



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU



Provincia di Ravenna

Settore Edilizia Scolastica e Patrimonio

Servizio Programmazione e Progettazione

LAVORI DI REALIZZAZIONE DI UNA PALESTRA IN AMPLIAMENTO DELL'ISTITUTO
PROFESSIONALE STATALE SERVIZI PER L'ENOGASTRONOMIA E L'OSPITALITA' ALBERGHIERA
"TONINO GUERRA" SITO IN PIAZZALE P. ARTUSI N.7 - CERVIA (RA) - CUP J84E22000160006 -
FINANZIATO CON FONDI NEXT GENERATION EU PNRR

Missione 4 - Componente 1 - Investimento. 3.3 Piano di messa in sicurezza e riqualificazione
dell'edilizia scolastica

PROGETTO ESECUTIVO

Presidente: Michele de Pascale	Consigliere delegato Pubblica Istruzione - Edilizia Scolastica - Patrimonio: Maria Luisa Martinez
Dirigente responsabile del Settore: Ing. Marco Conti	Responsabile del Servizio: Arch. Giovanna Garzanti
RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:	Arch. Giovanna Garzanti firmato digitalmente
PROGETTISTA COORDINATORE:	Ing. Giulia Angeli firmato digitalmente
PROGETTISTA OPERE ARCHITETTONICHE:	Ing. Giulia Angeli firmato digitalmente
COLLABORATORE ALLA PROGETTAZIONE:	Geom. Sara Vergallo
ELABORAZIONE GRAFICA:	Geom. Sara Vergallo
Professionisti esterni:	
PROGETTISTA OPERE STRUTTURALI:	Ingegneria e servizi srl
PROGETTISTA OPERE ACUSTICHE:	Ingegneria e servizi srl
COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:	Ingegneria e servizi srl
PROGETTAZIONE IMPIANTI ELETTRICI:	Studio Tecnico Paris di Ferroni Matteo
PROGETTAZIONE IMPIANTI MECCANICI E IDRICO-SANITARI:	P.D.M. progetti
PROGETTAZIONE ANTINCENDIO:	P.D.M. Progetti
ESPERTO CAM IN EDILIZIA:	Arch. Gino Mazzone

Rev.	Descrizione	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Data:
0	EMISSIONE	A.B.	G.A.	G.G.	07/07/2023
1					
2					
3					

TITOLO
ELABORATO:

RELAZIONE SULLE INDAGINI MAGNETOMETRICHE

PROFESSIONISTA RESPONSABILE:
Antonio Battiato

FIRMATO DIGITALMENTE
Timbro e firma del Professionista




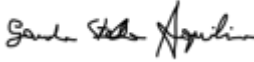
Elaborato num:	Revisione:	Data:	Scala:	Nome file:
GEN_05	00	07/07/2023	VARIE	PE_GEN_05_REL.MAGN_r.00.pdf

Indagini Geofisiche

Esecuzione indagine magnetometrica per verifica presenza di masse metalliche sepolte Cervia (RA)

PROVINCIA DI RAVENNA

Settore Edilizia Scolastica e Patrimonio

Emissione	Data	Elaborato	Verificato	Approvato
Rev. 00	17/05/2023	Antonio Battiato	Donato Fiore	Massimo De Iasi
				
		Annalisa Ferraccioli		
				
		Gaudia Stella Aquilina		
				

AVELLINO DEPARTMENT

Via Campo di Fiume, 13 – 83030 Montefredane (AV)
Tel.: +39 0825 24353 - Fax.: +39 0825 248705

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648 - Capitale sociale 7.144.000,00 euro
Sede Legale: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it

Indice

1. PREMESSA.....	3
2. METODO MAGNETOMETRICO	4
3. STRUMENTAZIONE	6
4. ACQUISIZIONE E PROCESSING DEI DATI.....	11
5. RISULTATI	12
5.1 Analisi dei dati.....	13

1. PREMESSA

Nel mese di aprile 2023, è stata eseguita un'indagine magnetometrica nella città di Cervia (RA) e nello specifico presso l'Istituto Professionale Statale Servizi per l'Enogastronomia e l'Ospitalità Alberghiera "Tonino Guerra" sito in Piazzale P. Artusi n.7 - Cervia (RA) (Figura 1) con lo scopo di verificare la presenza di masse metalliche sepolte. L'utilizzo del metodo magnetometrico è stato preferito ad altri metodi di indagine geofisica che avrebbero potuto incontrare delle limitazioni nella loro applicabilità. In particolare i metodi elettrici ed elettromagnetici avrebbero risentito di un contesto geologico conduttivo (terreni in falda) in cui ricercare un target altrettanto conduttivo, mentre il metodo GPR avrebbe potuto incontrare problemi sulle profondità dei target da investigare che sono maggiori rispetto al suo potere risolutivo.

