

Rapporto n°20190508

Committente

Consorzio di Bonifica PIANURA di FERRARA

44121 Ferrara - Via Borgo dei Leoni, 28
Codice Fiscale 93076450381
Tel.: 0532.218211 - Fax: 0532.211402
E-mail: info@bonificaferrara.it


Tipo di indagine

Indagine magnetometrica

Progetto

"Riassetto idraulico e recupero del canale Veraglio in Comune di Portomaggiore (FE)"

Data esecuzione misure

19 – 30 aprile 2019

Data emissione rapporto

8 maggio 2019



Redazione

So.Ge.T. di Sartini S., Bianchi A.
snc

Dott. Alessandro Bianchi

Verifica

So.Ge.T. di Sartini S., Bianchi A.
snc

Dott. Simone Sartini

Sommario

1. Scopo dell'indagine.....	3
2. Cenni sul metodo di indagine magnetometrico	4
2.1. Strumentazione magnetometrica utilizzata e linee di acquisizione	6
3. Proposta di interpretazione dei risultati.....	7
4. Allegati	9

1. Scopo dell'indagine

Su incarico della Committenza è stata eseguita una indagine magnetometrica per la mappatura/localizzazione di eventuali interferenze ferromagnetiche di supporto al progetto di "Riassetto idraulico e recupero del canale Veraglio in Comune di Portomaggiore (FE)".

Il rilievo è stato realizzato con un magnetometro GSM 19 ad effetto Overhauser prodotto dalla GEM Systems.

In Figura 1-1 è riportato un inquadramento indicativo dell'area di indagine. Oggetto della presente relazione, dopo una breve illustrazione del metodo, sono i risultati a cui si è pervenuti.



FIGURA 1-1 UBICAZIONE DELL'AREA DI INDAGINE

2. Cenni sul metodo di indagine magnetometrico

Il rilievo magnetometrico è stato realizzato con un magnetometro in configurazione gradiometrica GEM System GSM19 ad effetto Overhauser (Figura 2-1); questo tipo di magnetometro rappresenta una evoluzione del classico sistema a precessione di protoni.



FIGURA 2-1 MAGNETOMETRO GSM19 DELLA GEM SYSTEMS UTILIZZATO NELL'INDAGINE

I magnetometri a protoni misurano il modulo del campo magnetico terrestre sfruttando l'effetto della precessione dei nuclei atomici di sostanze contenute all'interno del sensore, indotta dalla presenza di un campo magnetico esterno. La frequenza di precessione è direttamente proporzionale al campo inducente; la misura avviene in due fasi nelle quali una bobina produce un forte campo magnetico che agisce sul liquido del sensore dello strumento in modo da allineare gli spin dei protoni dei nuclei atomici. Successivamente il campo prodotto dalla bobina viene rimosso e tutti gli spin allineati cominciano a precedere in fase se esiste

un campo magnetico esterno (il campo magnetico terrestre, ad esempio) allineato rispetto agli spin in modo da non avere momento nullo.

Questa categoria di strumenti è caratterizzata da una sensibilità di 0.1 nT ed una frequenza di campionamento massima per alcuni modelli di circa 1 Hz. Il processo di misura è lento poiché comporta una energizzazione del liquido del sensore attraverso la bobina e la misura della precessione la quale induce una corrente sulla bobina di lettura. La precessione dura pochi istanti di tempo a causa dei moti di eccitazione termica che fanno decadere l'allineamento dei protoni.

Il nuovo tipo ad effetto Overhauser misura la frequenza di precessione dei protoni, ma il liquido del sensore contiene sostanze caratterizzate dalla presenza di radicali liberi i quali tendono ad accoppiarsi ai nuclei responsabili della precessione. Questo accoppiamento associato ad un segnale in radiofrequenza che interessa il sensore dello strumento, rende la precessione un processo molto più stabile rispetto alla classica configurazione a protoni. Grazie a questo accorgimento si può raggiungere una frequenza di campionamento massima di 5 Hz, si arriva ad una sensibilità di 0.01 nT, ed il consumo delle batterie di funzionamento viene notevolmente ridotto.

Per il rilievo si è previsto di utilizzare una configurazione gradiometrica che prevede la contemporanea acquisizione del modulo del campo magnetico terrestre su due sensori spazialmente separati. E' stato scelto di disporre i sensori ad una certa distanza verticale (gradiente verticale del campo magnetico terrestre). L'acquisizione del gradiente comporta notevoli vantaggi in quanto vengono filtrati tutti quei campi magnetici che agiscono nello stesso modo sui due sensori; si eliminano quindi i segnali prodotti da sorgenti antropiche, le veloci variazioni temporali di origine ionosferica, i campi di natura geologica a carattere regionale. Inoltre il gradiente del campo magnetico terrestre favorisce l'individuazione dei corpi ubicati nel sottosuolo oggetto di indagine in quanto i massimi delle anomalie di gradiente corrispondono ai bordi delle sorgenti.

