



RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19

## TDT, TERMINAL DARSENA ROSCANA SPA LIVORNO

Client	Drilling Contractor	Georadar Contractor	Rev.	Date	Changes
<b>TDT</b> , Livorno	<b>EURODRILLING</b> commerciale@eurodrilling.it	<b>SCANGEA</b> info@scangea.eu	0	2015-03-19	emissione
Project					
Rilievo Georadar del Container Terminal					
<b>RELAZIONE TECNICA</b>					



RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19

**Il rilievo GEORADAR è stato svolto con la macchina PIPEHAWK**

*State-of-the-art GPR Survey with a PIPEHAWK machine*



**PipeHawk a Buckingham Palace, MANHATTAN ...**



**PipeHawk al lavoro nel CONTAINER TERMINAL della TDT a Livorno, Febbraio 2015**



RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19

## INDICE

1. EXECUTIVE SUMMARY .....	Pag. 04
2. TEAM SCANGEA .....	Pag. 05
3. ELENCO DEGLI ELABORATI .....	Pag. 06
4. SUPERFICIE TOTALE RILEVATA .....	Pag. 07
5. IL GEORADAR PIPEHAWK .....	Pag. 08
6. IL METODO DEL RILIEVO .....	Pag. 10
7. RESTITUZIONE DEL RILIEVO .....	Pag. 12
8. DISCUSSIONE DEI RISULTATI .....	Pag. 13
- STIVA 1A .....	Pag. 14
- STIVA 2A .....	Pag. 18
- STIVA 3A .....	Pag. 23
- STIVA 4A .....	Pag. 28
- STIVA 5A E STIVA 6 .....	Pag. 34
- STRADA ESTERNA .....	Pag. 51
9. APPENDICI .....	Pag. 60
i) Georadar .....	Pag. 61
ii) Radargrammi .....	Pag. 62
iii) Fondamenti di interpretazione dei radar grammi .....	Pag. 64
iv) Timeslices .....	Pag. 66
v) INTRODUZIONE AL GEORADAR (Conferenza tenuta a Roma nel 2010 a beneficio dei tecnici Comunali) .....	Pag. 68

## 1. EXECUTIVE SUMMARY

### **1.1 Incarico**

Nel Febbraio 2015 la società EURODRILLING Srl di Firenze ha commissionato alla SCANGEA il rilievo georadar di aree del Container Terminal nel porto di Livorno di proprietà della TERMINAL DARSENA TOSCANA (TDT) SRL, Livorno. Le aree da rilevare sono quelle interessate dalla costruzione del nuovo anello in fibra ottica di cui la TDT ha affidato la realizzazione alla EURODRILLING.

### **1.2 Descrizione dell'opera**

Il progetto della nuova infrastruttura è ben illustrato negli elaborati grafici forniti dall'Ing. Vittorio Marzuoli della TDT nel corso della riunione propedeutica (kick off) che si è tenuta negli uffici della TDT il 17 Febbraio scorso, e alla quale hanno partecipato per EURODRILLING e SCANGEA:

- Per. Tecn. Leonardo Sciamanna, Project Manager, EURODRILLING;
- Ing. Luigi Cesare Speranza, Project Manager, SCANGEA;
- Arch. Cristina Speranza, Head of Georadar Team, SCANGEA;
- Ing. Alexander Oglezhnev, Georadar Specialist, SCANGEA.

### **1.3 Rilievo Topografico**

Il rilievo topografico di dettaglio dell'area da investigare con il georadar non è incluso nello scopo dei lavori di SCANGEA. In occasione della riunione sopra citata è stato consegnato a SCANGEA il file dwg del progetto del costruendo anello ottico. In fase di restituzione del rilievo georadar SCANGEA ha constatato che la precisione del file ricevuto è adeguata alla restituzione in scala 1:200 (elenco degli elaborati di restituzione nel successivo Capitolo 2).

### **1.4 Informazioni sui servizi esistenti**

Nel corso della riunione del 17 Febbraio si è constatato che la documentazione disponibile circa i servizi presenti nelle aree interessate dal progetto consiste in alcuni elaborati dell'ENEL che riguardano le linee MT e BT esistenti nella strada di accesso, e in un rilievo georadar svolto precedentemente da un'altra ditta specialistica, che copre alcuni tratti della strada esterna ma non identifica i servizi rilevati. Non sono risultati disponibili elaborati di TELECOM, SNAM, e delle altre società di servizi interessate. Poiché la ricerca di informazioni presso dette società ed enti è esclusa dallo scopo dei lavori di SCANGEA, questa **non potrà identificare i servizi** che il nuovo rilievo georadar rivelerà.

### **1.5 Rilievo GEORADAR**

Il rilievo georadar è stato svolto dal Field Team di SCANGEA dal 25 al 28 Febbraio 2015. Le condizioni atmosferiche sono state accettabili. Il rilievo è stato fatto con il georadar inglese PIPEHAWK, che ad oggi rappresenta lo stato dell'arte per la rilevazione dei servizi di medio e piccolo diametro. PIPEHAWK infatti ha la prerogativa esclusiva di fornire automaticamente le **immagini planimetriche dei servizi rilevati** (chiamate TIMESLICES, vedi spiegazioni in appendice). SCANGEA fornisce al Cliente tutte le TIMESLICES di PIPEHAWK, che sono facilmente comprensibili anche da profani (vedi spiegazioni in appendice). Perciò il rilievo georadar di SCANGEA è "auto esplicativo". L'apparato georadar, cioè, documenta in maniera comprensibile da chiunque ciò che ha visto e a quale profondità, e riporta modulo per modulo del rilievo (area elementare di 3x3 m) la profondità raggiunta dal segnale.

La superficie totale di questo rilievo georadar è di **6.183,0 mq**, come mostrato nella tabella riportata nel Capitolo 3.

RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19

## 2. TEAM SCANGEA



Il rilievo è stato svolto dai seguenti membri del TEAM GEORADAR SCANGEA:

- Ing. Luigi Cesare Speranza, Director, Project Manager (primo da sinistra foto in alto)
- Arch. Cristina Speranza, Head of Georadar Department (seconda da sinistra entrambe foto)
- Diploma Eng. Alexander Oglezhnev, Supervisor GPR Team (primo da sinistra foto in basso)
- Diploma Eng. Tomas Petkus, GPR Field Team (terzo da sinistra foto in alto)
- Diploma Eng. Iurii Gututui, GPR Field Team (quarto da sinistra foto in alto)

### **3. ELENCO DEGLI ELABORATI DI RESTITUZIONE DEL RILIEVO**

Riportiamo di seguito l'elenco degli elaborati che costituiscono il presente progetto. Tutti gli elaborati elencati sono stati consegnati per email in formato elettronico il giorno 20 Marzo 2015.

#### **DOCUMENTO**

#### **FORMATO**

1. RELAZIONE TECNICA	File PDF
2. PLANIMETRIA GENERALE DEL RILIEVO (su base dwg fornita da TDT)	File AutoCAD 2006
3. TIMESLICES DI PIPEHAWK	File GIF
-	Stringa georadar LI-1A
-	Stringa georadar LI-1B
-	Stringa georadar LI-1C
-	Stringa georadar LI-2A
-	Stringa georadar LI-2B
-	Stringa georadar LI-3A
-	Stringa georadar LI-4A
-	Stringa georadar LI-5A
-	Stringa georadar LI-5B
-	Stringa georadar LI-5C
-	Stringa georadar LI-6A
-	Stringa georadar LI-6B
-	Stringa georadar LI-6C
-	Stringa georadar LI-6D
-	Stringa georadar LI-6E
-	Stringa georadar LI-6F
4. PLANIMETRIE Scala 1:200	File PDF
-STIVA 1A (N. 5 tavole: da TAV 1-01 a TAV 1-05)	
-STIVA 2A (N. 6 tavole: da TAV 2-01 a TAV 2-06)	
-STIVA 3A (N. 4 tavole: da TAV 3-01 a TAV 3-04)	
-STIVA 4A (N. 4 tavole: da TAV 4-01 a TAV 4-04)	
-STIVA 5A – STIVA 6 (N. 6 tavole: da TAV 5-01 a TAV 5-06)	
-STRADA ESTERNA (N. 6 tavole: da TAV 7-01 a TAV 7-05) (NB: le stringhe sono denominate come LI-6A, 6B etc.)	



## 5. IL GEORADAR PipeHawk



Il rilievo è stato svolto con il georadar EMRAD PipeHawk, che SCANGEA ha per prima importato in Italia.

PipeHawk è stato sviluppato dal fisico inglese R. J. Chignell, responsabile della bonifica dalle mine in plastica dell'area di Port Stanley all'indomani della guerra delle Falkland tra Inghilterra e Argentina, 1982. L'esperienza di quel progetto ha costituito il punto di partenza dello sviluppo di PipeHawk.

Nelle parole del suo ideatore, PipeHawk è un *“universal pipe and cable detection system, designed as a street machine to be operated by utility company personnel”*.

PipeHawk è stato dunque progettato specificamente per rilevare tubi e servizi fatti di qualunque materiale (universal detection system), anche di diametri molto piccoli. Inoltre, il sistema è stato concepito con l'intento di restituire dati immediatamente comprensibili, che non richiedessero ulteriori elaborazioni computerizzate e l'interpretazione di uno specialista in geofisica.

Questi risultati sono stati brillantemente raggiunti grazie a:

- Un'antenna estremamente sofisticata che emette segnali in multifrequenza compresi nell'intervallo tra 150 MHz e 1 GHz (gli apparati georadar concorrenti operano con antenne in monofrequenza), ed è in grado di individuare servizi del diametro minimo di 1,90 cm (0,75");
- Il software interno di PipeHawk, che svolge automaticamente l'elaborazione dei dati radar restituendo direttamente le immagini dei servizi.

A oltre vent'anni dal suo sviluppo PipeHawk è ancora il radar da sottoservizi più efficace.

Informazioni più dettagliate sono disponibili in appendice. Tuttavia, allo scopo di fornire una prima impressione completa della macchina e delle operazioni di rilievo, anticiperemo nei due capitoli immediatamente seguenti alcune informazioni essenziali sul metodo del rilievo e sui risultati che si ottengono.

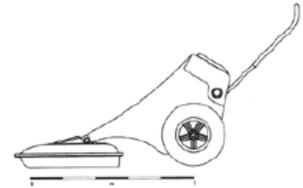
Riportiamo ora di seguito le principali caratteristiche tecniche di PipeHawk.

## PRODUCT SPECIFICATION

### PipeHawk II Ground Probing Radar System

#### Dimensions - Operational

	Handle Retracted	Handle Extended
Height	71cm (28")	102cm (40")
Length	136cm (53")	180cm (70")
Width	58cm (23")	



#### Weight - Operational

44kg (97lbs)

#### Power Supply

Rechargeable battery	24v 10Ah Sealed Unit (2 Supplied) Performance Life - up to 4 hours each Average Life - up to 300 charge cycles each
----------------------	--

#### Operator Interface

7 interactive software addressable keys  
 Menu driven software

#### Battery Charger

Input voltage	110/240v
Output voltage	24v 4A
Dimensions	228mm x 178mm x 178mm (9" x 7" x 7")

#### Wheels

Pneumatic 4.00-8 tyres fitted with inner tubes, pressure 68kPa (10psi).

#### Display Screen

Colour LCD 215mm (8.4"). Anti glare hood supplied.

#### Antenna System

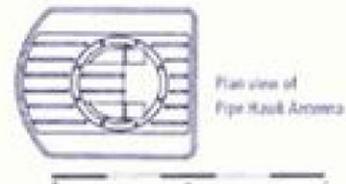
Transmitter and Receiver Radar Unit: protected by an operator serviceable wear membrane.

150MHz - 1GHz Wide Band Pulsed Signal.

Average power emission - 2 mW

Floating antenna head to accommodate surface undulation. Currently there are two antenna choices available. They are identical in appearance but have different performance parameters and are easily interchangeable. The system automatically recognises which type of antenna is fitted and selects the software parameters accordingly.

The antennas are identified as high resolution or standard. The high resolution unit is designed to detect smaller diameter targets at depths up to 1.5m (5ft). The standard unit is designed to achieve a penetration greater than 2.5m (8ft).



#### Detection

Down to a depth of 2.5m (8ft) depending on soil conditions.

Minimum target diameter 18mm (0.75").

Plastics, fibre optics, metals, asbestos cement, concrete, clay, wood and underground cavities.

#### Data Storage

Data is automatically stored on the onboard hard disc drive.

Capacity 30,000 square metres of surveyed area (300,000 square feet).

#### Data Output

Data is processed on the unit while on site and is displayed on the screen.

Data may also be downloaded (transferred) to a suitable portable or desktop computer for back up and system maintenance purposes.

High speed off-line processing and printing of data sets is enabled by the PipeHawk DSP unit which is available at additional cost.

Laplink cables and data transfer software is supplied as standard.

**FIG. 01**  
**SPECIFICHE TECNICHE DEL GEORADAR PIPEHAWK**

## 6. METODO DEL RILIEVO – MODULO , STRINGHE, INSIEMI DI SCANSIONI

Il rilievo georadar con la macchina PipeHawk si esegue su stringhe di aree elementari quadrate di lato pari a 3 m, chiamate moduli. Ciascun modulo è rilevato con scansioni in due direzioni ortogonali. Una direzione è quella della dimensione longitudinale della stringa (SCANSIONI L) e l'altra è la perpendicolare (SCANSIONI T). Questo perché l'acuità visuale del radar è massima quando l'asse di scansione forma un angolo retto con l'asse del bersaglio lineare costituito dal servizio. Si definisce piano di scansione il piano verticale a cui appartiene il percorso del radar lungo una singola scansione.

Il software di PipeHawk è costruito per elaborare insiemi di 7 o più scansioni. La logica del software è quella di selezionare ed evidenziare i bersagli che al variare delle scansioni appaiono nella stessa posizione o in posizioni raccordabili. Tali bersagli sono le intersezioni di oggetti lineari (i servizi) con il fascio dei piani verticali paralleli di scansione.

Dato un modulo e scelto il lato di partenza delle scansioni, la prima si svolge lungo il lato perpendicolare sinistro del modulo, e le successive seguono spostando il punto di partenza a mano a mano a destra sul lato di base. La sinistra e la destra del modulo sono riferite a ciò che si vede guardando il modulo dalla base di partenza.

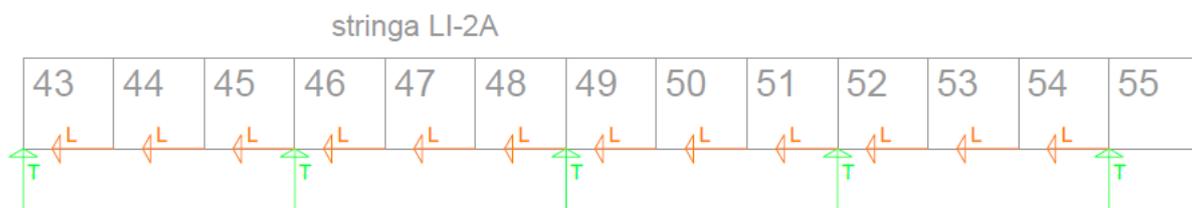
Ricapitolando, le scansioni vanno fatte come segue.

### - SCANSIONI L

Si eseguono a gruppi di 7, con interasse pari a 50 cm, generalmente su un solo modulo per volta. Quando più stringhe sono affiancate, le scansioni L si possono estendere anche ai moduli adiacenti aumentando l'interasse a 100 cm. In questo caso, se le stringhe affiancate sono 3, il numero di scansioni L può arrivare a 10.

### - SCANSIONI T

Si eseguono a gruppi di 10, con interasse pari a 100 cm, su tre moduli contigui per volta. Quando la stringa termina con due moduli oltre l'ultima tripletta, il numero di scansioni T viene ridotto a 7, ancora a interasse di 100 cm. Se la stringa termina con un modulo solo, si eseguono 7 scansioni a interasse di 50 cm.



**FIG. 02**

### **ESEMPIO DI STRINGA DI MODULI**

**Le frecce indicano l'origine e il verso delle scansioni nei moduli.**

Illuminando il layer " **scangea gpr B GRID\_verso-scansioni** " dell'elaborato AutoCAD di restituzione del rilievo (articolo 1 dell'elenco del Capitolo 2) si possono vedere i versi di scansione indicati con frecce di due colori:

- Colore verde per SCANSIONI T
- Colore giallo per SCANSIONI L



---

RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19

L'origine delle frecce gialle identifica il punto di partenza delle scansioni L. La punta (o l'origine) delle frecce verdi identifica il punto di partenza delle scansioni T. L'origine e il verso delle scansioni sono necessari per leggere le TIMESLICES di PipeHawk, che riportano le immagini planimetriche dei servizi rilevati. Nelle TIMESLICES la partenza della prima scansione è sempre in alto a sinistra nelle immagini.

Informazioni e spiegazioni sul georadar PipeHawk, sui dati del rilievo georadar (RADARGRAMMI e TIMESLICES) e sul come leggere le peculiari TIMESLICES di PipeHawk sono fornite in appendice.

**7. RESTITUZIONE DEL RILIEVO – TIMESLICES, GRADO DI ATTENDIBILITA'**

Il georadar PipeHawk è dotato di un software che restituisce immagini planimetriche dei moduli (o gruppi di moduli) rilevati, nelle quali si possono vedere le sagome dei bersagli lineari rilevati (servizi) e le profondità di detti bersagli. Queste immagini si chiamano TIMESLICES. L'origine del termine, che in inglese vuol dire letteralmente "fette temporali", è dovuta al fatto che il radar misura i tempi di ritorno delle eco, e non le distanze dei bersagli che le generano. Le distanze sono ricavate dal software tramite correlazione con la costante dielettrica del suolo, dalla quale dipende la velocità di propagazione dei segnali elettromagnetici.