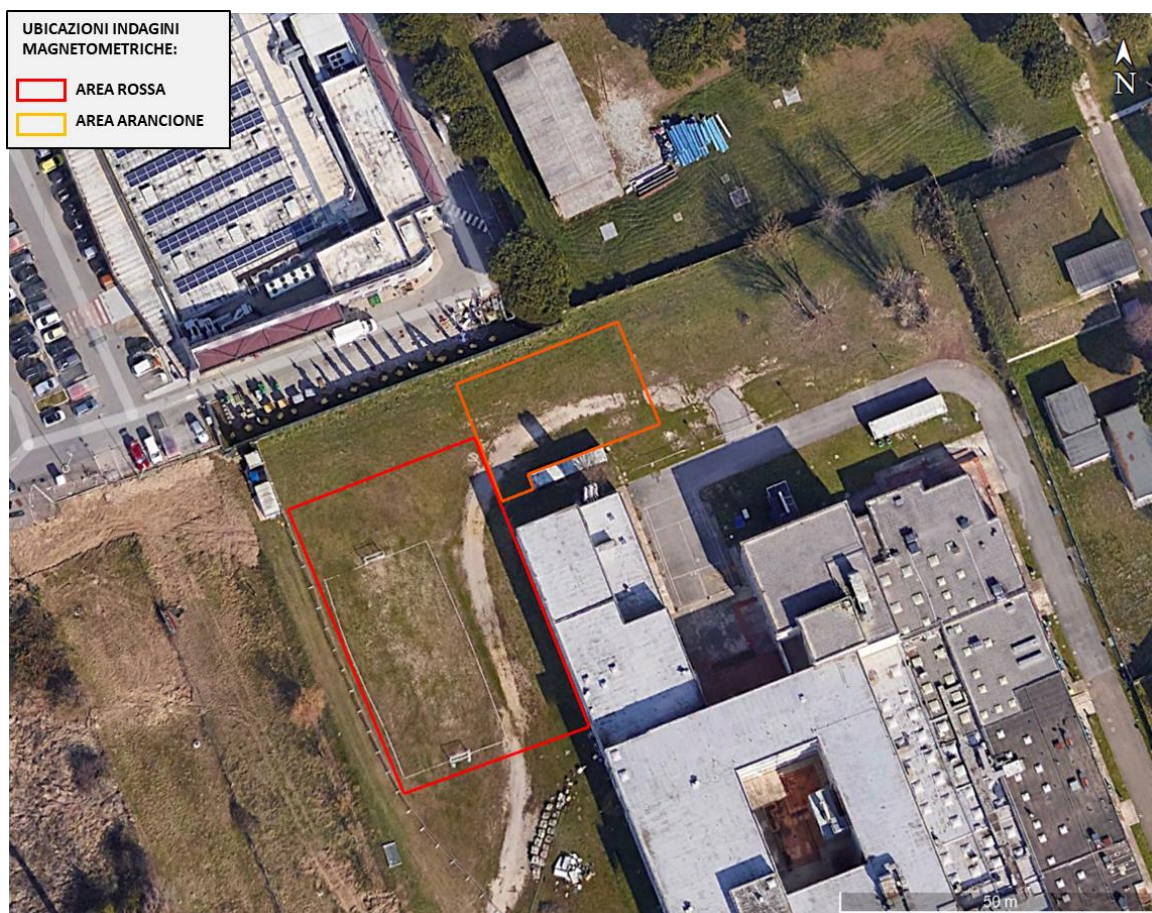


Figura 1 – Area d'indagine

2. METODO MAGNETOMETRICO

La prospezione magnetica è una tecnica d'indagine che sempre più spesso è applicata alla ricerca in ambito ambientale ed archeologico. Le caratteristiche fondamentali di tale prospezione riguardano la rapidità d'investigazione e l'economicità d'impiego. La metodologia si basa sulla misura delle variazioni del campo magnetico terrestre (nT) e/o del suo gradiente (nT/m). Lo scopo di una campagna di misure di campo magnetico terrestre consiste nell'individuazione di materiale metallico. Le misure di campo magnetico vengono eseguite mediante speciali strumenti detti magnetometri, strumenti di misura con uno o due sensori che misurano la densità di flusso magnetico B (in unità di Tesla). La Terra genera un debole campo magnetico che produce densità di flusso (in aria) di circa 18 micro Tesla in alcune parti del Sud America ad un livello di oltre 60 microTesla nel Circolo Artico e Antartide.

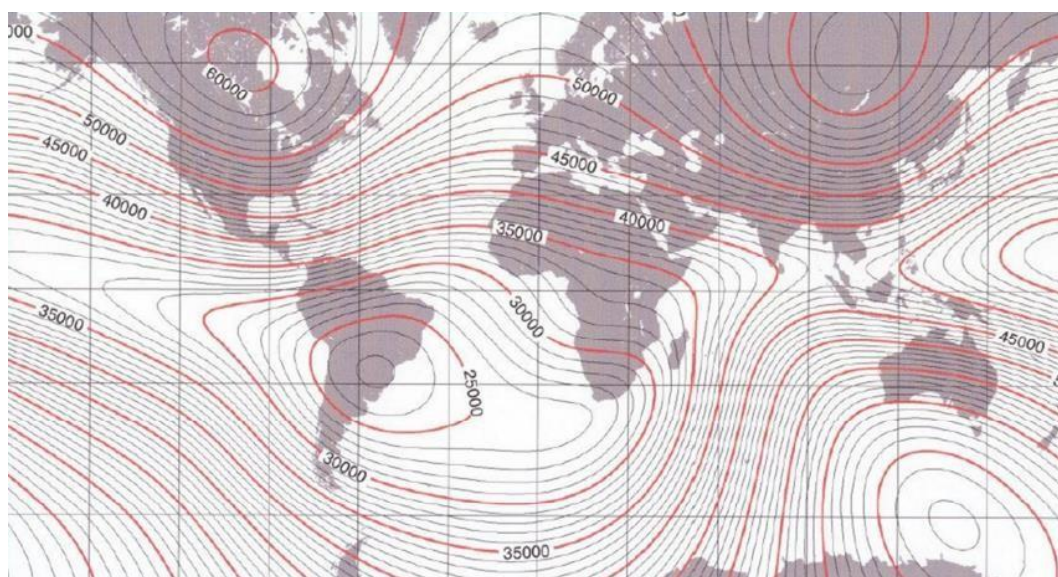


Figura 2 - Intensità del campo magnetico terrestre totale

Poiché la densità del flusso magnetico nell'aria è direttamente proporzionale alla forza del campo magnetico H [A / m], un magnetometro è in grado di rilevare le fluttuazioni nel campo della Terra. I valori registrati possono essere dovuti ad effetti dinamici o statici. Le anomalie dinamiche sono legate all'attività all'interno del nucleo fuso della Terra, all'attività solare o da flussi di ioni o tempeste solari provenienti dallo spazio. Le anomalie statiche sono legate ai diversi materiali presenti nella crosta terrestre. I materiali che distorcono le linee di flusso magnetico sono noti come magnetici e includono materiali come la magnetite che possiedono campi magnetici propri, così come alto valori di conducibilità magnetica. Materiali come questo creano distorsioni nel flusso magnetico della Terra che fluisce intorno a loro: i magnetometri sono in grado di rilevare queste distorsioni. Un magnetometro misura la densità del flusso magnetico al punto dello spazio in cui si trova il sensore. Una distorsione generata da un oggetto magnetico (dipolo magnetico) diminuisce di solito in intensità con il cubo della distanza dall'oggetto. Quindi, la distanza massima a cui un dato magnetometro può individuare un oggetto è direttamente proporzionale alla radice cubica della sensibilità del magnetometro. La sensibilità è comunemente misurata in nano Tesla, [10^{-9} T] o gamma (l'unità non SI che molti geofisici usano comunemente), o in pico Tesla [10^{-12} T] o femto Tesla [10^{-15} T].

