVOLA 14 – AREA 3 – COMPONENTE INPHASE – PROFONDITA’ 4 m



ANOMALIA	LATITUDINE	LONGITUDINE	VALORE ANOMALIA [PPT]	CARATTERIZZAZIONE
A3_1	44.11282271472888	9.884183929802466	215.000	//
A3_2	//		195.000	TUBAZIONE

Tutte le coordinate sono espresse in formato decimale compatibile con il sistema di riferimento WGS84

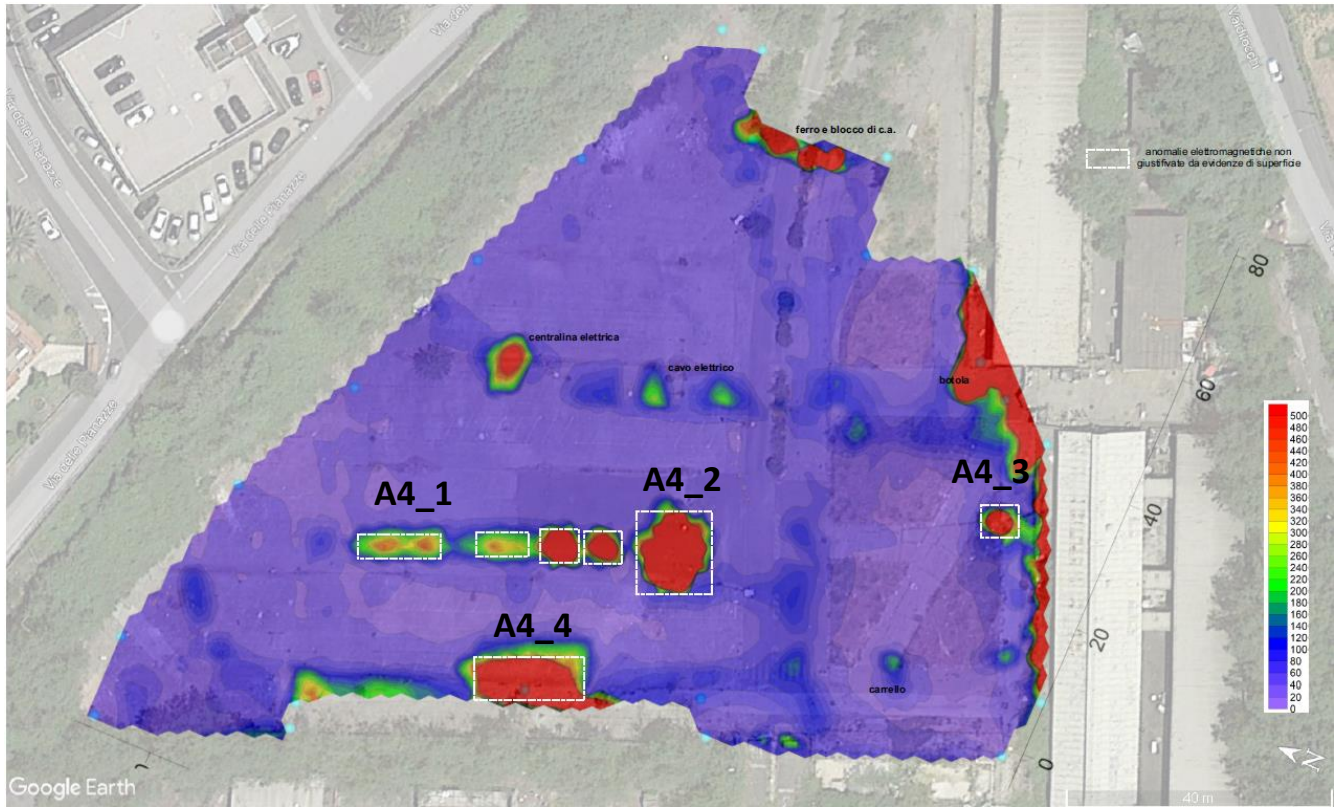
TAVOLA 15 – AREA 4 – RILIEVO MAGNETICO / ELETTROMAGNETICO – PROFONDITA’ 2 m



ANOMALIA	LATITUDINE	LONGITUDINE	VALORE ANOMALIA [mS/m]
A4_1	44.11349838518079	9.879414963079748	340
A4_2	44.11322876931261	9.87949462062533	500
A4_3	44.11268136361451	9.879927047301353	240
A4_4	44.11327779047105	9.879251854772125	350

Tutte le coordinate sono espresse in formato decimale compatibile con il sistema di riferimento WGS84