Le TIMESLICES di PipeHawk sono **planimetrie stratigrafiche** delle aree elementari indagate. Il software di PipeHawk, cioè, divide in 7 strati orizzontali il volume avente come base l'area del modulo (o del gruppo di moduli) scandito/i e come altezza la profondità massima raggiunta dal segnale, e quindi restituisce la planimetria di ciascuno dei sette strati. E' anche fornita una visione "somma" dei singoli strati (figura in appendice).

Per ciascun modulo (o gruppo di moduli scanditi insieme) del rilievo PipeHawk restituisce due insiemi di stratigrafie: quello relativo alle SCANSIONI T e quello relativo alle SCANSIONI L. E' interessante notare che in generale la profondità massima raggiunta nei due insiemi di scansioni (L e T) relativi a uno stesso modulo sono diverse, spesso molto diverse.

In appendice sono fornite spiegazioni più dettagliate, corredate da figure.

Le immagini dei bersagli contenute nelle stratigrafie si possono quindi scalare e riportare su un elaborato AutoCAD, ed è così che si genera l'elaborato AutoCAD di restituzione del rilievo.

**SCANGEA fornisce al Cliente non solo gli elaborati AutoCAD e le relative stampe in PDF, ma anche le TIMESLICES di PipeHawk in formato GIF.** Questo permetterà al Cliente di verificare, modulo per modulo:

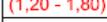
1. La profondità massima raggiunta dal segnale radar;
2. L'intervallo di profondità entro cui appare il bersaglio interpretato come servizio;
3. La chiarezza con cui è visibile il bersaglio interpretato come servizio.

A seconda della chiarezza del bersaglio interpretato come servizio, si associa al servizio stesso un grado di attendibilità, come segue:

- **ATTENDIBILITA' ALTA**
- **ATTENDIBILITA' MEDIA**
- **ATTENDIBILITA' BASSA**

Lo stesso vale per i bersagli interpretati come strutture sotterranee (tombini, camerette etc.).

Negli elaborati grafici di restituzione il grado di attendibilità dei servizi e delle strutture sotterranee rilevati è rappresentato da linee e campiture di tipo diverso, come indicato nella legenda che appare in ogni tavola, riportata qui di seguito.

Legenda	
	Servizio rilevato con radar, attendibilità ALTA
	Servizio rilevato con radar, attendibilità MEDIA
	Servizio rilevato con radar o estrapolato, attend.BASSA
	Struttura sotterr. rilevata con radar, attendib. ALTA
	Struttura sotterr. rilevata con radar, attendib. MEDIA
	Struttura sotterr. rilevata con radar, attendib. BASSA
	Profondità bersagli radar rilevati (livelli superiore-infer.)
	Servizio riportato in base a Informazioni da UTILITIES
	Chiusini, ripristini asfalto e altri oggetti, OSSERVATI
	Servizio osservato o dedotto da Interpolazione chiusini



---

RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19

**8. DISCUSSIONE DEI RISULTATI DEL RILIEVO GEORADAR**

*Riportiamo di seguito una sommaria discussione dei risultati del rilievo georadar, analizzando separatamente ciascuna area indagata ( stazione georadar ) e le stringhe di moduli relative.*

**8.1 STAZIONE GEORADAR 1**  
**STIVA 1A**

L'area è stata rilevata il 26 Febbraio 2015, con la macchina georadar PIPEHAWK Mk1.

Sono state scandite no. 3 stringhe:

- Stringa LI-1A;
- Stringa LI-1B;
- Stringa LI-1C

per un totale di 118 moduli da 3x3 metri, pari ad una superficie totale indagata di 1.062,0 mq.

La profondità di penetrazione del segnale radar si può leggere, modulo per modulo, nelle TIMESLICES allegate.

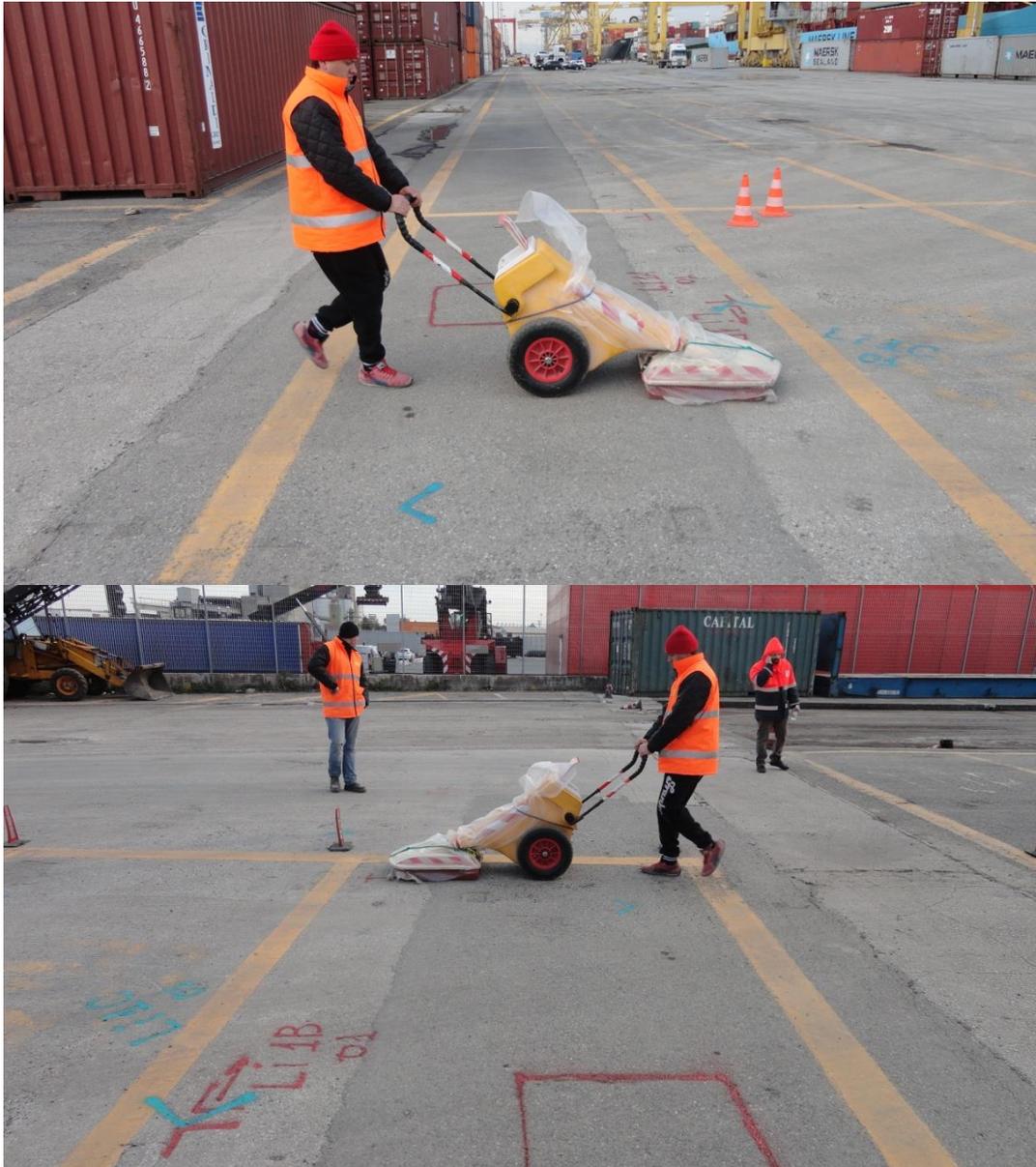
STAZIONE GEORADAR (GPR)				MODULI	AREA
NOME VIA - IDENTIFICAZ. AREA				3X3	RILEVATA
STRINGHE					9
(vedi tavole)					mq/modulo
TAVOLE				Numero	mq
Stazione GPR 1	STIVA 1A	LI-1A	TAV da 1-01 a 1-05	102,0	918,0
		LI-1B	TAV 1-01	8,0	72,0
		LI-1C	TAV 1-01	8,0	72,0
				118,0	1.062,0

Servizi rilevati

L'esame visuale dell'area rilevata ha individuato innanzi tutto il cavidotto in cemento armato che corre parallelo alla banchina e che è stato assunto come riferimento per il progetto dell'anello ottico. Sono anche stati notati ripristini nella pavimentazione in asfalto in corrispondenza dei quali il radar ha rilevato dei servizi. Non sono stati notati chiusini di camerette o di altre strutture del sottosuolo.

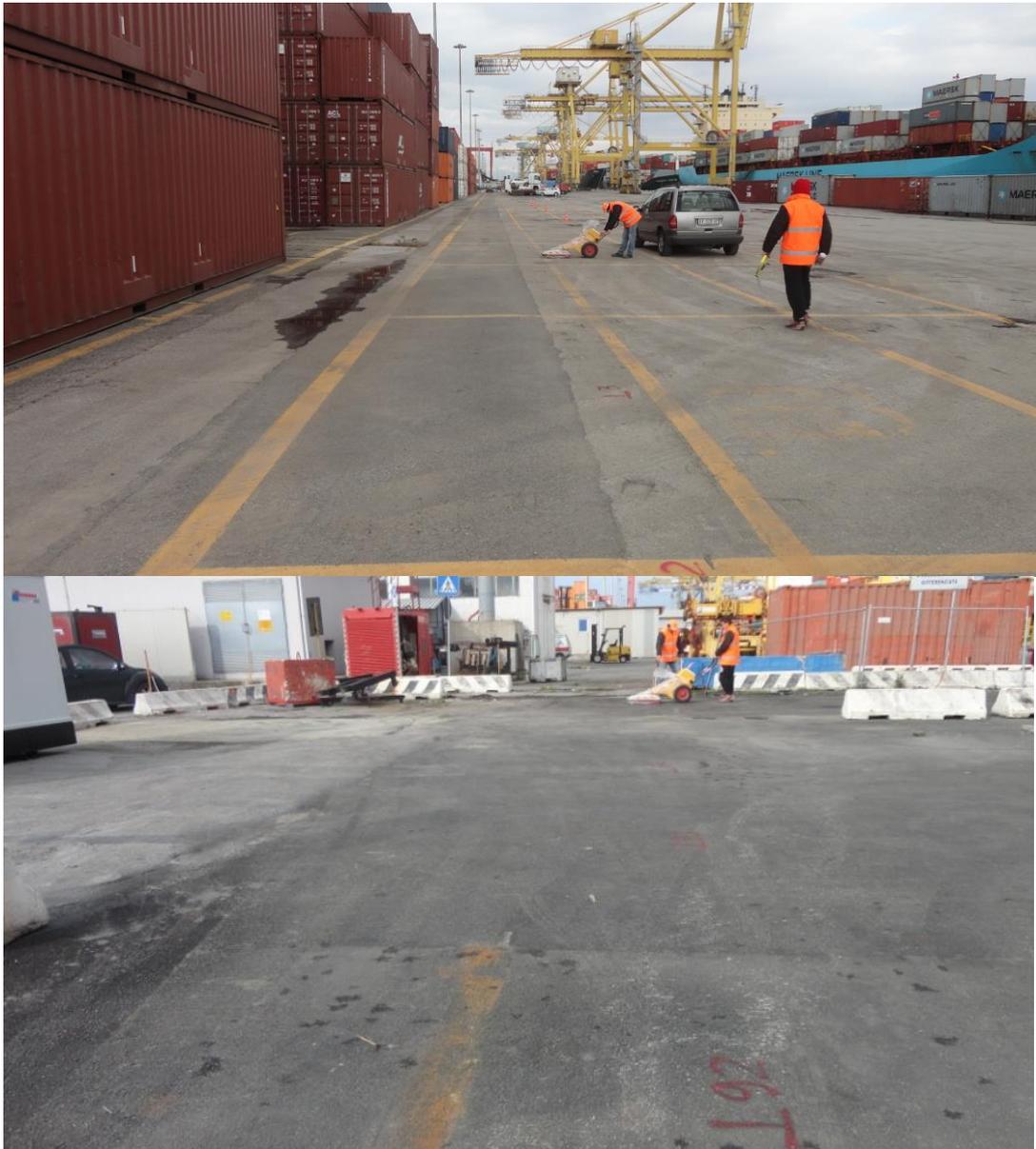
Il radar ha rilevato eco compatibili con un discreto numero di servizi trasversali e tre servizi longitudinali, dei quali quello adiacente al cavidotto in cemento armato potrebbe essere la riflessione della parete del cavidotto stesso.

Come già detto, in pratica non si dispone di informazioni dalle "Utilities", e dunque non è stato possibile identificare i servizi rilevati.



RILIEVO GEORADAR STIVA 1A

RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19



RILIEVO GEORADAR STIVA 1A



RILIEVO GEORADAR STIVA 1A

## **8.2 STAZIONE GEORADAR 2**

### **STIVA 2A - PARCHEGGIO MEZZI PESANTI, SERBATOI NAFTA - ZONA UFFICI**

L'area è stata rilevata il 28 Febbraio 2015, con la macchina georadar PIPEHAWK Mk1.

Sono state scandite no. 2 stringhe:

- Stringa LI-2A;
- Stringa LI-2B (zona uffici);

per un totale di 112 moduli da 3x3 metri, pari ad una superficie totale indagata di 1.008,0 mq.

La profondità di penetrazione del segnale radar si può leggere, modulo per modulo, nelle TIMESLICES allegate.

STAZIONE GEORADAR (GPR)				MODULI	AREA
NOME VIA - IDENTIFICAZ. AREA				3X3	RILEVATA
STRINGHE					9
(vedi tavole)					mq/modulo
TAVOLE				Numero	mq
Stazione GPR 2	STIVA 2A	LI-2A	TAV da 2-01 a 2-06	86,0	774,0
		LI-2B	TAV 2-02	26,0	234,0
				112,0	1.008,0

### Servizi rilevati

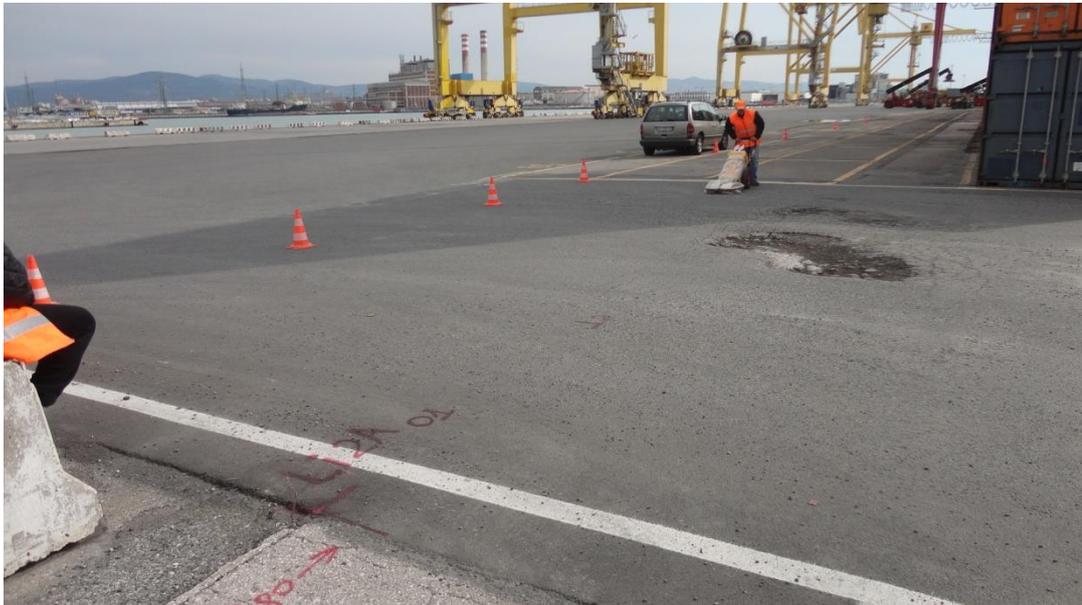
Si è osservato che il cavidotto in cemento armato che corre parallelo alla banchina, e che è stato assunto come riferimento per il progetto dell'anello ottico, è coperto da asfalto nella zona del parcheggio mezzi pesanti adiacente ai serbatoi di nafta. Il reticolo del rilievo tuttavia è stato spiccato in modo che la base delle SCANSIONI T continuasse ad essere il lato Est del cavidotto.

Sono stati notati ripristini nella pavimentazione in asfalto in corrispondenza dei quali il radar ha rilevato dei servizi. Non sono stati notati chiusini di camerette o di altre strutture del sottosuolo.

Il radar ha rilevato eco compatibili con un discreto numero di servizi trasversali e tre servizi longitudinali, dei quali quello adiacente al cavidotto in cemento armato potrebbe essere la riflessione della parete del cavidotto stesso.

Come già detto, in pratica non si dispone di informazioni dalle "Utilities", e dunque non è stato possibile identificare i servizi rilevati.

RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19



RILIEVO GEORADAR STIVA 2A

---

RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19



RILIEVO GEORADAR STIVA 2A

RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19



RILIEVO GEORADAR ZONA UFFICI PROSSIMA A STIVA 2A

RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19



RILIEVO GEORADAR STIVA 2A

**8.3 STAZIONE GEORADAR 3**  
**STIVA 3A**

L'area è stata rilevata il 28 Febbraio 2015, con la macchina georadar PIPEHAWK Mk1.