Generalmente, i magnetometri sono suddivisi in due categorie che variano sia nella modalità operativa che nel principio di funzionamento:

- Magnetometri vettoriali: misurano il valore di densità del flusso in una specifica direzione nello spazio tridimensionale (densità del flusso magnetico è un vettore quindi dotato di una direzione e un'intensità). Un esempio è il magnetometro Fluxgate in grado di misurare la forza di qualsiasi componente del campo della Terra orientando il sensore nella direzione della componente desiderata.
- Magnetometri scalari: misurano solo la grandezza del vettore passando attraverso il sensore indipendentemente dalla direzione. Limiteremo questo articolo a magnetometri scalari, appartenenti tutti al tipo quantico.

I campi di applicazione dell'esplorazione magnetometrica vanno dall'archeologia (ricerche di tombe, strutture murarie sepolte, fornaci, focolari) alle problematiche ambientali (individuazione di discariche, di fusti metallici sepolti, di cavità, ricerca di ordigni bellici, di condutture antropiche). In caso di seppellimento, prossimo al piano di campagna, di corpi di natura ferrosa (bidoni e rottami metallici, parti di automobili, elettrodomestici etc.), si ottiene una deformazione del campo di

origine naturale, tanto più intensa quanto maggiore è la massa del corpo sepolto e minore la distanza dal punto di osservazione. In particolare, l'indagine magnetometria è utilizzata nelle seguenti applicazioni:

- Individuazione di ordigni bellici di metallo;
- Individuazione e posizionamento di strutture archeologiche;
- Studio di discariche anche in forma di monitoraggio;
- Delimitazione e valutazione di mineralizzazioni;
- Localizzazione di depositi sotterranei e fusti di inquinanti;
- Individuazione e posizionamento di corpi intrusivi e faglie;
- Localizzazione di pozzi di miniere.
- Vulcanologia;
- Mappatura di condutture metalliche
- Ambientale e ingegneristico.

3. STRUMENTAZIONE

Per questo tipo di indagine è stato utilizzato il magnetometro Fluxgate MagDrone R3 di Sensys. Il principio fisico di un magnetometro Fluxgate si basa sull'elettromagnetismo. Nello schema del principio di funzionamento di un geomagnetometro Fluxgate (Figura 2), due sottili fili di rame sono arrotolati attorno a un piccolo nucleo ferromagnetico e quando si verificano cambiamenti nel campo magnetico ambientale, cambiano la permeabilità del nucleo e quindi il suo campo B . Questi cambiamenti inducono una tensione che viene rilevata dalla bobina rossa in Figura 2 B. Se la corrente viene eseguita in direzione inversa attraverso il filo di rame, anche la direzione del campo magnetico si inverte (C). I rapidi cambiamenti di direzione della corrente generano un segnale oscillante intorno a 0 nel caso di un ambiente magnetico-libero. Se viene applicato un campo magnetico esterno, il segnale non oscilla più intorno a 0 ma attorno al valore che corrisponde all'intensità magnetica ambientale (D). Questo dispositivo è chiamato magnetometro Fluxgate.

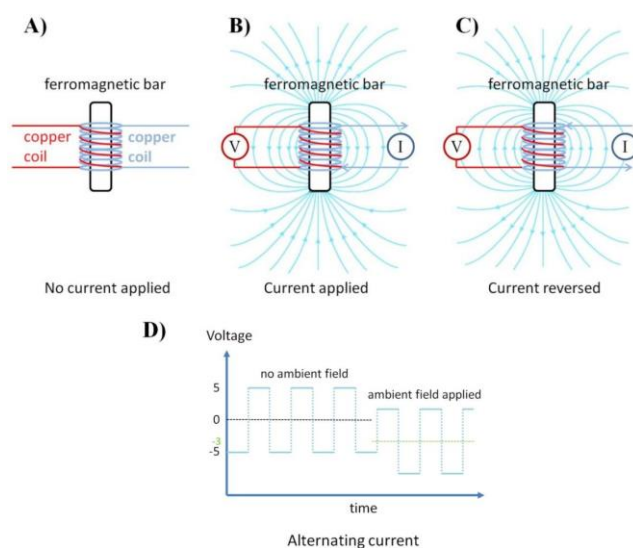


Figura 2 - Schemi del principio di funzionamento di un geomagnetometro Fluxgate.

Il sistema MagDrone R3 è costituito da un data logger e due magnetometri Fluxgate FGM3D/75. I magnetometri sono Fluxgate triassiali che misurano tutte e tre le componenti del campo magnetico terrestre. I sensori hanno un campo di misura di 75.000 nT. I sensori sono orizzontali e allineati tra loro ed hanno una frequenza di campionamento di 200 Hz il che significa che la densità di campionamento spaziale del segnale lungo la traccia è controllata dalla velocità di acquisizione. La distanza tra i punti centrali dei sensori è di 1000 mm. Anche un ricevitore GPS fa parte del kit. L'offset GPS relativo ai sensori è riportato nei Dati Tecnici in Tabella 1. Il dispositivo viene fornito con il proprio alimentatore costituito da una batteria ricaricabile agli ioni di litio da 11,1 V, 1.950 mAh. Due di queste batterie vengono fornite con il dispositivo. Il peso complessivo del kit di indagine è di 5500 g inclusa custodia e accessori. La registrazione conterrà i dati di misurazione grezzi, i dati GPS e un timestamp assegnato ai dati. Nel dispositivo vengono memorizzati i dati di correzione dell'offset come i dati di offset della temperatura. Questi dati vengono applicati ai dati misurati dai magnetometri.