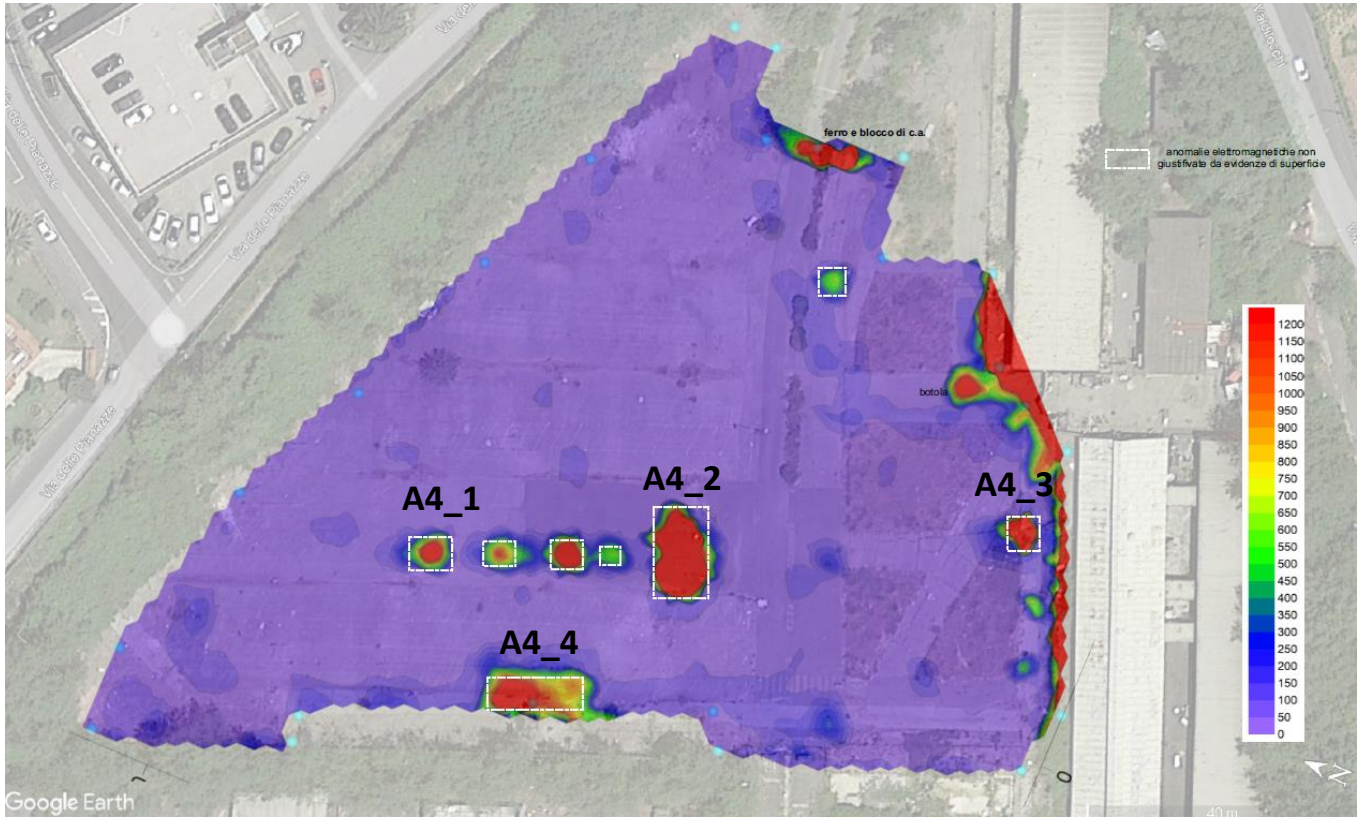
TAVOLA 16 – AREA 4 – RILIEVO MAGNETICO / ELETTROMAGNETICO – PROFONDITA’ 4 m



ANOMALIA	LATITUDINE	LONGITUDINE	VALORE ANOMALIA [mS/m]
A4_1	44.11349838518079	9.879414963079748	460
A4_2	44.11322876931261	9.87949462062533	500
A4_3	44.11268136361451	9.879927047301353	480
A4_4	44.11327779047105	9.879251854772125	470

Tutte le coordinate sono espresse in formato decimale compatibile con il sistema di riferimento WGS84