E' stata scandita no. 1 stringa di moduli:  
 -Stringa LI-3A

per un totale di 108 moduli da 3x3 metri, pari ad una superficie totale indagata di 972,0 mq.

La profondità di penetrazione del segnale radar si può leggere, modulo per modulo, nelle TIMESLICES allegate.

STAZIONE GEORADAR (GPR)				MODULI	AREA
NOME VIA - IDENTIFICAZ. AREA				3X3	RILEVATA
STRINGHE					9
(vedi tavole)					mq/modulo
TAVOLE				Numero	mq
Stazione GPR 3	STIVA 3A	LI-3A	TAV da 3-01 a 3-04	108,0	972,0

**Servizi rilevati**

Si è osservato che il cavidotto in cemento armato che corre parallelo alla banchina, e che è stato assunto come riferimento per il progetto dell'anello ottico, è coperto da asfalto nella corsia di passaggio mezzi tra le stive 3A e 4A.

Si è anche osservato che in corrispondenza del modulo 18 da esso parte un secondo cavidotto in cemento armato, approssimativamente delle stesse dimensioni, in direzione ortogonale. Si tratta del cavidotto che ospita il cavo ENEL MT che va ad alimentare le gru di banchina.

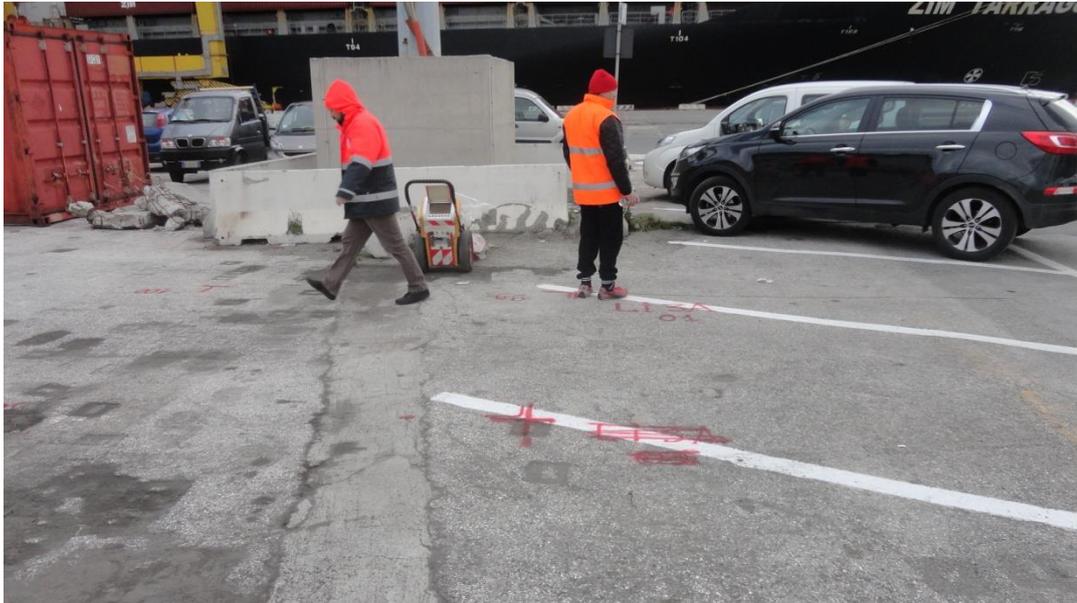
Il reticolo del rilievo è stato spiccato in modo che la base delle SCANSIONI T sia il lato Est del primo cavidotto.

Sono stati notati ripristini nella pavimentazione in asfalto in corrispondenza dei quali il radar ha rilevato dei servizi. Oltre al cavidotto ENEL non sono stati notati chiusini di camerette o di altre strutture del sottosuolo.

Il radar ha rilevato eco compatibili con un discreto numero di servizi trasversali e tre servizi longitudinali, dei quali quello adiacente al cavidotto in cemento armato potrebbe essere la riflessione della parete del cavidotto stesso.

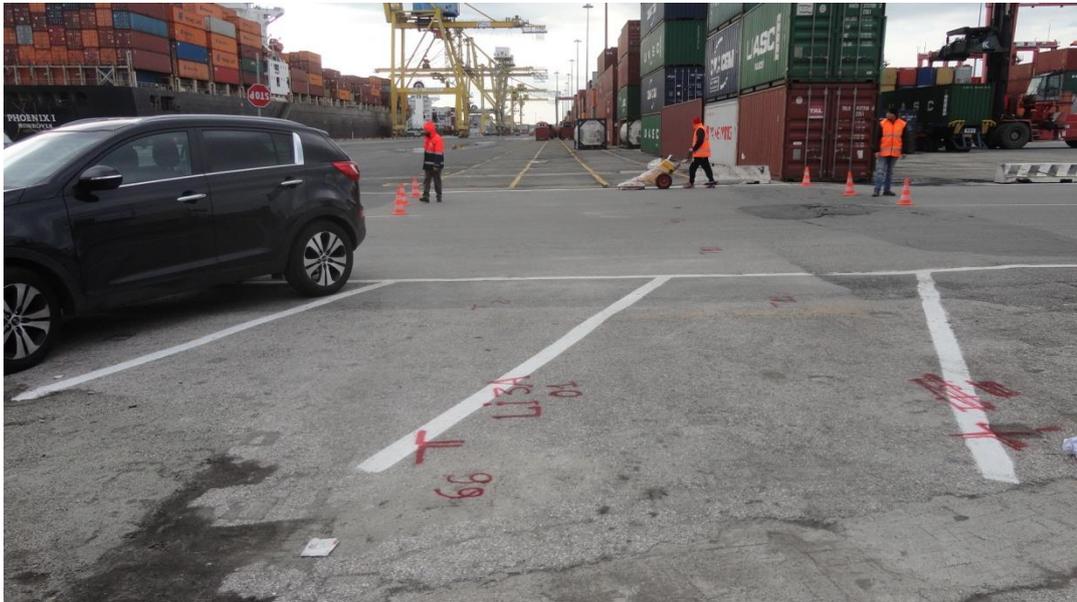
Come già detto, in pratica non si dispone di informazioni dalle "Utilities", e dunque, con l'eccezione del cavo ENEL, non è stato possibile identificare i servizi rilevati.

RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19



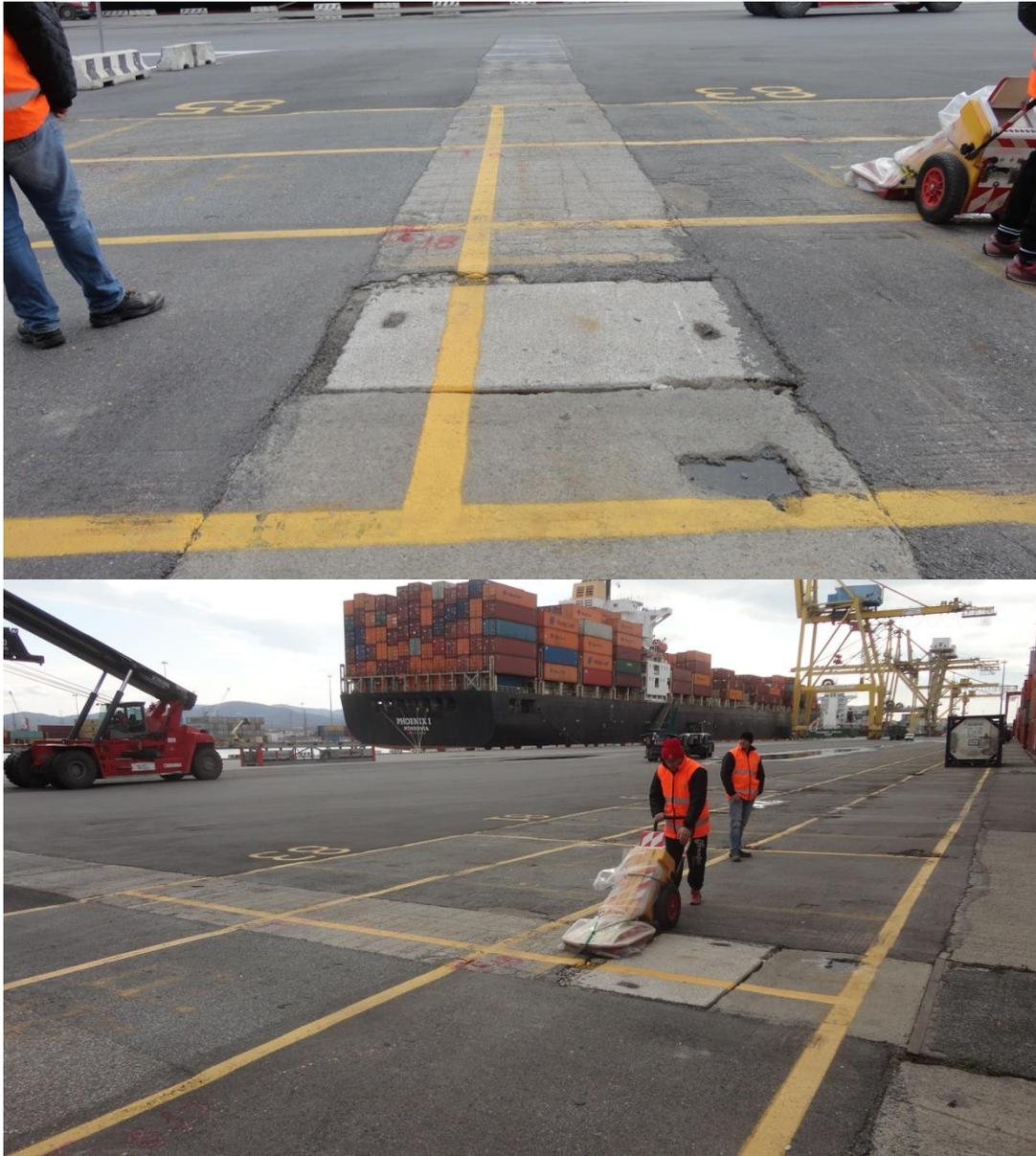
RILIEVO GEORADAR STIVA 3A

RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19



RILIEVO GEORADAR STIVA 3A

RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19



RILIEVO GEORADAR STIVA 3A

RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19



RILIEVO GEORADAR STIVA 3A

**8.4 STAZIONE GEORADAR 4**  
**STIVA 4A**

L'area è stata rilevata il 25 e il 26 Febbraio 2015, con la macchina georadar PIPEHAWK Mk1.

E' stata scandita no. 1 stringa di moduli:  
 -Stringa LI-4A

per un totale di 107 moduli da 3x3 metri, pari ad una superficie totale indagata di 963,0 mq.

La profondità di penetrazione del segnale radar si può leggere, modulo per modulo, nelle TIMESLICES allegate.

STAZIONE GEORADAR (GPR)				MODULI	AREA
NOME VIA - IDENTIFICAZ. AREA				3X3	RILEVATA
STRINGHE					9
(vedi tavole)					mq/modulo
TAVOLE				Numero	mq
Stazione GPR 4	STIVA 4A	LI-4A	TAV da 4-01 a 4-04	107,0	963,0

Servizi rilevati

Si è osservato che il cavidotto in cemento armato che corre parallelo alla banchina, e che è stato assunto come riferimento per il progetto dell'anello ottico, è coperto da asfalto nella corsia di passaggio mezzi tra le stive 4A e 5A.

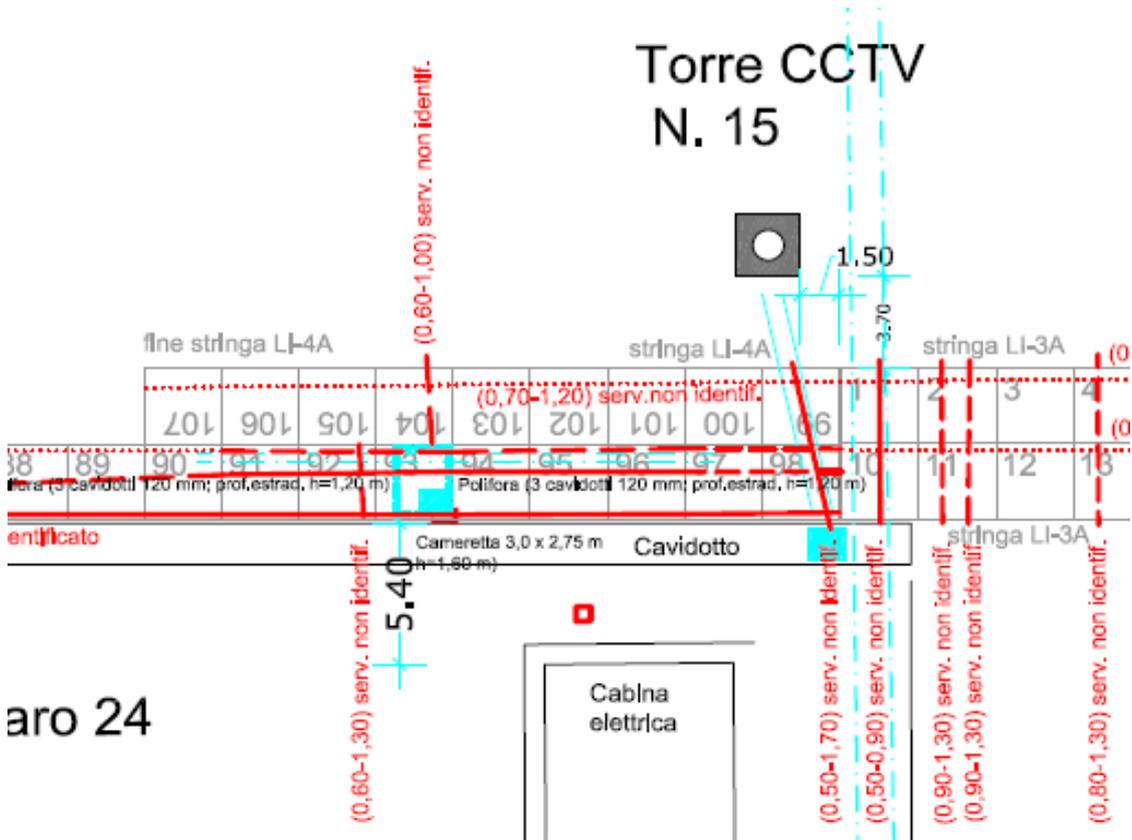
Si è anche osservato che in corrispondenza del modulo 93 è situata una cameretta di dimensioni approssimative 3,0 x2,75 m, profonda 1,60 m, adiacente al cavidotto.

SCANGEA ha aperto il chiusino e si è osservato che la cameretta riceve un cavo MT dalla contigua cabina ENEL. Questo poi si imbecca in una polifora e si dirige verso sud, in direzione del cavidotto perpendicolare a quello solito, osservato in corrispondenza del modulo 18 della stiva 3A (stringa (LI-3A)). Si deve trattare dunque, come indicato dai tecnici della TDT presenti, del cavo ENEL MT che va ad alimentare le gru di banchina.

Sono inoltre stati notati ripristini nella pavimentazione in asfalto e in cemento, in corrispondenza dei quali il radar ha rilevato dei servizi.

Lungo la stiva 4A Il radar ha rilevato eco compatibili con un discreto numero di servizi trasversali e tre servizi longitudinali, dei quali quello adiacente al cavidotto in cemento armato potrebbe essere la riflessione della parete del cavidotto stesso.

Come già detto, in pratica non si dispone di informazioni dalle "Utilities", e dunque, con l'eccezione del cavo ENEL, non è stato possibile identificare i servizi rilevati.

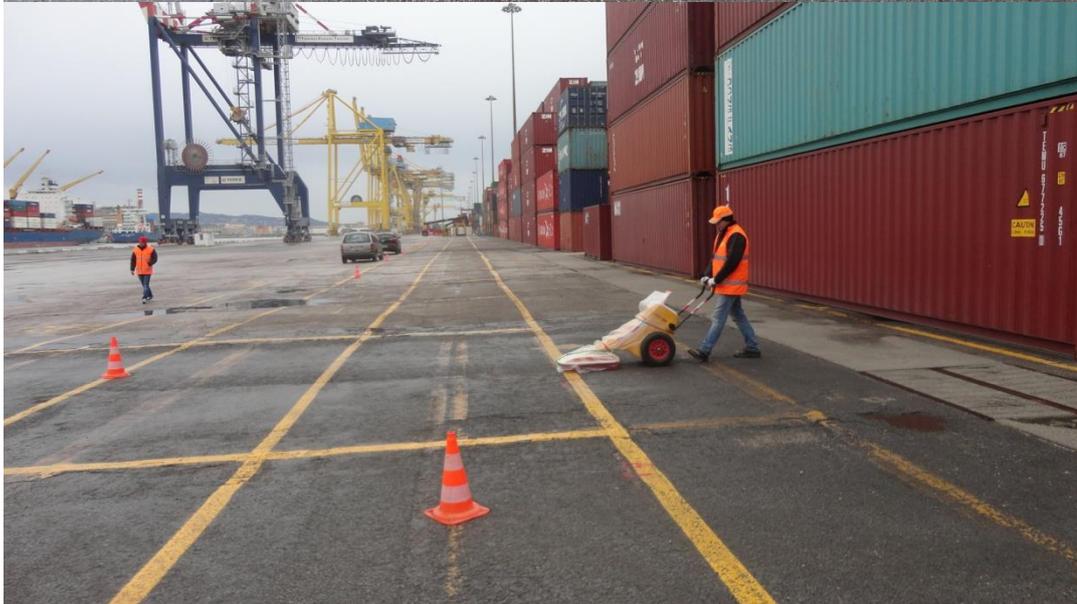


Dettaglio della Stiva 4A in prossimità della cabina ENEL.  
 Si noti la posizione della cameretta che occupa il modulo 93.