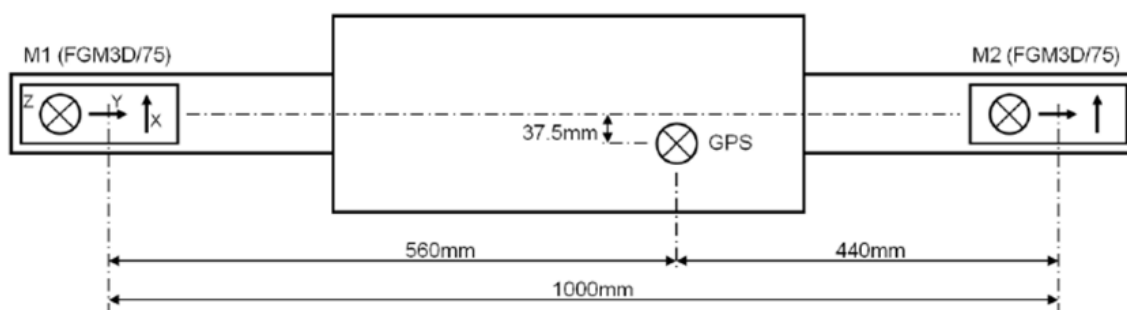


Figura 3 – Schema del magnetometro MagDrone R3

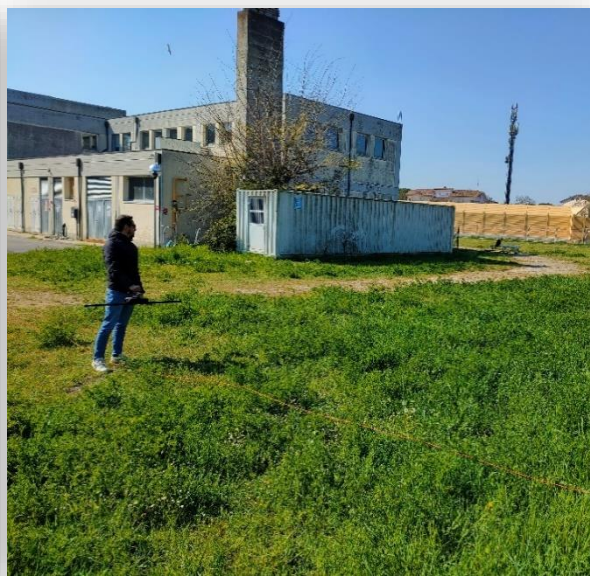


Figura 4 – MagDrone R3

Specifiche MagDrone R3	
Dati tecnici generali	
Alimentatore	11,1 V; 1.950 mAh Li-Ion batteria ricaricabile
Temperatura	Da -20°C a +50°C
Peso operativo / con Li-Ion batteria	0,78 kg / 0,91 kg
Consumo energetico complessivo	500 mA
Dimensioni del tubo del sensore (L x P x A)	1.070 x 22 mm
FGM30/75 Fluxgate	
Numero e orientamento dei sensori	2 pezzi, disposti orizzontalmente, paralleli
Campo di misura specificato	± 75.000 nT
Numero di sensori asse	3
Distanza tra i punti centrali del sensore	1.000 mm
Datalogger	
Potenza	50 mA
Input sensore	Interno cablato
Interfaccia utente	Pulsante On/Off + Start/Stop; status LED
Modalità di rilevamento	Registrazione quando si preme start/stop
Frequenza di campionamento	200 Hz
Memoria interna	512 MB
Dimensioni datalogger (L x P x A)	230 x 128 x 43/73 mm
Pacchetto standard	
MagDrone R3	Tubo sensore, 2 pezzi incorporati FGM3D / 75 sensori, data logger (fissato al tubo), 2 pezzi, batterie, caricatore da parete
Custodia robusta (L x P x A)	1120 x 290 x 110 millimetri
GPS interno	U Blox PAM-7Q
Periferiche	Cavi di trasferimento dati (seriale, seriale a USB), set di intermat. prese di corrente, borse accessorie, chiavetta USB
Documentazione	Certificato, manuale, guida rapida
Software per PC	Scarica il software

Tabella 1 - Specifiche tecniche magnetometro MagDrone R3

Per concludere i vantaggi di questo strumento sono i seguenti:

- Consente di scansionare l'area e rilevare i metalli diverse volte più velocemente rispetto ai dispositivi portatili.
- Ha un'elevata frequenza di campionamento pari a 200 Hz e consente di filtrare il rumore causato dai motori e dall'elettronica.
- La strumentazione è dotata di un GPS integrato che permette la georeferenziazione dei dati acquisiti in coordinate geografiche.

4. ACQUISIZIONE E PROCESSING DEI DATI

L'indagine magnetometrica è stata eseguita in 2 aree distinte, individuate come aree a Nord e a Ovest l'Istituto Professionale Statale Servizi per l'Enogastronomia e l'Ospitalità Alberghiera "Tonino Guerra". L'acquisizione dei dati è avvenuta tramite il movimento di un operatore che trasportando la strumentazione, si è mosso lungo profili paralleli di lunghezza 50 m e 30 m con passo pari a 1 m coprendo tutta la superficie da indagare. I dati magnetici vengono successivamente trattati seguendo le procedure standard che tra l'altro prevedono:

Nel seguito, esamineremo brevemente la sequenza adottata per l'elaborazione applicata ai dataset.

- **Conversione file:** Le registrazioni vengono salvate in un file binario mdd che deve prima essere convertito in un file.csv o ascii utilizzando uno strumento di dati Sensys.
- **Taglio dei bordi:** entrambi i set di dati vettoriali vengono convertiti in due set di dati scalari.
- **Filtro passa-basso:** Il passaggio successivo consiste nell'applicare un filtro passa-basso a 5 Hz ideale nella rimozione del rumore dai motori elettrici, dalla rete elettrica nazionale e dalla rete elettrica FFS5.
- **Singola traccia GPS:** Le misure GPS del magnetometro sono effettuate a una frequenza di 5Hz; di conseguenza, devono essere interpolate in modo tale che ogni punto di dati magnetici includa le coordinate spaziali per il punto centrale del sensore. Poi due tracce 0.5m a sinistra e a destra dal punto centrale sono calcolati per tenere conto della posizione esatta delle due tracce.
- **Media mobile:** questo passaggio utilizza una media mobile di oltre 50 per ricalibrare ciascun punto dati in base al valore dei suoi vicini. Infatti, ogni singolo punto di dati viene aggiunto con i 25 punti dati precedenti e i 25 seguenti punti di dati, quindi la media sostituisce il punto di dati in questione.
- **Decimazione:** Questo è l'ultimo passo che esegue effettivamente modifiche sui dati. La decimazione di un fattore 10 viene applicata ai dati. In questo modo, i dati vengono nuovamente levigati e preservati in un punto su dieci per consentire velocità di elaborazione più elevate nella fase di visualizzazione.
- **Interpolazione:** L'ultimo passo prima di visualizzare i risultati su una mappa 2D è chiamato interpolazione. L'applicazione di questo algoritmo creerà artificialmente punti di dati tra quelli reali per riempire i vuoti. L'interpolatore utilizzato a questo scopo è un interpolatore vicino più vicino basato sulla triangolazione lineare