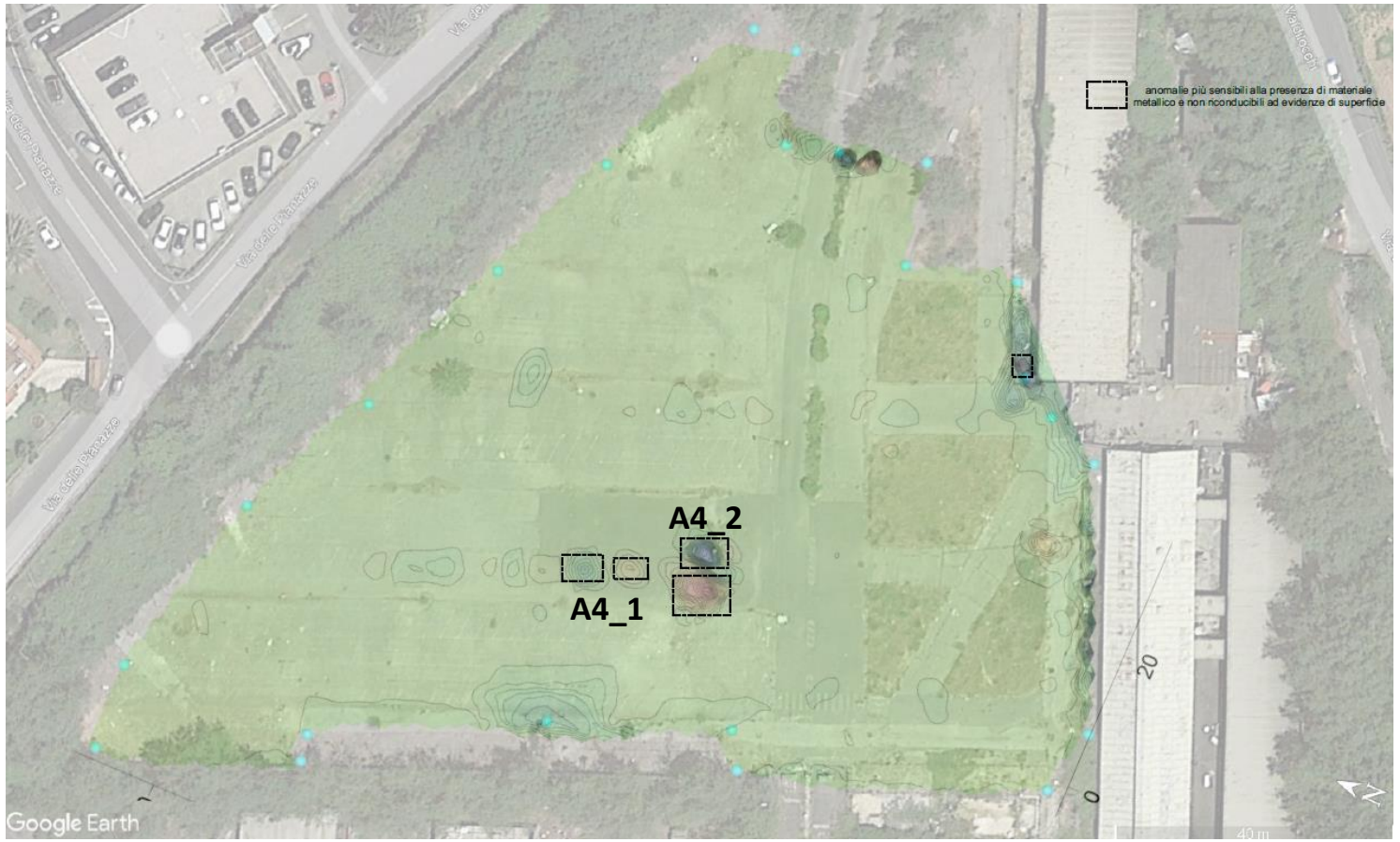
TAVOLA 17 – AREA 4 – RILIEVO MAGNETICO / ELETTROMAGNETICO – PROFONDITA’ 7.5 m



ANOMALIA	LATITUDINE	LONGITUDINE	VALORE ANOMALIA [mS/m]
A4_1	44.11349838518079	9.879414963079748	1.050
A4_2	44.11322876931261	9.87949462062533	1.200
A4_3	44.11268136361451	9.879927047301353	900
A4_4	44.11327779047105	9.879251854772125	800

Tutte le coordinate sono espresse in formato decimale compatibile con il sistema di riferimento WGS84

TAVOLA 18 – AREA 4 – COMPONENTE INPHASE – PROFONDITA’ 4 m



ANOMALIA	LATITUDINE	LONGITUDINE	VALORE ANOMALIA [PPT]
A4_1	44.11349838518079	9.879414963079748	180.000
A4_2	44.11322876931261	9.87949462062533	225.000

Tutte le coordinate sono espresse in formato decimale compatibile con il sistema di riferimento WGS84