RILIEVO GEORADAR STIVA 4A

RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19



RILIEVO GEORADAR STIVA 4A

RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19



RILIEVO GEORADAR STIVA 4A



Lato Sud della cameretta

Lato adiacente cabina ENEL

RILIEVO GEORADAR STIVA 4A

### **8.5 STAZIONE GEORADAR 5** **STIVA 5A – STIVA 6**

L'area è stata rilevata il 25 e il 27 Febbraio 2015, con la macchina georadar PIPEHAWK Mk1.

Sono state scandite n. 3 stringhe di moduli:

- Stringa LI-5A
- Stringa LI-5B
- Stringa LI-5C

per un totale di 155 moduli da 3x3 metri, pari ad una superficie totale indagata di 1.395,0 mq.

La profondità di penetrazione del segnale radar si può leggere, modulo per modulo, nelle TIMESLICES allegate.

STAZIONE GEORADAR (GPR)				MODULI	AREA
NOME VIA - IDENTIFICAZ. AREA				3X3	RILEVATA
STRINGHE					9
(vedi tavole)					mq/modulo
TAVOLE				Numero	mq
Stazione GPR 5-6	STIVE 5A - 6	LI-5A	TAV da 5-01 a 5-03	66,0	594,0
		LI-5B	TAV 5-03	22,0	198,0
		LI-5C	TAV da 5-03 a 5-06	67,0	603,0
				155,0	1.395,0

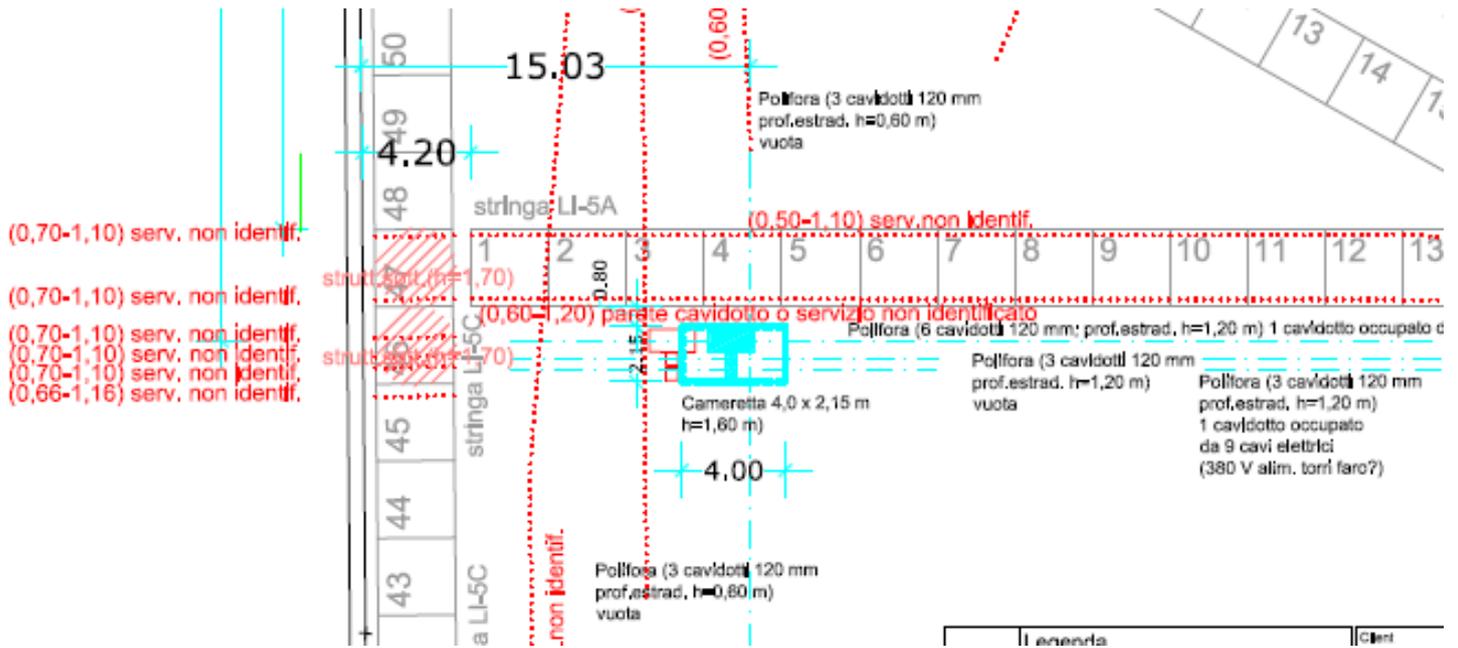
#### Servizi rilevati

Si è osservato che il cavidotto in cemento armato che corre parallelo alla banchina, e che è stato assunto come riferimento per il progetto dell'anello ottico, è coperto da asfalto in tutta l'area della Stiva 5A e del piazzale che collega detta stiva alla Stiva 6. Cionondimeno, il reticolo del rilievo è stato spiccato, prendendo a riferimento l'allineamento delle torri faro, in modo che la base di partenza delle SCANSIONI T risultasse allineata con il lato Est del cavidotto.

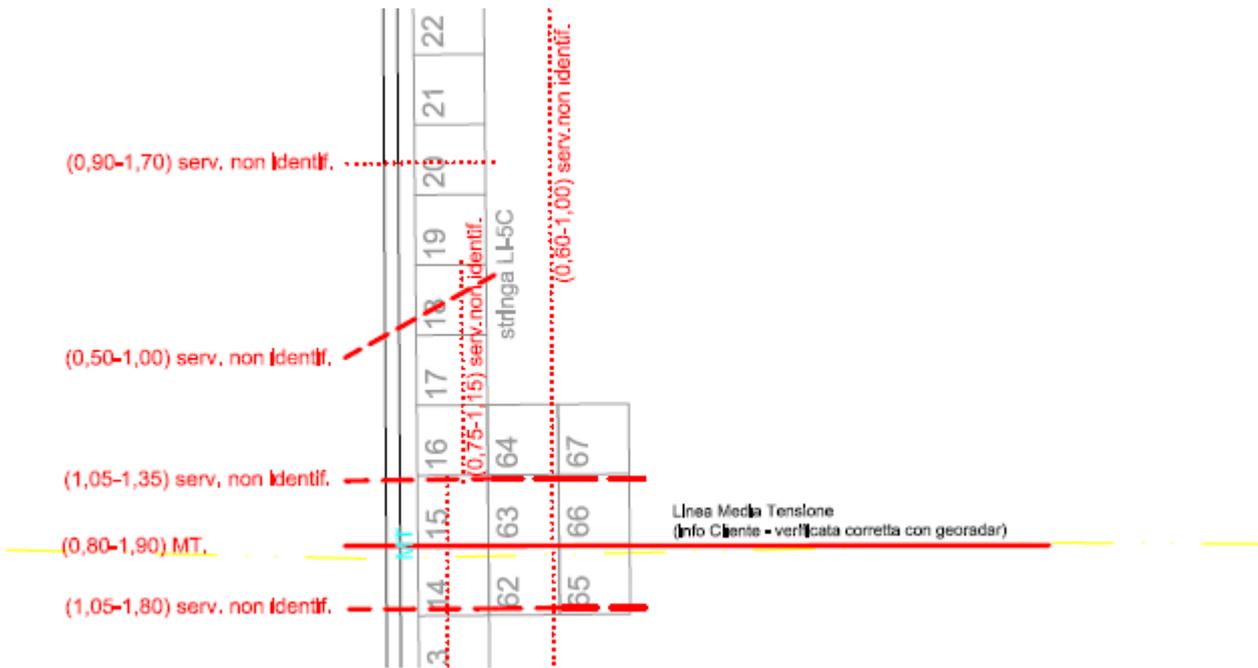
Si è anche osservato che in corrispondenza del modulo 4 della stringa LI-5A è situata una cameretta di dimensioni approssimative 4,0 x2,15 m, profonda 1,60 m, posizionata esattamente sul prolungamento del cavidotto. SCANGEA ha aperto i chiusini e sono stati osservati i cavi elettrici e cavidotti riportati nelle foto e nelle planimetrie (vedi pagine seguenti).

Sono inoltre stati notati ripristini nella pavimentazione in asfalto e in cemento, in corrispondenza dei quali il radar ha rilevato dei servizi. E' notevole il fatto che in corrispondenza del modulo 15 della stringa LI-5C, nella posizione in cui i tecnici della TDT hanno indicato che il cavo ENEL MT entra nel recinto della Stiva 6, il georadar ha in effetti rilevato non uno ma 3 servizi paralleli, la cui direzione si mantiene Nord-Sud per tutta l'area indagata con il georadar (n. 2 stringhe parallele, per una distanza dalla recinzione pari a 6 m).

Sono state infine rilevate eco compatibili con un discreto numero di altri servizi. Tuttavia, come già detto, in pratica non si dispone di informazioni dalle "Utilities", e dunque, con l'eccezione del cavo ENEL MT, non è stato possibile identificare i servizi rilevati.



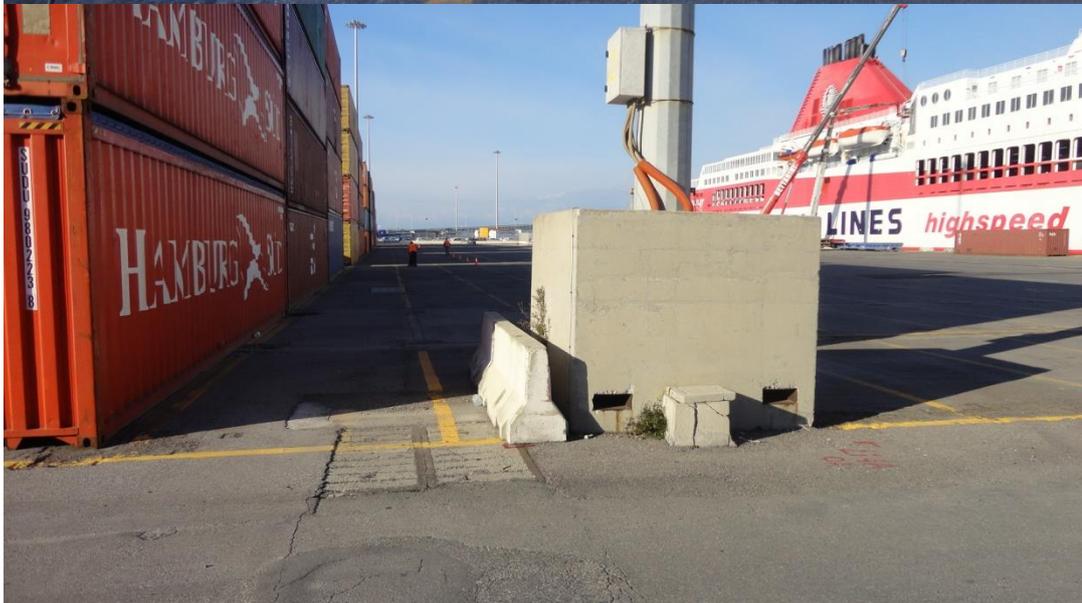
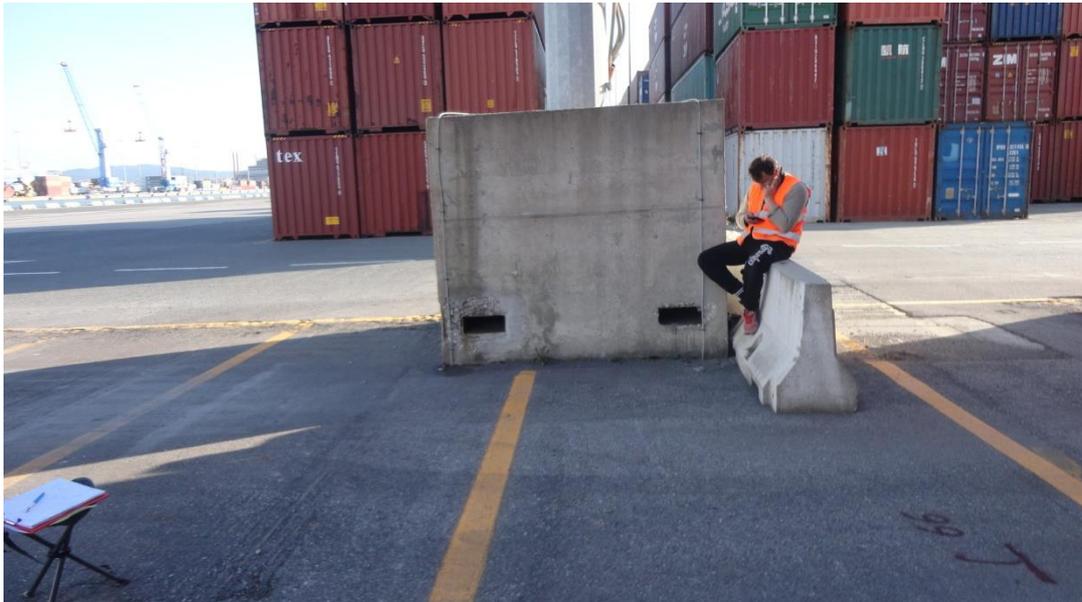
Dettaglio della posizione della cameretta situata sulla direttrice del cavidotto, in prossimità della recinzione del piazzale sud che collega le stive 5 e 6.



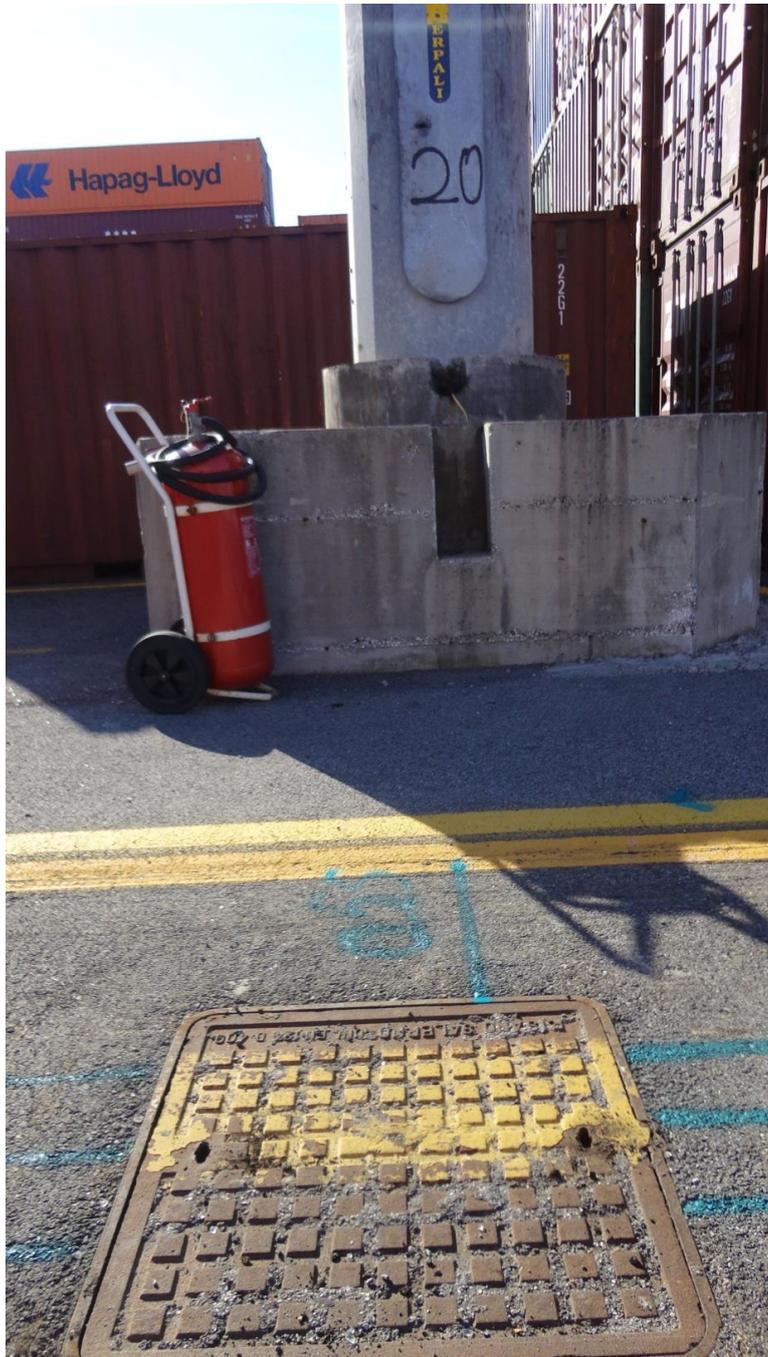
Dettaglio della posizione dell'ingresso del cavo ENEL MT nell'area della Stiva 6.  
 I servizi rilevati sono 3.

RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19

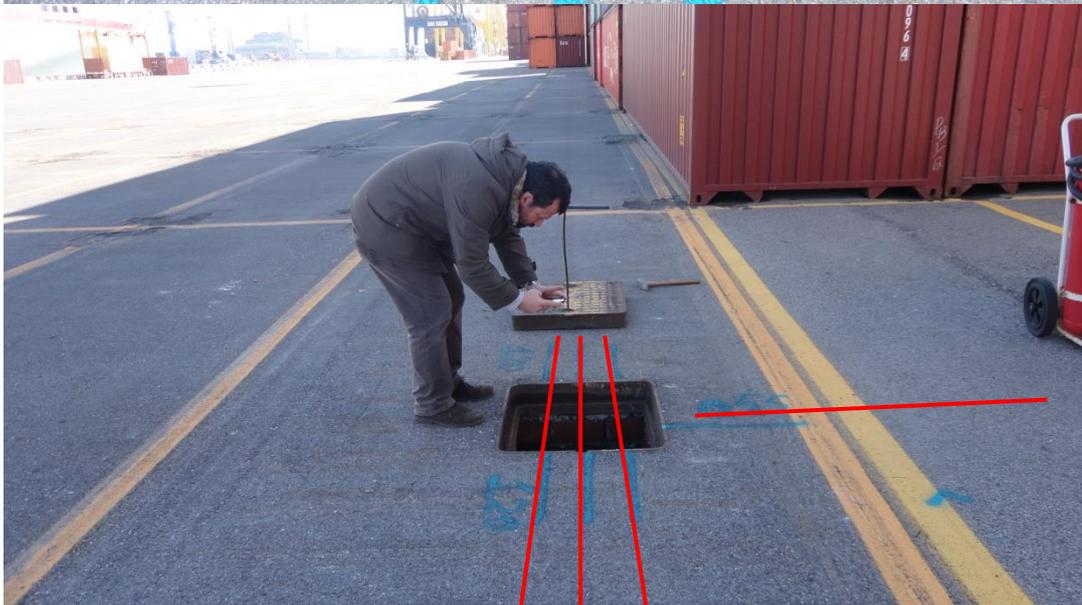




RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19



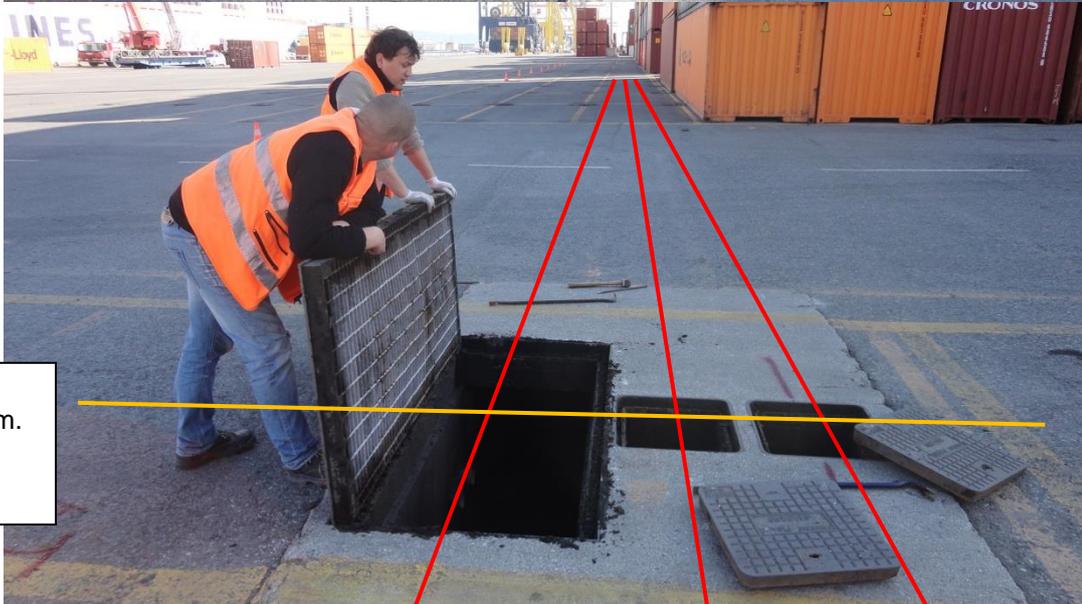
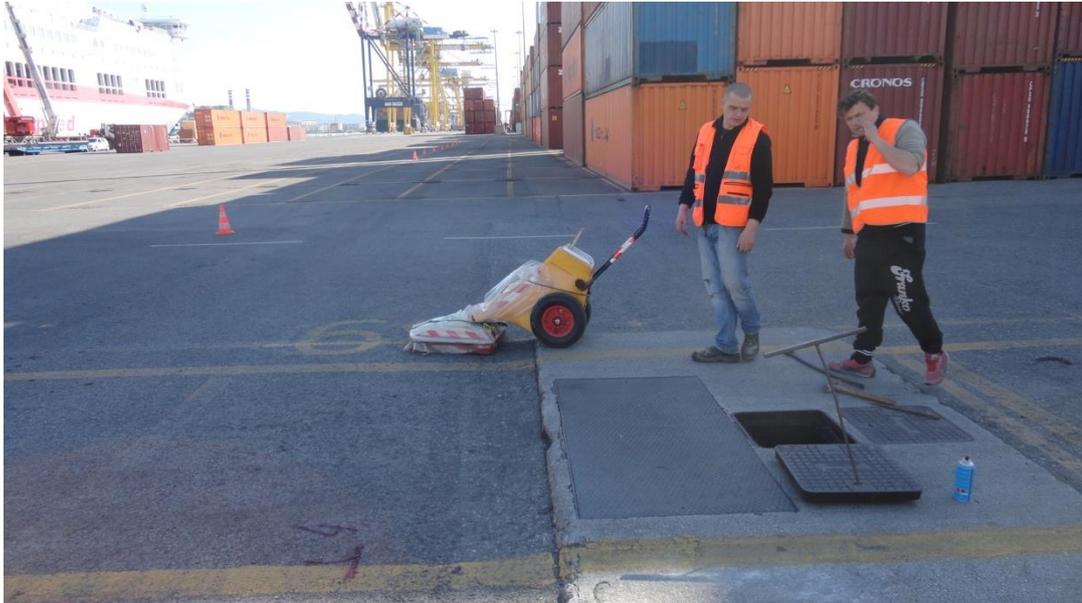
STIVA 5A  
POZZETTO CAVI ELETTRICI TORREFARO 20



STIVA 5A  
POZZETTO CAVI ELETTRICI TORREFARO 20

Polifora n.6  
cavidotti diam.  
120 mm.

RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
 COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
 RELAZIONE TECNICA  
 Data: 2015-03-19



Polifora N.3  
 cavidotti diam.  
 100 mm.  
 Vuoti.

PIAZZALE TRA STIVA 5A E STIVA 6  
CAMERETTA IN PROSSIMITA' DEL MODULO 4 DELLA STRINGA LI-5A

Polifora N.6  
 cavidotti diam.  
 120 mm.  
 Un cavidotto  
 occupato da  
 n.3 cavi  
 elettrici.

Polifora N.6  
 cavidotti diam.  
 120 mm.  
 Visibili solo n.3  
 cavidotti  
 superiori, vuoti.

Polifora N.6  
 cavidotti diam.  
 120 mm.  
 N. 4 cavidotti  
 occupati da  
 n.12 cavi  
 elettrici.

---

RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19



PIAZZALE TRA STIVA 5A E STIVA 6  
CAMERETTA IN PROSSIMITA' DEL MODULO 4 DELLA STRINGA LI-5A

RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19



PIAZZALE TRA STIVA 5A E STIVA 6  
CAMERETTA IN PROSSIMITA' DEL MODULO 4 DELLA STRINGA LI-5A

---

RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19



PIAZZALE TRA STIVA 5A E STIVA 6  
CAMERETTA IN PROSSIMITA' DEL MODULO 4 DELLA STRINGA LI-5A

---

RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19



PIAZZALE TRA STIVA 5A E STIVA 6  
CAMERETTA IN PROSSIMITA' DEL MODULO 4 DELLA STRINGA LI-5A

---

RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19



PIAZZALE TRA STIVA 5A E STIVA 6  
CAMERETTA IN PROSSIMITA' DEL MODULO 4 DELLA STRINGA LI-5A

RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19

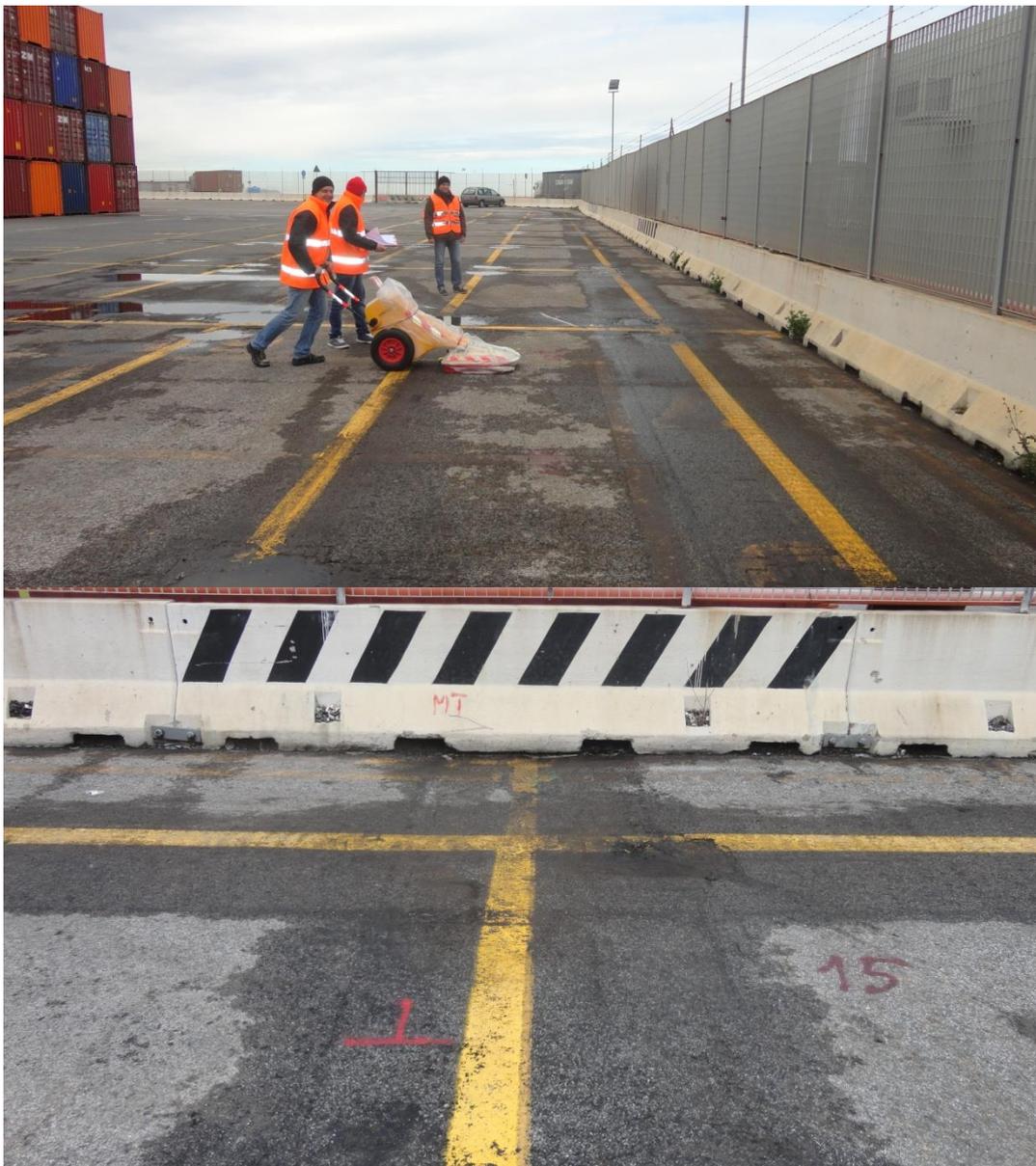


RILIEVO GEORADAR PIAZZALE TRA STIVA 5A E STIVA 6

RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19



RILIEVO GEORADAR STIVA 6



RILIEVO GEORADAR STIVA 6

RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19



RILIEVO GEORADAR STIVA 6

### **8.7 STAZIONE GEORADAR 7** **STRADA ESTERNA**

L'area è stata rilevata il 28 Febbraio 2015, con la macchina georadar PIPEHAWK Mk1.

Sono state scandite n. 6 stringhe di moduli:

- Stringa LI-6A
- Stringa LI-6B
- Stringa LI-6C
- Stringa LI-6D
- Stringa LI-6E
- Stringa LI-6F

per un totale di 87 moduli da 3x3 metri, pari ad una superficie totale indagata di 783,0 mq.

La profondità di penetrazione del segnale radar si può leggere, modulo per modulo, nelle TIMESLICES allegate.

STAZIONE GEORADAR (GPR)				MODULI	AREA
NOME VIA - IDENTIFICAZ. AREA				3X3	RILEVATA
STRINGHE					g
(vedi tavole)					mq/modulo
TAVOLE				Numero	mq
Stazione GPR 7	strada attravers. 1	LI-6A	TAV da 7-01 a 7-03	17,0	153,0
		LI-6B	idem	21,0	189,0
	strada attravers. 2	LI-6C	TAV 7-04	6,0	54,0
		LI-6D	idem	10,0	90,0
		LI-6E	idem	9,0	81,0
	ultimo tratto strada	LI-6F	TAV 7-06	24,0	216,0
	(torre Marzocco)			87,0	783,0

Attraversamento N.1 - VARCO DOGANALE

- Stringa LI-6A
- Stringa LI-6B

Attraversamento N.2 – PESA

- Stringa LI-6C
- Stringa LI-6D
- Stringa LI-6E

Tratto su strada N.3 – CHIUSURA NUOVO ANELLO OTTICO

- Stringa LI-6F

#### Servizi rilevati

Sono stati notati ripristini nella pavimentazione in asfalto e tombini, dei quali si è presa dovuta nota.

Il radar ha rilevato eco compatibili con un discreto numero di servizi trasversali e numerosi servizi longitudinali. Tuttavia, come già detto, non si dispone di informazioni dalle "Utilities", e dunque non è stato possibile identificare i servizi rilevati.



Attraversamento N.1 - VARCO DOGANALE

RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19



Attraversamento N.1 - VARCO DOGANALE



Attraversamento N.1 - VARCO DOGANALE

RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19

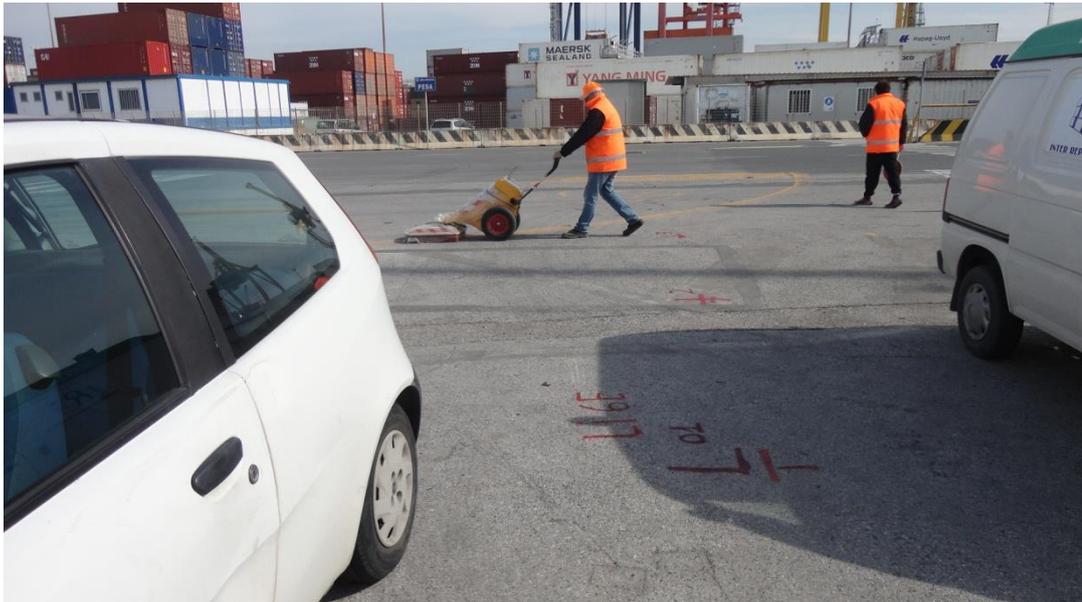


Attraversamento N.1 - VARCO DOGANALE



Attraversamento N.2 – PESA

RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19



Attraversamento N.2 – PESA

RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19



Tratto si strada N.3 – CHIUSURA NUOVO ANELLO OTTICO



Tratto si strada N.3 – CHIUSURA NUOVO ANELLO OTTICO



---

RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19

**9.            *APPENDICI***

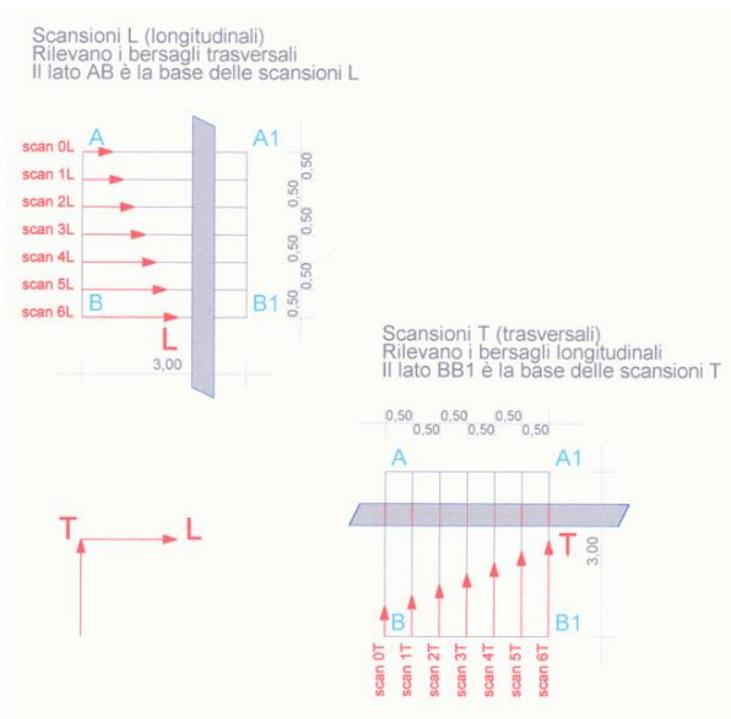
**Appendice I**  
**IL GEORADAR PIPEHAWK**

Un'introduzione al georadar, concisa ma completa, è fornita in Appendice V, tramite le diapositive di una presentazione fatta dall'Ing. L.C. speranza ai tecnici del Comune di Roma nel 2010.