5. RISULTATI

Le anomalie magnetiche alle medie latitudini presentano una forma dipolare con il centro della sorgente localizzata nel punto di flesso dell'anomalia magnetica misurata come mostrato nella figura sottostante. Tuttavia il campo magnetico può essere soggetto a molti tipi di distorsione locale dovuta alle rotazioni delle placche tettoniche rispetto al polo magnetico e viceversa. Questo fa sì che la forma della anomalia attesa può anche notevolmente discostarsi da quella teorica. Ciò premesso, nell'ambito di una localizzazione di precisione come nel caso in oggetto va tenuto in debito conto che la precisione che si può raggiungere potrebbe non essere ottimale. In particolare con riferimento alla Figura 5 si nota che il picco del campo misurato non è in corrispondenza del centro dell'anomalia che genera il campo stesso e, non conoscendo a priori l'eventuale distorsione del campo, non possiamo sapere di quanto i picchi magnetici si discostano dal centro della sorgente. Per questo motivo le anomalie evidenziate in allegato grafico che indicano un'ipotesi di un'oggetto magnetizzato sepolto sono indicate da una fascia di che rappresenta l'area entro si ritiene possibile lo spostamento dei picchi del campo magnetico. Va quindi intesa come un'area entro la quale si potrà riscontrare il target cercato. Ciò non esclude però che l'area evidenziata, resti comunque il punto di maggiore probabilità in cui si potrà riscontrare la presenza di masse metalliche sepolte.

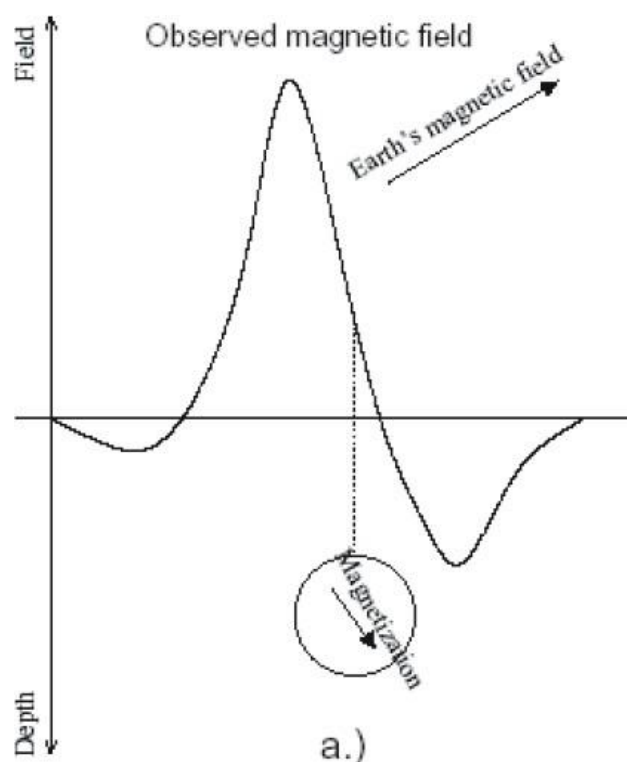


Figura 5 - Anomalia magnetica di una sfera alle medie latitudini

5.1 Analisi dei dati

L'indagine magnetometrica condotta nella città di Cervia (RA) e nello specifico presso l'Istituto Professionale Statale Servizi per l'Enogastronomia e l'Ospitalità Alberghiera "Tonino Guerra" sito in Piazzale P. Artusi n.7 - Cervia (RA) è stata eseguita con lo scopo di verificare la presenza di masse metalliche sepolte. L'indagine è stata articolata in due aree distinte indicate come Area Rossa e Area Arancione. Entrambe le mappe del campo magnetico hanno un range di valori dinamico pari a ± 16 nT. In allegato grafico sono state evidenziate le anomalie magnetiche più importanti identificando aree con picchi positivi e negativi più o meno estese ed anomalie puntuali. Alla luce delle indagini eseguite, sono state riscontrate diverse anomalie con valori di campo magnetico attribuibili alla presenza di materiale metallico quali recinzioni e tombini, anomalie lievi diffuse, attribuibili all'eterogeneità compositiva del sottosuolo investigato e anomalie sia puntuali, dovute alla presenza di elementi ferromagnetici sepolti, la quale natura necessita di ulteriori approfondimenti.

ALLEGATO

Esecuzione indagine magnetometrica per verifica presenza di masse metalliche sepolte Cervia (RA)

Indagini geofisiche

EMISSIONE: Rev.00
DATA: 17/05/2023

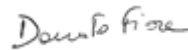
Elaborato	Verificato	Approvato
Antonio Battiato	Donato Fiore	Massimo De Iasi
		
Annalisa Ferraccioli		
		
Gaudia Stella Aquilina		
		

TAVOLA N° 1

Ubicazione indagine magnetometrica - Cervia



Ubicazioni delle indagini presso l'Istituto Professionale Statale Servizi per l'Enogastronomia e l'Ospitalità Alberghiera "Tonino Guerra" sito in Piazzale P. Artusi n.7 - Cervia (RA)



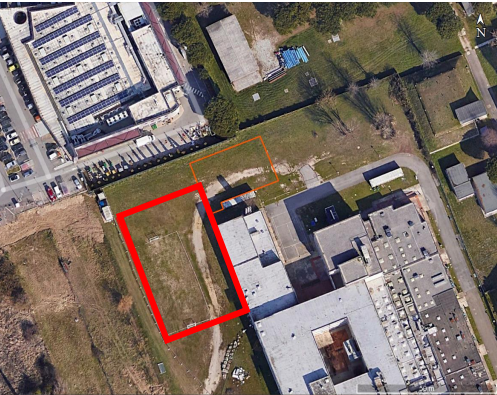
Lavoro:
Esecuzione indagine magnetometrica per verifica presenza di masse metalliche sepolte
Cervia (RA)