Ovviamente il segnale di gradiente di campo di una sorgente decade molto più rapidamente con la distanza rispetto al campo totale, per cui si rinuncia ad una certa profondità di indagine. La tecnica è particolarmente idonea all'individuazione di corpi isolati caratterizzati da forte suscettività magnetica (parametro fisico che descrive la capacità di generare campi magnetici per il fenomeno dell'induzione), come avviene per gli oggetti metallici, oppure per l'individuazione di strutture lineari, come mura e fondazioni, nel caso in cui il materiale utilizzato produca un buon contrasto di suscettività con il materiale incassante.

2.1. Strumentazione magnetometrica utilizzata e linee di acquisizione

Il magnetometro utilizzato per la presente indagine è un GEM System GSM 19 ad effetto Overhauser.

Di seguito sono riportati in dettaglio i parametri del magnetometro GSM 19:

Sensibilità: $< 0.015 \text{ nT} / \sqrt{\text{Hz}}$

Risoluzione: 0.01 nT

Accuratezza assoluta: $\pm 0.1 \text{ nT}$

Range operativo: $10,000 - 120,000 \text{ nT}$

Tolleranza al gradiente: $> 10,000 \text{ nT/m}$

Campionamenti possibili: 60+, 5, 3, 2, 1, 0.5, 0.2 sec

Temperatura operativa: $-40^{\circ}\text{C} \text{ } +55^{\circ}\text{C}$

L'indagine magnetometrica è stata eseguita utilizzando lo strumento in modalità GPS e sono state acquisite linee parallele con equidistanza di 1.0 m . Il tempo di campionamento utilizzato è di 0.5 sec . L'interdistanza tra le bobine riceventi è 1.08 m .

I dati acquisiti sono stati opportunamente filtrati e processati; successivamente si è passati all'importazione degli stessi su specifico software e interpolati mediante algoritmo di kriging che fornisce una mappa a colori dei dati rappresentati.

3. Proposta di interpretazione dei risultati

Alla presente relazione è allegata una tavola in formato A0 denominata Tav.1 in cui sono contenute:

- la Planimetria dell'area di indagine e quadranti individuati – Scala 1:5000;
- le Mappe del segnale analitico di ciascun quadrante;
- la tabella delle coordinate geografiche delle anomalie ferromagnetiche rilevate (Sistema di riferimento Monte Mario / TM Emilia-Romagna EPSG:5659).

La fase di processing e restituzione dei dati avviene in due step distinti:

- 1) al fine di una più corretta localizzazione delle sorgenti di anomalia viene eseguita la trasformazione analitica del modulo del campo magnetico o del gradiente nelle tre direzioni con la finalità di svincolare le anomalie dalla forma dipolare;
- 2) successivamente vengono individuate e marcate le anomalie maggiormente significative in funzione degli scopi dello studio in oggetto.

In Tav.1 si osserva come l'intera area indagata sia stata suddivisa in quadranti al fine di rendere migliore la lettura dei risultati esposti. L'indagine magnetometrica ha rilevato totalmente 11 anomalie ferromagnetiche le cui coordinate cartografiche sono illustrate in tavola (Sistema di riferimento Monte Mario / TM Emilia-Romagna EPSG:5659). All'interno delle mappe del segnale analitico viene fatta la distinzione tra le anomalie che hanno trovato riscontro in superficie con elementi ferromagnetici presenti in sito e le anomalie associabili a target sepolti non osservabili in superficie.

Infine, si segnala la presenza di due aree caratterizzate da forte disturbo del segnale legate alla presenza di elettrodotti (vedi esempio in Figura 3-1); in queste aree risulta difficoltosa la rimozione del rumore magnetico presente e, conseguentemente, non è possibile decretare la presenza/assenza di target ferromagnetici.

A tal proposito, in Tav.1 sono dettagliate, con apposito retino, le aree ad alto livello di disturbo elettromagnetico.



FIGURA 3-1 PRESENZA IN SITO DI ELETTRODOTTI

Ai fini della corretta interpretazione dei risultati, si ricordano quelli che sono i limiti dell'indagine gradiometrica/magnetometrica:

- 1) la massima profondità a cui si può individuare un oggetto è direttamente proporzionale alle dimensioni dell'oggetto stesso. Quindi un bidone metallico può essere individuato a profondità maggiori rispetto ad un tondino metallico;
- 2) la profondità dell'oggetto individuato non può essere determinata se non con il confronto con altre metodologie di indagine;
- 3) la presenza di mattoni, che possiedono un magnetismo residuo dovuto alla loro cottura, generano anomalie magnetiche analoghe a quelle ferrose. Sull'argine, ed in particolare nelle zone di transito dei mezzi, sono visibili materiali inerti con mattoni al loro interno;
- 4) la presenza in superficie di oggetti che producono forti anomalie può mascherare la presenza di un oggetto più profondo che genera un segnale di minore intensità. Per ovviare a questo, si può prevedere la ripetizione delle misure una volta che dall'area sono state rimosse le sorgenti di rumore superficiale.

4. Allegati

Tav.1: Risultati indagine strumentale di supporto alla valutazione del rischio bellico residuo da parte del Coordinatore della Sicurezza