Il radar PipeHawk è già stato descritto sommariamente nei capitoli precedenti. In questa appendice approfondiremo il tema della necessità di insiemi di scansioni parallele in due direzioni ortogonali, e della **scelta del buon orientamento** di queste direzioni, che tra l'altro postula che gli attraversamenti stradali in obliquo siano scanditi anche secondo gli assi maggiori dell'incrocio.

Come detto, il rilievo con **PipeHawk** si svolge percorrendo con il radar i segmenti di un reticolo planimetrico opportunamente spiccato sull'area da investigare. Il software di **PipeHawk** è progettato per elaborare insiemi di almeno 7 scansioni contigue parallele. Ciò per poter distinguere i bersagli interpretabili come servizi (cioè i bersagli lineari) dagli altri. I servizi infatti sono sistematicamente intersecati dalle scansioni parallele, mentre i bersagli aventi dimensioni finite scompaiono da una scansione all'altra, o dopo qualche scansione.

La necessità di due direzioni di scansione ortogonali è dovuta al fatto che la sensibilità del radar è massima per gli oggetti lineari perpendicolari alla direzione di scansione, mentre è quasi nulla (per scelta del software) per gli oggetti lineari a 45°. Dunque le scansioni trasversali (T) rilevano i bersagli longitudinali, mentre le scansioni longitudinali (L) rilevano i bersagli trasversali.



**Figura A1.01**  
**MODULO DI SCANSIONE DI PipeHawk**  
 Modulo 3x3 metri - Scansioni T ed L



---

RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19

*Le scansioni T rilevano i bersagli longitudinali (ortogonali) e le scansioni L rilevano i bersagli trasversali.*

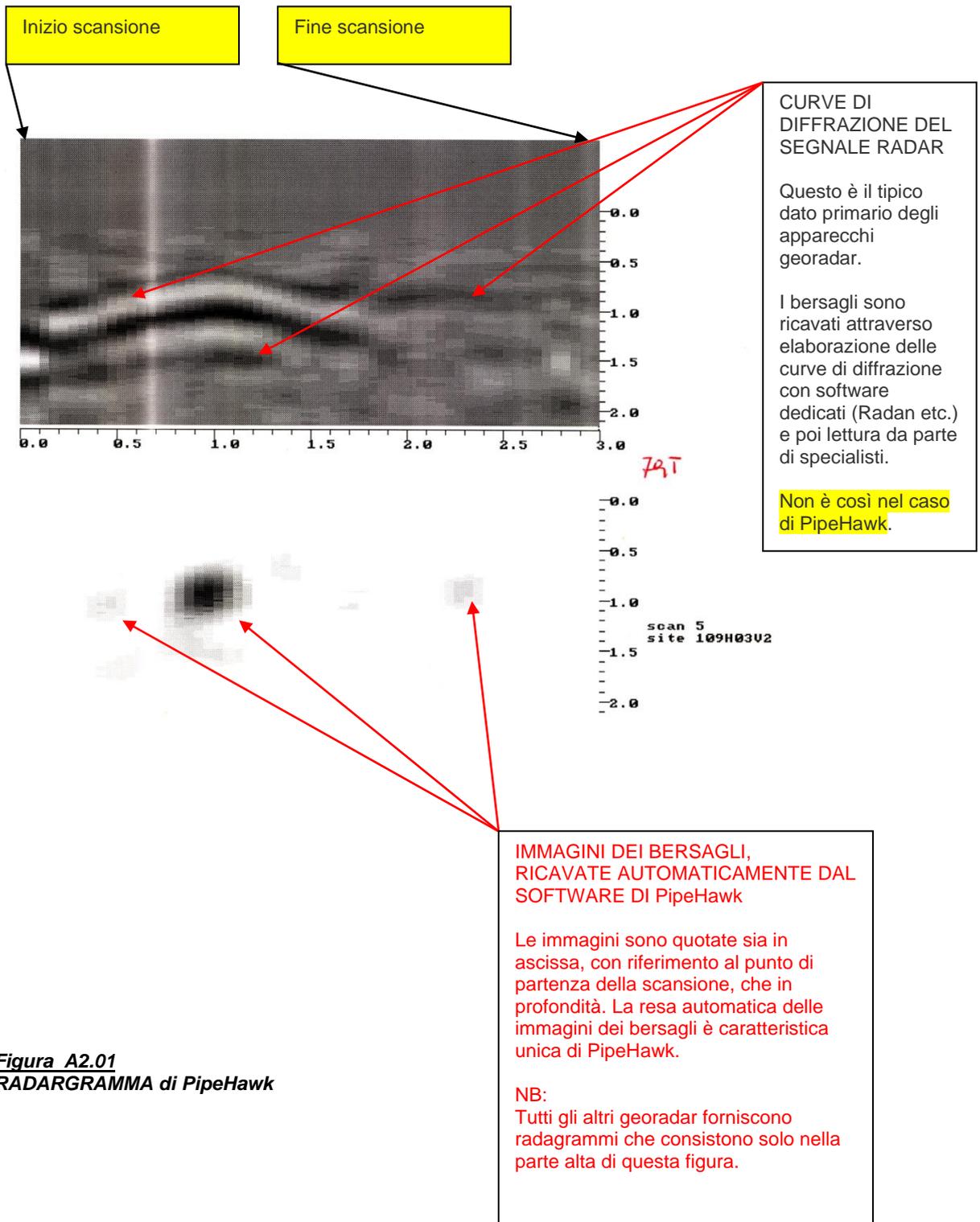
## **Appendice II** **RADARGRAMMI**

Il dato primario di un rilievo georadar, non importa quale macchina si utilizzi, è il RADARGRAMMA. Ad ogni scansione del radar corrisponde un RADARGRAMMA. Il RADARGRAMMA è la rappresentazione della sezione verticale del terreno operata dal radar nella scansione. Una spiegazione dettagliata di come si formi un RADARGRAMMA è fornita nelle diapositive della presentazione in Appendice V.

Contrariamente a ciò che suggerirebbe l'intuizione, tuttavia, nel RADARGRAMMA non si vedono le immagini degli oggetti (bersagli) che hanno generato le eco. Infatti, allo stato dell'arte, le macchine georadar restituiscono nei RADARGRAMMI solo le curve dell'intensità delle eco del segnale emesso. Tali curve vanno elaborate con software dedicati (tipo RADAN) e interpretate da specialisti per risalire ai bersagli che le hanno causate.

Solo il radar **PipeHawk** è dotato di un software che "estrae" automaticamente dai dati primari le immagini dei bersagli, restituendo RADARGRAMMI come quello della figura in basso. Nella parte alta del RADARGRAMMA si vedono le curve di intensità delle eco (e questo è il dato fornito dagli altri georadar) mentre nella parte bassa sono fornite le immagini dei bersagli, quotate in profondità e in ascissa. **PipeHawk** è l'unico georadar capace di questo.

Dato un RADARGRAMMA, tutte le immagini in esso contenute rappresentano la sezione con il piano di scansione degli oggetti presenti nel sottosuolo e rilevati. La loro natura, se servizio o altro, può essere determinata attraverso il paragone di scansioni contigue. Infatti i servizi (tubi e cavi) sono sistematicamente intersecati dai piani di scansioni, mentre gli oggetti di dimensioni finite scompaiono dopo una o poche scansioni. Questo spiega perché il software di PipeHawk è progettato per analizzare insieme di 7 scansioni parallele o più.



**Figura A2.01**  
**RADARGRAMMA di PipeHawk**

**Appendice III**  
**FONDAMENTI DI INTERPRETAZIONE DEI RADARGRAMMI**

In mancanza di un software che elabori automaticamente i radargrammi (come nel caso di PipeHawk), l'interpretazione si svolge "manualmente". Essa è cioè compito di analisti specializzati che interpretano i dati "raw", e cioè le curve di diffrazione dei radargrammi in modo di "estrarne" i bersagli. In tale interpretazione si ha bisogno di attenuare il "rumore" di fondo (cioè le riflessioni da bersagli indesiderati) per esaltare le eco utili raccolte. Ciò si fa utilizzando software adatti (RADAN, GRORADAR, etc.). In generale, due sono i criteri fondamentali di analisi che si seguono. Il primo è basato sulla dimensione dei bersagli, il secondo sulla forma delle curve di diffrazione del segnale radar.

## 1. DIMENSIONI

- Bersagli "discreti", cioè di dimensioni contenute (Discrete Reflectors)

Si tratta di una categoria di bersagli molto ampia ed eterogenea. Ad essa in generale appartengono oggetti e/o strutture sotterranee di interesse archeologico. I bersagli discreti possono essere ulteriormente suddivisi in forti e deboli, a seconda dell'intensità delle eco che riflettono (strong and weak discrete reflectors).

- Bersagli estesi complessi (Complex Reflectors).

Sono zone del sottosuolo che si presentano come disomogenee rispetto alla matrice del suolo stesso. La causa della disomogeneità può essere antropica (sbancamenti e successivi riempimenti, discariche etc.) oppure geologica, come per esempio nel caso di una formazione rocciosa sottostante a un terreno alluvionale. Si dividono in fortemente e debolmente riflettenti. L'intensità della riflessione dà un'indicazione del grado di disomogeneità della zona, e anche del contenuto di umidità della stessa. Particolarmente importante è la conduttività della superficie del terreno, perché più questa è alta più oscurate risulteranno le eco emesse dai bersagli sottostanti.

## 10. FORMA DELLE CURVE DI DIFFRAZIONE

**La curva di diffrazione di un bersaglio puntiforme, ovvero di ciascun punto di un bersaglio esteso, è iperbolica. La curva di diffrazione di un bersaglio esteso è il risultato della somma geometrica delle curve (iperboliche) generate dai singoli punti del bersaglio. Le forme più ricorrenti sono le seguenti:**

- Iperbole stretta: bersagli "puntuali" (Point diffractions).

Possono essere una pietra isolata, oppure l'intersezione di un servizio (tubo o cavo) con il piano di scansione del radar.

- Iperbole larga o crestata: bersagli "convessi" (Broad or crested diffractions: convex reflectors).

Un bersaglio convesso può essere costituito da qualunque superficie convessa presente nel sottosuolo: la volta di una struttura sotterranea, il mantello esterno di un servizio di grande diametro, un tombino stradale, etc.. Una diffrazione larga e crestata può essere provocata anche da un muro, come la somma di una diffrazione puntuale (provocata dallo spigolo tra le pareti e la sommità del muro) e di una diffrazione a iperbole larga, provocata dal riflettore convesso costituito dalla sommità del muro.

- Diffrazioni di forma planare: bersagli "planari" (Planar returns).

Possono essere costituiti da un pavimento o da qualunque altra interfaccia sotterranea piana. Si suddividono in bersagli planari fortemente o debolmente riflettenti, a seconda dell'intensità nel cambio di velocità del segnale attraverso l'interfaccia. La forma piana della curva di diffrazione è il risultato della sovrapposizione delle iperboli generate da ogni punto del bersaglio. Diffrazioni planari non parallele al piano di campagna vanno esaminate con attenzione in quanto esse potrebbero essere il risultato di riflessioni spurie del segnale, provocate da propagazione del medesimo fuori del terreno. Questo problema non sussiste quando si usino antenne schermate. I bersagli che corrispondono a diffrazioni planari inclinate si chiamano "bersagli planari inclinati" (inclined events).

- Diffrazioni "a campana": zone di vuoto (Bell-shaped diffractions, focused ringing)  
La diffrazione generata dalla presenza di una caverna, una struttura con copertura a volta o comunque un vuoto con sottostante fondo piatto ha una caratteristica forma a campana. La "campana" è dovuta al sollevamento apparente del fondo della cavità provocato dall'aumento di velocità del segnale radar nell'aria (vedi spiegazioni più approfondite negli allegati). Una particolare categoria di diffrazioni a campana è quella dei treni di diffrazione concentrata (focused ringing) che si manifestano in corrispondenza dei tombini stradali.

#### Appendice IV TIMESLICES

La “TIMESLICE” è la rappresentazione planimetrica dei bersagli individuati con i radargrammi. Data una certa area (per esempio il modulo 3x3 metri del reticolo del rilievo) ed i RADARGRAMMI con cui essa è stata esplorata (7 o più per ciascuna delle direzioni di scansione prescelte, nel caso di **PipeHawk**), la rappresentazione planimetrica delle informazioni di tali RADARGRAMMI, fissata una quota, si chiama TIMESLICE.

Da un insieme di RADARGRAMMI si possono ricavare infinite TIMESLICES, corrispondenti agli infiniti valori di profondità esistenti nell'intervallo tra lo zero (quota terreno) e la profondità massima raggiunta dal radar. Il software di **PipeHawk** elabora automaticamente i RADARGRAMMI e restituisce 7+1 TIMESLICES per ogni modulo, come vedremo di seguito.

L'espressione “TIMESLICE” (che significa in Inglese: FETTA TEMPORALE) è dovuta al fatto che il radar misura NON LE DISTANZE, MA I TEMPI DI RITORNO DELLE ECO. Le distanze sono proporzionali ai tempi. Il fattore di proporzionalità, che si chiama COSTANTE DIELETTICA, si ricava sperimentalmente per taratura.

Come detto **PipeHawk** restituisce 7+1 TIMESLICES per ogni insieme di scansioni parallele svolte nell'area rilevata (modulo). Il software di **PipeHawk** infatti divide in 7 'LAYERS' (strati) sovrapposti il solido materializzato dalla superficie del modulo e dalla profondità massima di scansione. Ciascuno strato ha uno spessore pari alla profondità massima raggiunta dal segnale divisa per sette. Ad ogni LAYER corrisponde una TIMESLICE. Sette LAYERS, sette TIMESLICES.

Nei dati restituiti da PIPEHAWK, i sette LAYERS sono denominati **layer 0, layer 1, layer 2, layer 3, layer 4, layer 5, layer 6**. Di ciascun LAYER sono riportate le quote superiore ed inferiore dello strato (vedi figura a pagina seguente). Un'ottava immagine, in basso a destra nella pagina delle TIMESLICES, fornisce la visione d'insieme delle sette TIMESLICES, l'una sovrapposta all'altra. E' come se si osservasse il modulo dall'alto ed il terreno fosse diventato trasparente. Si vedono cioè in trasparenza tutti i bersagli rilevati dal georadar.

Come detto in precedenza, le TIMESLICES delle scansioni trasversali (T) evidenziano i bersagli longitudinali, mentre quelle longitudinali (L) i bersagli trasversali.

Le timeslices di **PipeHawk** sono il risultato dell'elaborazione di un software creato per 'evidenziare tubi e cavi. In esse tuttavia si possono individuare anche altri bersagli che il software seleziona come “pipe-like” (cioè aventi una dimensione lineare prevalente). Tali bersagli includono teste di murature e altri elementi di struttura che possano produrre riflessioni “lineari” (spigoli, raccordi incurvati, etc.).

Zone di discontinuità delle proprietà fisico-chimiche del terreno, come zone di umidità, volumi di terreno di riporto, trovanti, oggetti oblungi etc., possono essere riconosciuti da un occhio esercitato sulle TIMESLICES prodotte dal software di **PipeHawk**.