Committente:
PROVINCIA DI RAVENNA
Settore Edilizia Scolastica
e Patrimonio

Indagini:
Magnetometrica
Data di esecuzione:
Aprile 2023

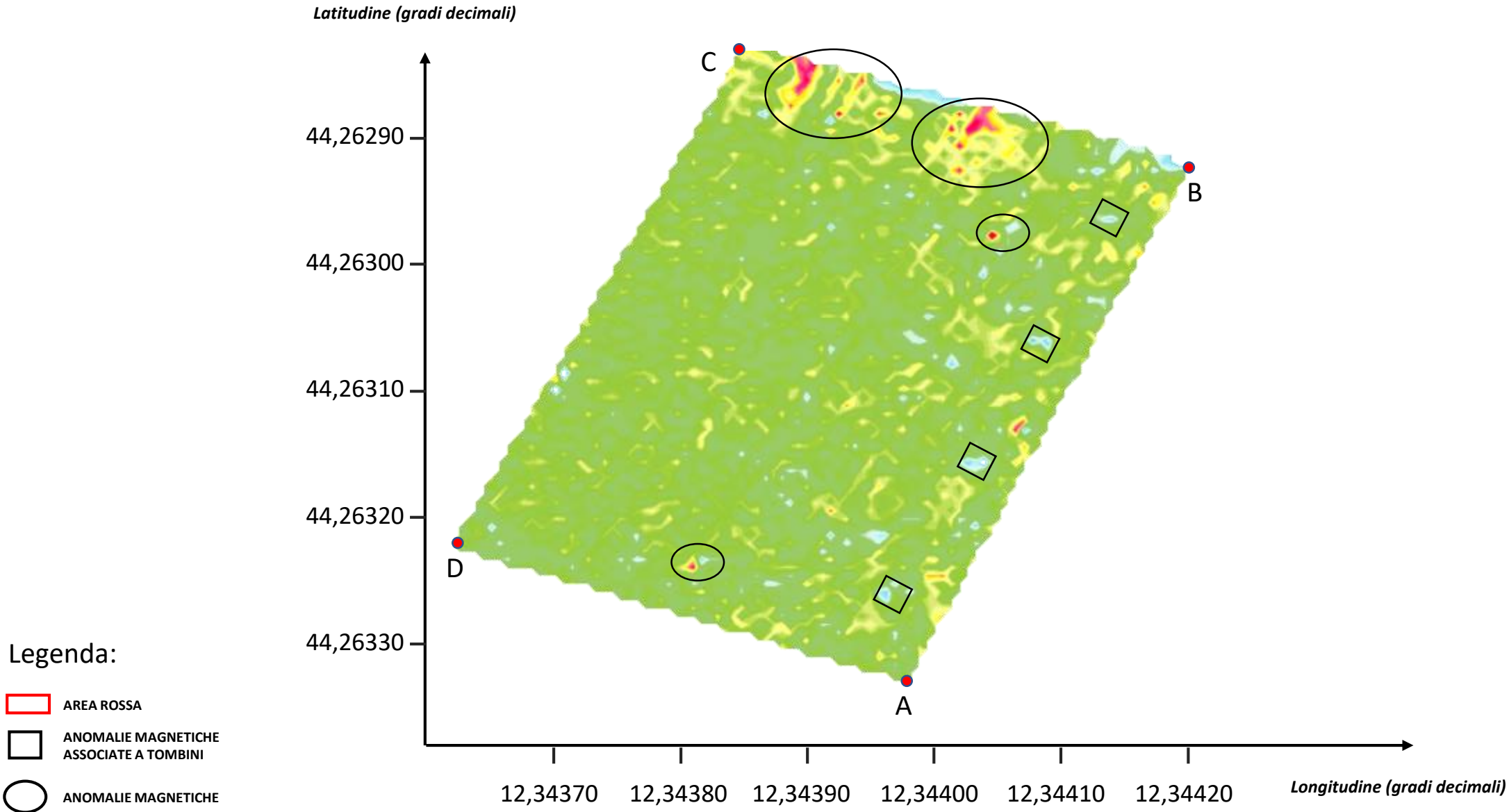
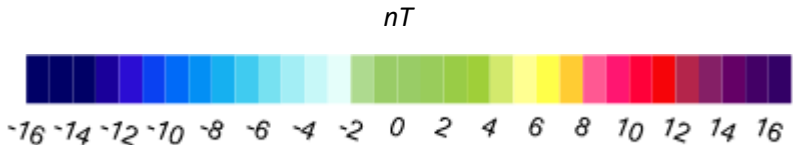
Elaborato: A.Battiato
A. Ferraccioli - G. Aquilina
Verificato: D. Fiore
Approvato: M. De Iasi





Distanza tra i profili: 1 m
Lunghezza profili: 50 m

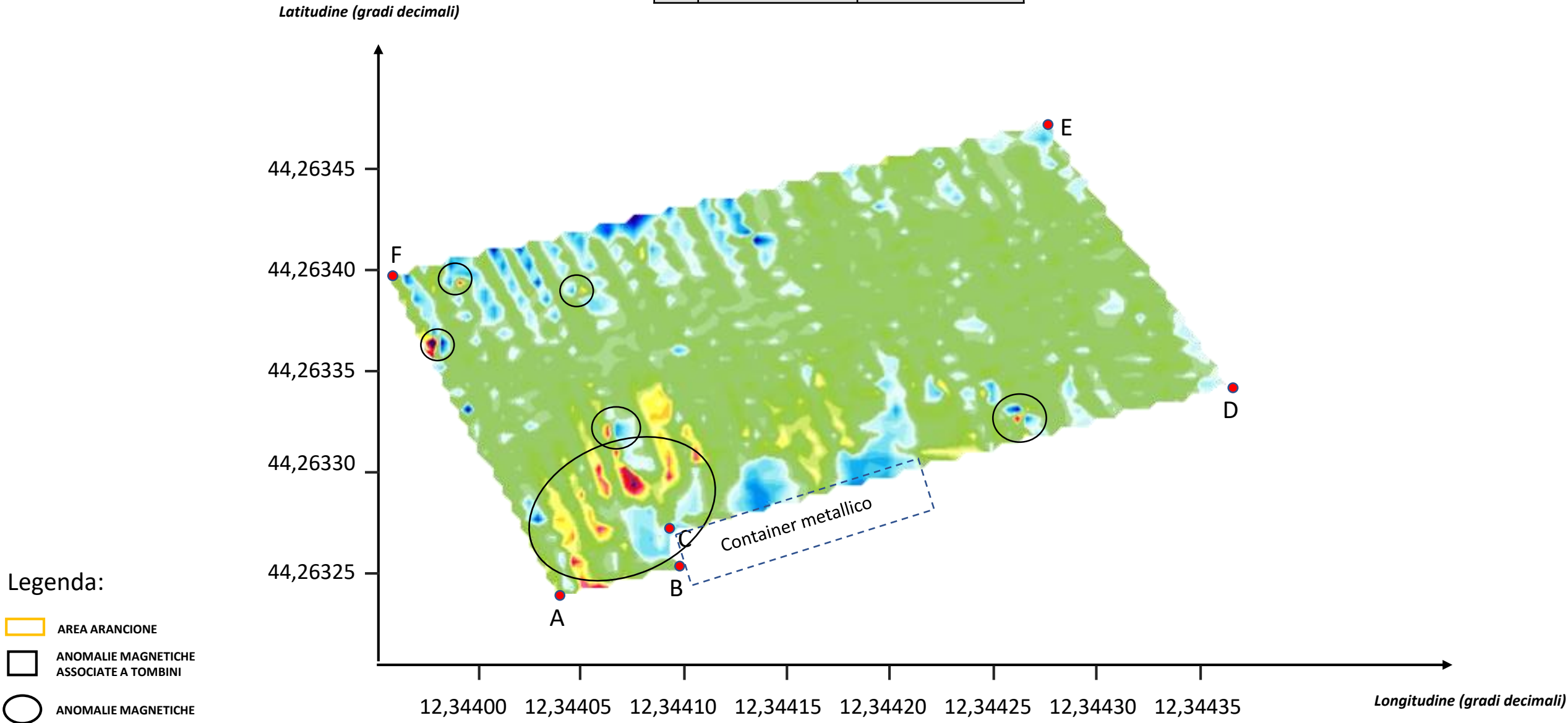
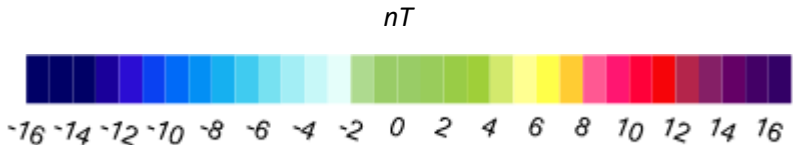
Coordinate (gradi decimali)		
ID	Latitudine	Longitudine
A	44.262915°	12.344209°
B	44.263333°	12.343980°
C	44.263224°	12.343615°
D	44.262821°	12.343850°





Distanza tra i profili: 1 m
Lunghezza profili: 30 m

Coordinate (gradi decimali)		
ID	Latitudine	Longitudine
A	44.263236°	12.3440360°
B	44.263251°	12.3440980°
C	44.263267°	12.3440890°
D	44.263342°	12.3443650°
E	44.263470°	12.3442730°
F	44.263399°	12.3439510°



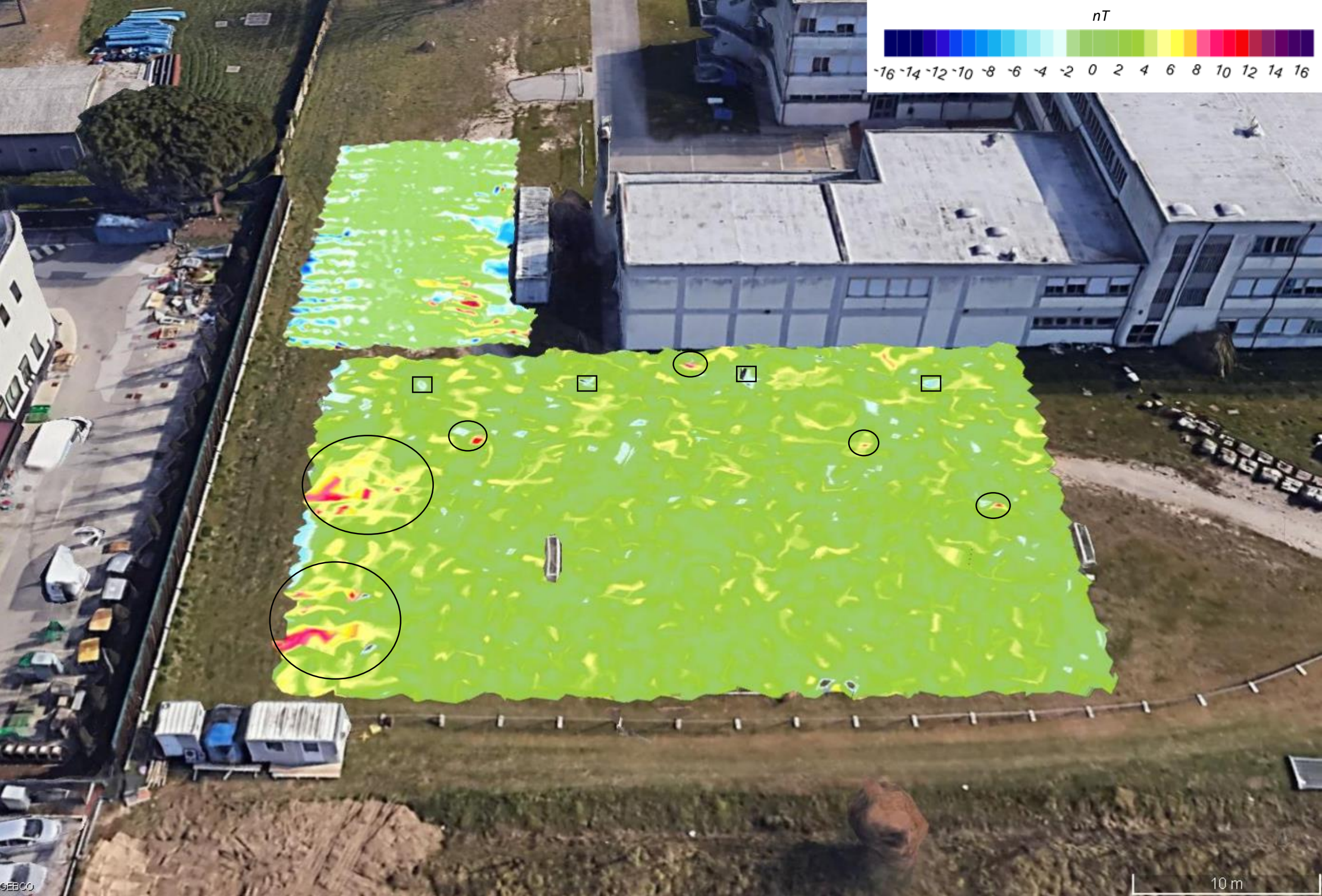
Lavoro:
Esecuzione indagine magnetometrica per verifica presenza di masse metalliche sepolte
Cervia (RA)