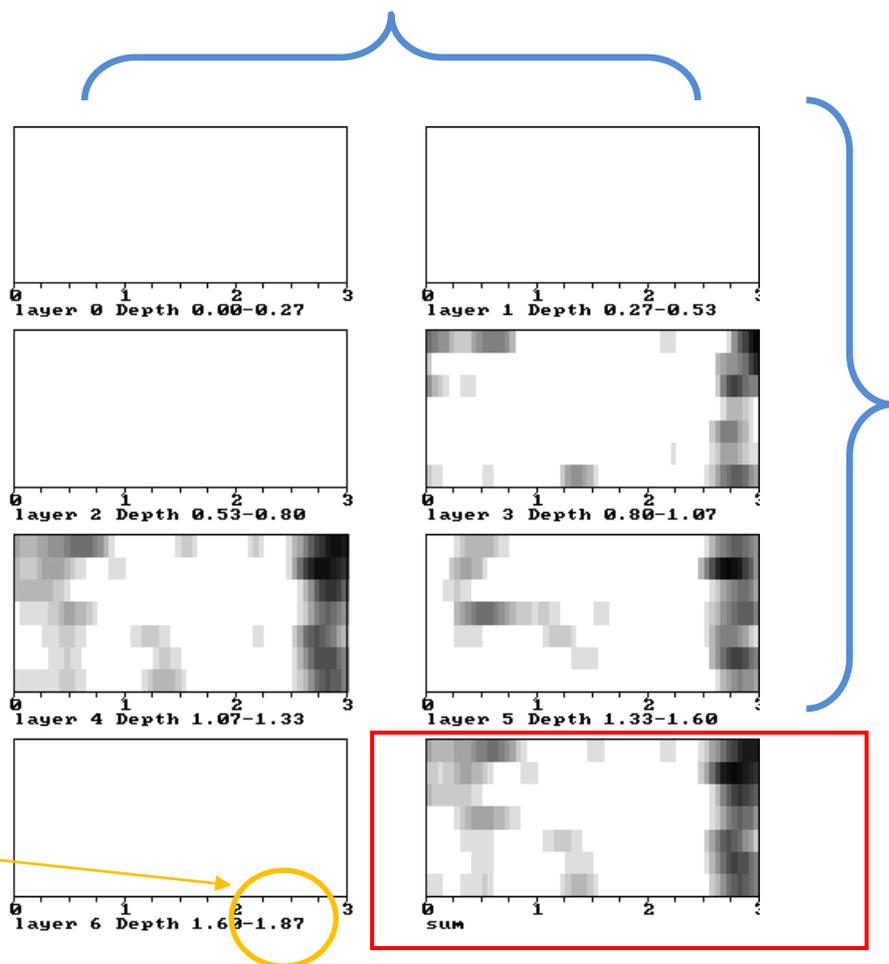
**Figura IV.01**  
**TIMESLICES di PipeHawk**

L'immagine di ciascuno strato (layer) riporta le quote del mantello superiore e inferiore e le immagini dei bersagli riscontrati nello strato.

L'ultima immagine in basso a destra (riquadrate in rosso) è la visione in trasparenza dei sette strati sovrapposti (sum). Cioè è quello che apparirebbe ad un osservatore che guardasse in basso se il terreno diventasse trasparente.

Le quote dei bersagli si ricavano dai "layers" in cui essi appaiono. Nella figura, il servizio a 3 m dalla base di scansione (a destra nelle immagini dei layer 3, 4, 5) appare alla quota 0.80 m (layer 3) e scompare alla quota 1,60 m (layer 5).

Profondità massima raggiunta dal radar nelle scansioni L del modulo 15 (1,87 m)



Nome STRINGA ( L15C )  
 e numero del Modulo ( L15 )

Note:  
 Il numero del modulo (15) è preceduto dalla lettera (L) che indica il verso delle scansioni a cui si riferiscono queste TIMESLICES.  
 A ciascun modulo corrispondono due insiemi di TIMESLICES: L e T

Data obtained from site  
 E:\GEORADAR\120B24S5(L15C-L15)

Nelle TIMESLICES il lato verticale a sinistra rappresenta la base delle scansioni, ossia il lato del modulo da cui partono le scansioni. Il lato superiore e inferiore delle figure rappresentano la lunghezza delle scansioni, che è sempre uguale a 3 m.  
 La base scansioni ha lunghezza variabile, per cui essa è rappresentata più corta della lunghezza di scansione. Nella realtà la base scansioni è lunga 3 m nel caso di un singolo modulo, oppure 6 metri o 9 metri nel caso di due o tre moduli scanditi insieme.  
 Le immagini dei bersagli sono date dai chiari e dagli scuri di tante strisce orizzontali quante sono le scansioni effettuate. In questo caso sette. La prima scansione corrisponde alla prima striscia in alto. Contando il numero delle strisce orizzontali si possono ricavare misure planimetriche sul lato che rappresenta la base scansioni.

RILIEVO GEORADAR DEL CONTAINER TERMINAL DELLA TDT NEL PORTO DI LIVORNO  
COMMITTENTI: TDT, LIVORNO – EURODRILLING, FIRENZE  
RELAZIONE TECNICA  
Data: 2015-03-19

**Appendice V**

**INTRODUZIONE AL GEORADAR**

***(Conferenza tenuta a Roma nel 2010 a beneficio dei tecnici comunali)***

*La conferenza espone in maniera sintetica ma completa le nozioni fondamentali sul georadar, dal principio fisico alla base della tecnologia alle varie applicazioni, ai fronti su cui continua la ricerca, con cenni di storia. La presentazione era mirata ai tecnici comunali, ma le considerazioni e conclusioni sulla utilità e necessità del rilievo georadar si applicano e sono valide per tutte le società ed enti proprietari di infrastrutture del sottosuolo.*

*In occasione della conferenza l'Ing. L.C.Speranza introduzione brevemente l'IFME, International Federation of Municipal Engineering, di cui egli è direttore dal 2004.*

*<http://www.ifmeworld.org/members>*





# GEORADAR

## APPLICAZIONI A INGEGNERIA CIVILE



- *Rilevo Servizi*
- *Ispezione strutture in c.a.*
- *Ispezione pavimentazioni stradali*
- *Ispezione strutture di ponti*
- *Ispezione piste aeroporti*
- *Ispezione ballast ferroviari*



GPR Scalo aerea mod18 Genova scan 12/02/08





# GEORADAR

## APPLICAZIONI A GEOLOGIA E AMBIENTE



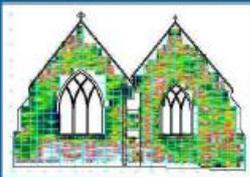
- *Rilevi Geofisici*
- *Rilevi a Scopo Minerario*
- *Bonifica Ambiente*
- *Misurazione Spessore Ghiaccio / Neve*



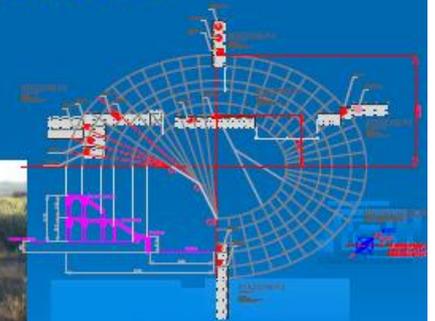


# GEORADAR

## APPLICAZIONI A RESTAURO ARCHITETTONICO E ARCHEOLOGIA



- *Rilievo Spessori e Cavità in Strutture Murarie*
- *Rilievo Zone Umide in Strutture Murarie*
- *Rilievo Strutture in Ferro Inserite in Strutture Murarie*
- *Rilievo Zone di Distacco Intonaci e Rivestimenti*
- *Rilievo Oggetti Sotterranei*
- *Rilievo Strutture Sotterranee*
- *Rilievo Cavità Sotterranee*



The scangea.eu logo, with "scangea" in white and ".eu" in red, centered over a background of a blue sky and ocean.

*Ma com'è fatto il radar ?  
e che differenza c'è con il georadar?*



# RADAR

## Radio Detection And Ranging (1934)

Rilevamento e localizzazione mediante onde radio

### Seconda Guerra Mondiale



*Incrociatore pesante Zara*

*Ricerche inglesi, americane e tedesche nell'anteguerra.  
 Progressi inglesi e americani nelle prime fasi della guerra.*

*Sconfitte della nostra Marina Militare contro la flotta inglese e australiana nelle battaglie notturne di*

- Capo Matapan (Marzo 1941; Pola, Zara, Fiume)
- Capo Bon (Dicembre 1941; Giussano, Barbiano).

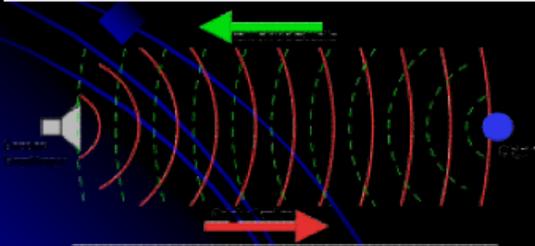




## Fisica del radar (pulse radar)



- Il radar misura il tempo impiegato dal segnale per ritornare al ricevitore.
- La distanza è uguale alla metà del prodotto tra il tempo e la velocità del segnale.
- La velocità del segnale è quella della luce, cioè delle onde elettromagnetiche (300.000 km/sec nel vuoto).
- Dunque i tempi di ritorno del segnale sono brevissimi nel caso di bersagli terrestri. Ne consegue la necessità di apparati di precisione.
- Conseguenze sulla portata minima e massima dei radar (PRF, Pulse Repetition Frequency).





## L'equazione del radar

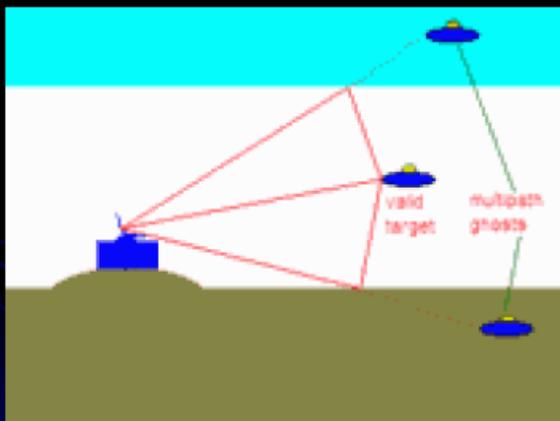
### Potenza raccolta dall'antenna ricevente

$$P_r = \frac{P_t G_t A_r \sigma F^4}{(4\pi)^2 R_t^2 R_r^2}$$

$P_t$	transmitter power
$G_t$	gain of the transmitting antenna
$A_r$	effective aperture (area) of receiving antenna
$\sigma$	scattering coefficient, of the target
$F$	pattern propagation factor
$R_t$	distance from the transmitter to the target
$R_r$	distance from the target to the receiver.



## L'universo del radar: filtrare, filtrare e filtrare



- **TARGET**
- **Ghosts (Multipath Returns)**
- **Clutter (Environment Returns)**
- **Noise (Internal)**
- **Noise (External)**
- **Interference**
- **Jamming**

*Il radar deve scartare Ghosts, Clutter, Noise, Interference, Jamming.*

*Il software del radar è di fondamentale importanza.*



## Bande di frequenza radar

Denominazione in uso dalla seconda guerra mondiale a oggi

Denominaz. Banda	Intervallo Frequenze	Lunghezze d'onda	UTILIZZI
HF	3-30 MHz	10-100 m	coastal radar systems, over-the-horizon (OTH) radars; 'high frequency'
P	< 300 MHz	1 m+	'P' for 'previous', applied retrospectively to early radar systems
VHF	50-330 MHz	0.9-6 m	very long range, ground penetrating; 'very high frequency'
UHF	300-1000 MHz	0.3-1 m	very long range (e.g. <u>ballistic missile early warning</u> ), ground penetrating, foliage penetrating; 'ultra high frequency'
L	1-2 GHz	15-30 cm	long range <u>air traffic control</u> and <u>surveillance</u> ; 'L' for 'long'
S	2-4 GHz	7.5-15 cm	terminal air traffic control, long range weather, marine radar; 'S' for 'short'
C	4-8 GHz	3.75-7.5 cm	Satellite transponders; a compromise (hence 'C') between X and S bands; weather
X	8-12 GHz	2.5-3.75 cm	<u>missile</u> guidance, marine radar, weather, medium-resolution mapping and ground surveillance; in the USA the narrow range 10.525 GHz ±25 MHz is used for <u>airport</u> radar. Named X band because the frequency was a secret during WW2.



## Bande di frequenza radar (2)

Denominazione in uso dalla seconda guerra mondiale a oggi

Denominaz. Banda	Intervallo Frequenze	Lunghezze d'onda	UTILIZZI
K <sub>a</sub>	12-18 GHz	1.67-2.5 cm	high-resolution mapping, satellite altimetry; frequency just under K band (hence 'u')
K	18-27 GHz	1.11-1.67 cm	from <u>German</u> <i>kurz</i> , meaning 'short'; limited use due to absorption by <u>water vapour</u> , so K <sub>u</sub> and K <sub>a</sub> were used instead for surveillance. K-band is used for detecting clouds by meteorologists, and by police for detecting speeding motorists. K-band radar guns operate at 24.150 ± 0.100 GHz.
K <sub>a</sub>	27-40 GHz	0.75-1.11 cm	mapping, short range, airport surveillance; frequency just above K band (hence 'a') Photo radar, used to trigger cameras which take pictures of license plates of cars running red lights, operates at 34.300 ± 0.100 GHz.
mm	40-300 GHz	7.5 mm - 1 mm	<u>millimetre band</u> , subdivided as below. The letter designators appear to be random, and the frequency ranges dependent on waveguide size. Multiple letters are assigned to these bands by different groups. These are from Baytron, a now defunct company that made test equipment.
Q	40-60 GHz	7.5 mm - 5 mm	Used for Military communication.
V	50-75 GHz	6.0 - 4 mm	Very strongly absorbed by the atmosphere.
E	60-90 GHz	6.0 - 3.33 mm	
W	75-110 GHz	2.7 - 4.0 mm	used as a visual sensor for experimental autonomous vehicles, high-resolution meteorological observation, and imaging.



## GEORADAR (1)

### Fenomeno fisico alla base della tecnologia

- *Le onde radar della famiglia UHF e VHF (0,30 – 6,00 metri) hanno la proprietà di penetrare nel terreno ed in altri mezzi solidi o comunque densi.*
- *Le onde radar VHF e UHF non si propagano nell'acqua a causa dell'assorbimento dovuto agli elettroliti. Si propagano in acqua perfettamente distillata.*
- *La velocità delle onde radio nel vuoto (e approssimativamente nell'aria) è costante e uguale a:*  
 $c = 300.000 \text{ km/s}$   
 $c = 0,30 \text{ m/ns}$   
*(1 ns = 1 miliardesimo di sec)*
- *La velocità nel terreno delle onde VHF e UHF è minore che nel vuoto e nell'aria (da tre a dieci volte meno).*  
*La velocità varia a seconda delle caratteristiche elettriche e magnetiche dei tipi di terreno e/o di materie e materiali contenuti nel terreno (acqua, oggetti metallici etc.):*  
 $v = 0,10 - 0,03 \text{ m/nsec}$





## GEORADAR (2)

### Nozioni generali

*Dall'interpretazione dei dati si possono dedurre profondità, orientamento, misure e forma di oggetti sotterranei, come pure contenuto di umidità e altre caratteristiche geomorfologiche dei suoli.*

- **COME FUNZIONA**  
*Il georadar raccoglie l'energia rifratta dal segnale al passaggio attraverso superfici di discontinuità delle proprietà elettromagnetiche. Dunque la possibilità di rilevare un oggetto dipende dal contrasto delle proprietà elettromagnetiche dell'oggetto rispetto all'ambiente.*
- **METODI DI RILIEVO**  
*Si possono fare rilievi georadar dalla superficie del terreno, tra pozzi scavati nel terreno, dall'aereo e da satellite.*
- **PROFONDITA' RAGGIUNGIBILI**  
*La profondità del rilievo georadar varia da qualche decimetro (antenne palmari per rilievi strutturali) a circa 5.000 metri, a seconda delle proprietà dei materiali.*
- **VALORE DEL RILIEVO GEORADAR**  
*E' il metodo di prospezione del sottosuolo più efficace. In condizioni ideali si raggiungono risoluzioni dell'ordine del cm.*



## GEORADAR (3)

### Cenni di storia

- 1929 Esperimento di Stern in Austria (profondità ghiacciaio).
- 1957 Incidente U.S.Airforce in Groenlandia conferma che radar "vede" attraverso il ghiaccio.
- 1971 Apollo 17 porta sulla Luna un apparecchio georadar simile a quello di Stern.
- 1972 GSSI (U.S.A.) avvia la produzione commerciale di apparecchi georadar.
- 1982 EMRAD (U.K.) ottiene l'appalto per la bonifica dalle mine antiuomo nelle Falkland, ed inizia lo sviluppo della macchina PipeHawk.



## GEORADAR (4)

### Frontiere di sviluppo della tecnologia

- Dipendono dai singoli tipi di applicazione
- Hardware (antenne etc.)
- Software (qualità dei "raw data")
- Software (interpretazione dei "raw data" per dedurre informazioni sui bersagli)



- **Nel caso del georadar per servizi, ad oggi una sola macchina restituisce automaticamente le immagini dei bersagli rilevati. Si tratta del Pipetlawk.**  
**Anch'esso è il risultato di un'esperienza di guerra (Falkland, 1982).**



## GEORADAR (5)

### Applicazione al rilievo di servizi sotterranei



- Il rilievo dei servizi si svolge, in generale, utilizzando macchine sospinte a mano da un operatore (sono soprannominate taglia-erba)
- I "raw data" di questo tipo di rilievo georadar sono sezioni verticali del terreno chiamate "RADARGRAMS". Ad ogni singola scansione radar corrisponde un radargramma

**COSA SI VEDE IN UN RADARGRAMMA?**

The scangea.eu logo, with "scangea" in white and ".eu" in red, centered on a background of a blue sky and sea.