Committente:
PROVINCIA DI RAVENNA
Settore Edilizia Scolastica
e Patrimonio

Indagini:
Magnetometrica
Data di esecuzione:
Aprile 2023

Elaborato: A.Battiato
A. Ferraccioli - G. Aquilina
Verificato: D. Fiore
Approvato: M. De Iasi





Lavoro:
Esecuzione indagine magnetometrica per verifica presenza di masse metalliche sepolte
Cervia (RA)

Committente:
PROVINCIA DI RAVENNA
Settore Edilizia Scolastica
e Patrimonio

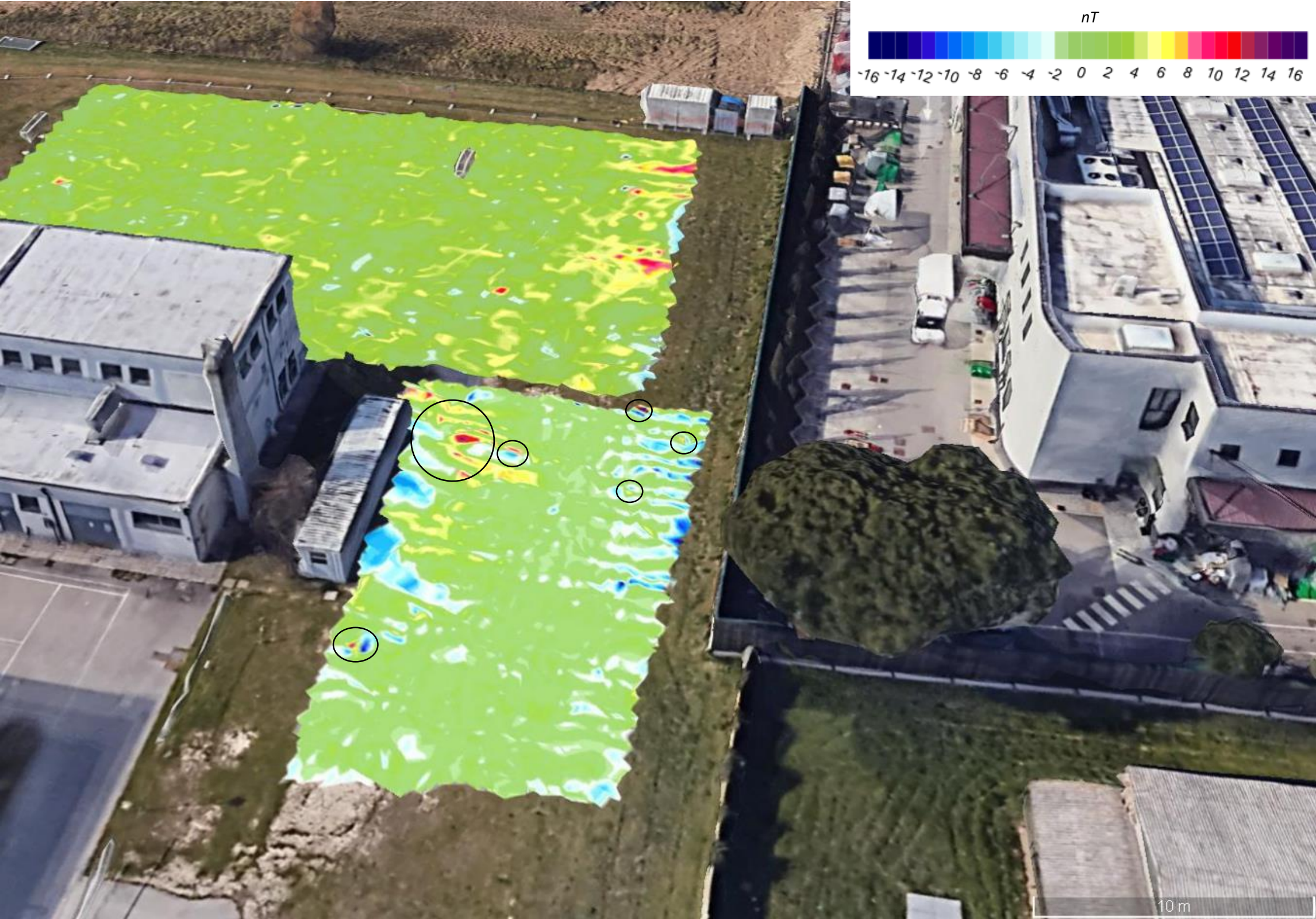
Indagini:
Magnetometrica
Data di esecuzione:
Aprile 2023

Elaborato: A.Battiato
A. Ferraccioli - G. Aquilina
Verificato: D. Fiore
Approvato: M. De Iasi



TAVOLA N°5

Indagine magnetometrica – Area Arancione – Campo magnetico



Lavoro:
Esecuzione indagine magnetometrica per verifica presenza di masse metalliche sepolte
Cervia (RA)

Committente:
PROVINCIA DI RAVENNA
Settore Edilizia Scolastica
e Patrimonio

Indagini:
Magnetometrica
Data di esecuzione:
Aprile 2023

Elaborato: A.Battiato
A. Ferraccioli - G. Aquilina
Verificato: D. Fiore
Approvato: M. De Iasi