*Cosa si vede in un radagramma georadar?  
E come si forma un radargramma?*



## GEORADAR

### Come si genera un radargramma

*Ad una scansione del radar  
corrisponde un radargramma,  
cioè una sezione verticale del terreno.*



direzione moto radar →

piano di campagna



A B C D E F H



## GEORADAR

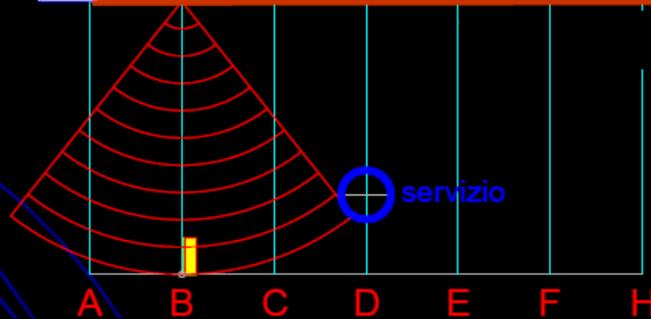
Come si genera un radargramma

*Ad una scansione del radar  
corrisponde un radargramma,  
cioè una sezione verticale del terreno.*



direzione moto radar →

piano di campagna

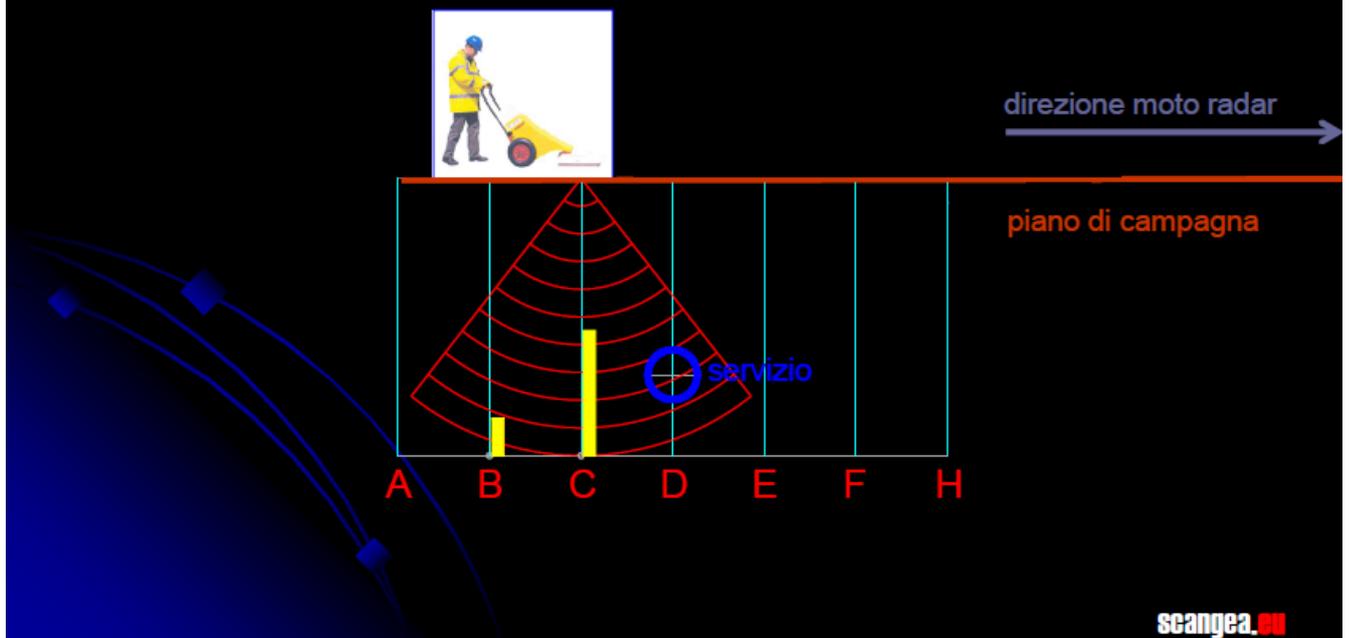




## GEORADAR

### Come si genera un radargramma

*Ad una scansione del radar  
corrisponde un radargramma,  
cioè una sezione verticale del terreno.*

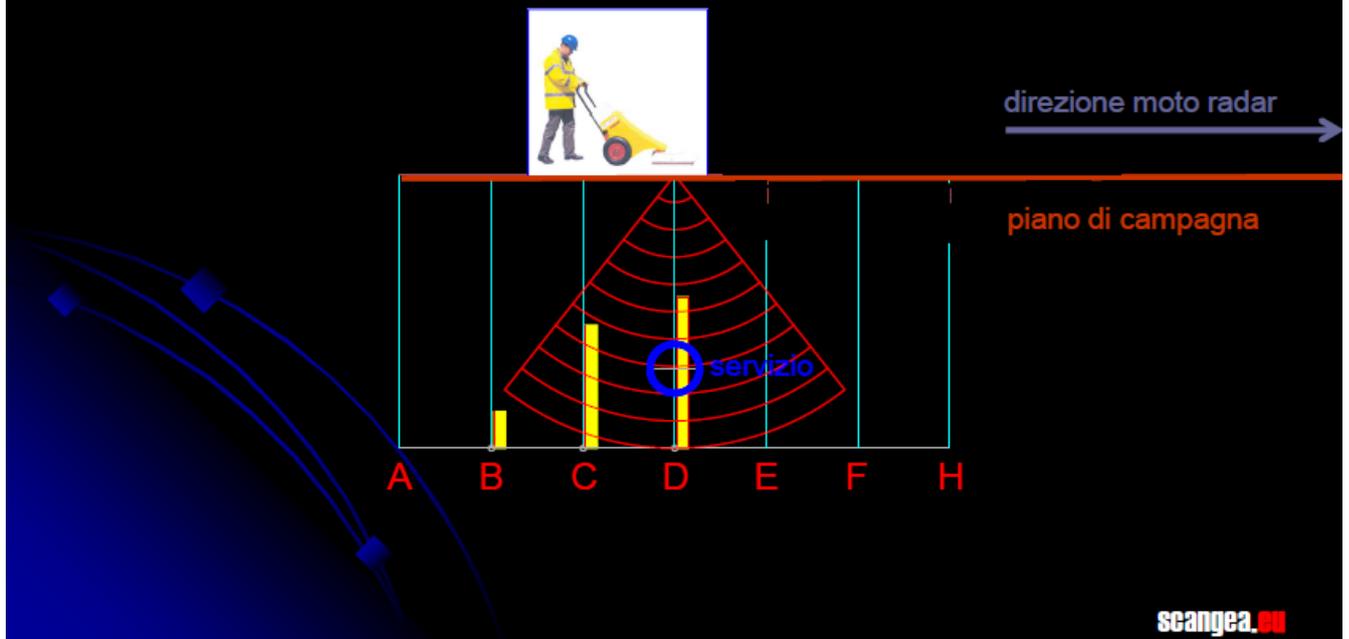




## GEORADAR

Come si genera un radargramma

*Ad una scansione del radar  
corrisponde un radargramma,  
cioè una sezione verticale del terreno.*

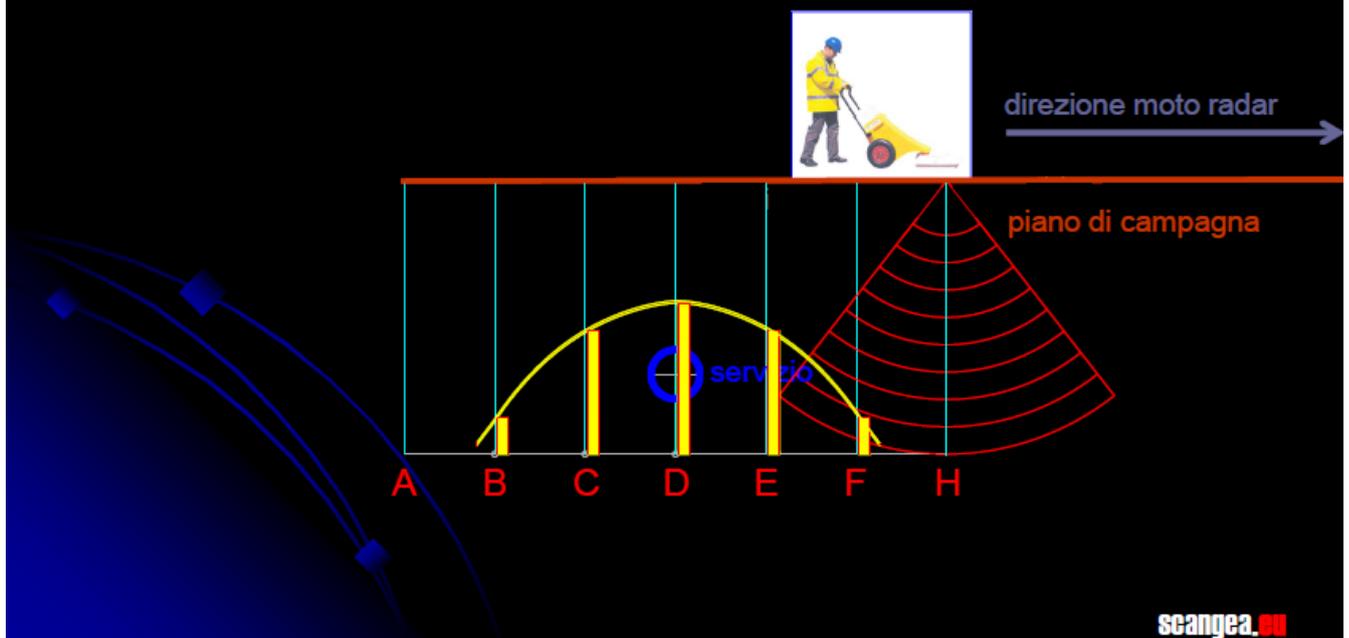




## GEORADAR

### Come si genera un radargramma

*Ad una scansione del radar  
corrisponde un radargramma,  
cioè una sezione verticale del terreno.*

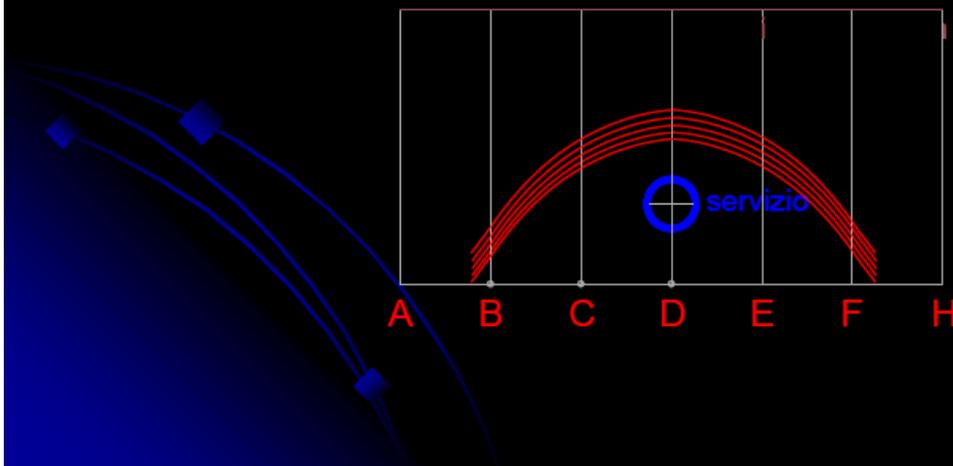




## GEORADAR

*Come si genera un radargramma*

*Ad un bersaglio corrisponde una famiglia di iperboli, perché tutti i punti del bersaglio riflettono il segnale radar*

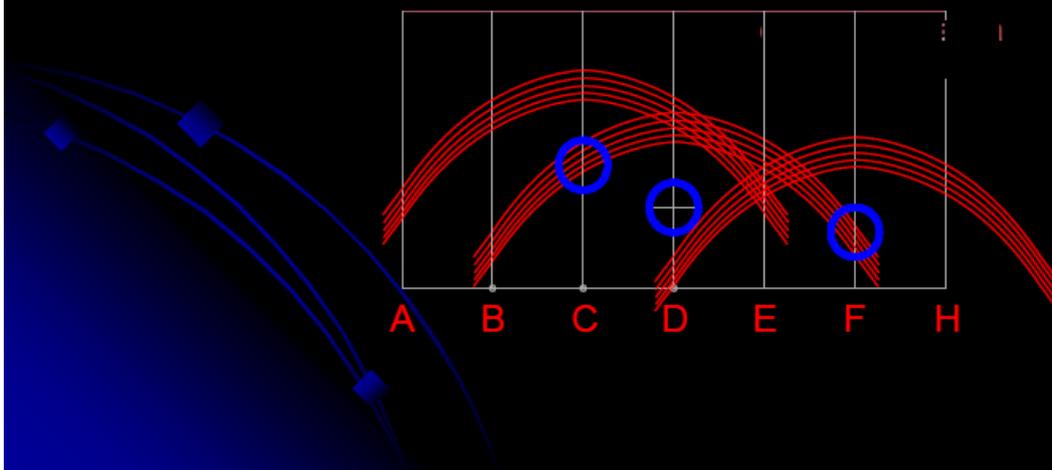




## GEORADAR

Come si genera un radargramma

*A diversi bersagli corrispondono altrettante famiglie di iperboli, che non è semplice distinguere tra di loro*





## GEORADAR

*Dal radargramma all'immagine del bersaglio in sezione*

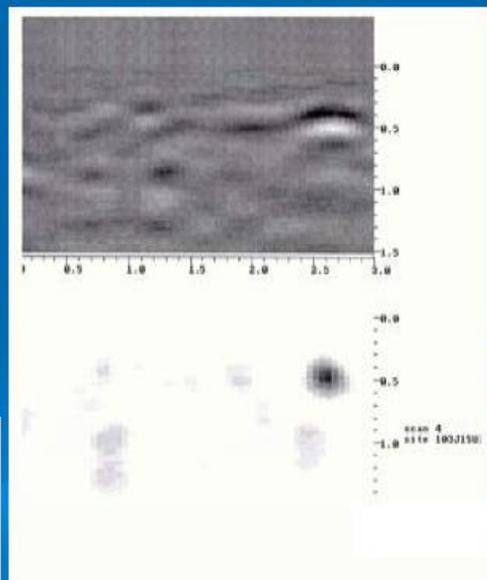
### PIPEHAWK

*Restituisce sia raw data in forma di iperboli che la loro elaborazione automatica con le immagini dei bersagli sezionati dal piano di scansione del radar.*

*Le altre macchine georadar postulano che i bersagli siano dedotti da specialisti che interpretano i raw data in forma di iperboli.*



### Radargramma PipeHawk





# GEORADAR

Dal radargramma alle timeslices, cioè immagini planimetriche

## PIPEHAWK

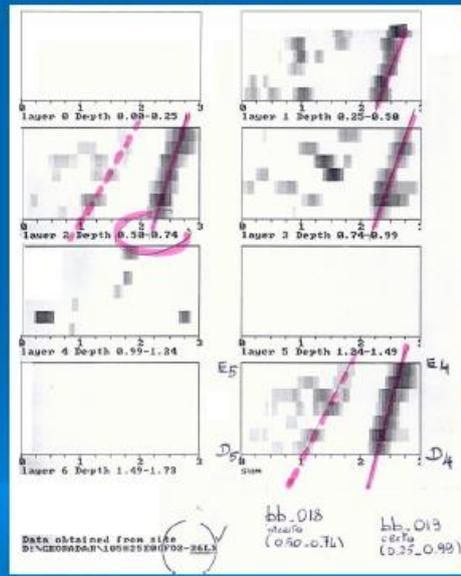
Elabora automaticamente i radargrammi relativi ad una data area e restituisce le timeslices, cioè le planimetrie dell'area con le immagini dei bersagli (in planimetria e a diverse quote).

Radargrammi e Timeslices di PipeHawk sono forniti automaticamente dalla macchina e sono comprensibili da chiunque.

**IL RILIEVO DI PipeHawk E' DUNQUE OBIETTIVO e INCONFUTABILE.**



## Timeslices PipeHawk



The scangea.eu logo, with "scangea" in white and ".eu" in red, centered on a blue background of a sea and sky.

Perché  
il rilievo georadar è importante ?





## **GEORADAR**

*Importanza del georadar sotto i profili tecnico e legale*

*IL GEORADAR E' NECESSARIO PER:*

- 1) ACCURATA PROGETTAZIONE ESECUTIVA DI NUOVE INFRASTRUTTURE SOTTERRANEE*
- 2) SICUREZZA DEI LAVORI DI COSTRUZIONE DELLE NUOVE INFRASTRUTTURE (SCAVI O PERFORAZIONE ORIZZONTALE GUIDATA)*
- 3) CHIARA ATTRIBUZIONE DELLE RESPONSABILITA' IN CASO DI INCIDENTI DURANTE I LAVORI*
- 4) COMPILAZIONE DEL PUGSS*



## **PUGSS**

### *Piano Urbano Generale dei Servizi del Sottosuolo*

*Direttiva della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 3 Marzo 1999  
"Razionale sistemazione nel sottosuolo degli impianti tecnologici"  
(detta Direttiva Micheli)*

*I Comuni con popolazione superiore a 30.000 abitanti, o di particolare  
valenza turistica, sono tenuti a predisporre un piano organico per l'utilizzo del  
sottosuolo, denominato Piano Urbano Generale dei Servizi del Sottosuolo  
(PUGSS), contenente, fra l'altro, una adeguata base conoscitiva dei servizi a  
rete.*

*Leggi regionali di attuazione della Direttiva*

*Regolamenti delle Leggi Regionali*



## CONCLUSIONI

*Il rilievo georadar dei servizi esistenti dovrebbe essere svolto obbligatoriamente dai Comuni in tutte le occasioni di rilascio di licenze di scavo e/o di perforazione.*

*Il costo dovrebbe essere recuperato dai Comuni tramite una tassa sulle licenze rilasciate.*

*Il rilievo georadar per l'accertamento dell'esistenza o meno di strutture sotterranee di interesse archeologico dovrebbe essere obbligatorio prima del rilascio di licenze di costruzione da parte dell'Autorità Comunale.*

*Anche in questo caso i costi dovrebbero essere recuperati con specifico addebito sulle licenze di costruzione.*



scangea.eu

*Grazie per l'attenzione  
Restiamo a vostra disposizione*

