



COSTIERI D'ALESIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01

Committente

Client

COSTIERI D'ALESIO S.p.A., Livorno

Opera

Project

RILIEVO GEORADAR NELLA DARSENA TOSCANA DEL PORTO DI LIVORNO
PER VERIFICARE IL TRACCIATO DEL PROGETTO DI MASSIMA
DELLE NUOVE CONDOTTE PER PRODOTTI PETROLIFERI
PER COLLEGARE GLI ACCOSTI 12 E 13
CON L'AREA DI STOCCAGGIO



RELAZIONE TECNICA

REPORT

Revision	Date	DESCRIPTION	Prepared	Revised	Approved
00	2019-05-17		CS/LCS	LCS	LCS



COSTIERI D'ALESIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01

INDICE

TABLE OF CONTENTS

1. EXECUTIVE SUMMARY
2. CONCLUSIONI
3. COMPUTO DELLA SUPERFICIE RILEVATA CON IL GEORADAR
4. DESCRIZIONE SOMMARIA DEL GEORADAR IDS
5. DESCRIZIONE DEL RILIEVO CON IDS
6. FOTO DEL RILIEVO CON IDS
7. DESCRIZIONE SOMMARIA DEL GEORADAR PIPEHAWK
8. DESCRIZIONE DEL RILIEVO CON PIPEHAWK
9. FOTO DEL RILIEVO CON PIPEHAWK
10. APPENDICI
 - I. SCHEDA TECNICA DEL GEORADAR PIPEHAWK
 - II. SCHEDA TECNICA DEL GEORADAR IDS
 - III. INFORMAZIONI GENERALI SULLA TECNOLOGIA DEL GEORADAR
(CONFERENZA TENUTA A ROMA NEL 2005 A BENEFICIO DEI TECNICI COMUNALI)



COSTIERI D'ALELIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01

1. EXECUTIVE SUMMARY

1.1 Incarico

Nel Novembre 2018 la società COSTIERI D'ALELIO SpA di Livorno ha commissionato alla TECHNIGEA, presentata dal consulente Ing. Giorgio Niccolai, il rilievo georadar delle aree interessate dallo studio di fattibilità per le nuove condotte di prodotti petroliferi che collegheranno gli accosti 12 e 13 della Darsena Toscana con l'area di stoccaggio della COSTIERI D'ALELIO ubicata nella zona nord del porto commerciale.

Gli elaborati di detto studio preliminare, redatti dalla società di ingegneria NEC di Livorno, sono stati consegnati all'Ing. L.C.Speranza della TECHNIGEA in occasione delle riunioni preliminari tenutesi nello studio dell'Ing. Niccolai, consulente della COSTIERI D'ALELIO, nel mese di Ottobre del 2018.

TECHNIGEA ha quindi presentato offerta in data 26 Ottobre 2018, illustrando il metodo di svolgimento dei lavori in una breve relazione (Method Statement). Successivamente, accettata l'offerta, nella riunione di avvio del progetto tenutasi negli uffici della COSTIERI D'ALELIO nel Novembre 2018, l' Ing. Speranza ha illustrato più in dettaglio i lavori, spiegando che il lavoro si sarebbe svolto nelle fasi seguenti.

- i. Rilievo topografico di dettaglio
- ii. Ricerca presso enti e società proprietari e/o responsabili per i servizi esistenti
- iii. Inserimento delle informazioni ottenute dalle società di servizi negli elaborati di restituzione del rilievo topografico di dettaglio
- iv. Rilievo georadar con l'apparato IDS
- v. Rilievo georadar con la macchina PipeHawk
- vi. Elaborazione dei dati radar delle due macchine e restituzione dei risultati su cartografia in scala 1:200 accompagnata da una relazione tecnica.

A conclusione della riunione di kick-off l' Ing David Fiorentini, Direttore della COSTIERI D'ALELIO, ha approvato il cronoprogramma riportato nella seguente FIG.1.A nelle pagine seguenti, in cui il termine per la presentazione dei risultati da parte di TECHNIGEA è fissato nella data del 31 Maggio 2019.

1.2 Descrizione della nuova infrastruttura

Nel progetto NEC le nuove condotte consistono in due tubazioni in acciaio del diametro di 20" (20 pollici, 400 mm), delle quali una coibentata. Successivamente l'Ing. D. Fiorentini ha precisato che le tubazioni in acciaio saranno invece tre, delle quali due saranno da 12" e una, quella coibentata, da 16".

Il tracciato previsto dalla NEC prevede scavi a cielo aperto nei parcheggi della società NERI (e contigui), nonché nella Via Leonardo da Vinci. Sono anche previsti un tratto in cunicolo e due attraversamenti mediante spingitubo (ferrovia e Via Leonardo da Vinci). L'elaborato NEC 543-D-1000-D'ALELIO del 30-10-12 mostra il tracciato ed è riportato nelle FIG.1.B e FIG.1.C seguenti.

Fin dal primo sguardo appare evidente che i punti più critici del progetto sono il tratto di scavo a cielo aperto su via Leonardo da Vinci in prossimità del ristorante Armandino ed il susseguente attraversamento dell'incrocio tra la Via da Vinci e Via

Lo scopo dell'incarico affidato a TECHNIGEA è quello di verificare se il tracciato dello studio di fattibilità della NEC sia compatibile con la situazione dei sottoservizi esistenti risultanti dal rilievo georadar.

1.3 Rilievo topografico di dettaglio

Il rilievo topografico di dettaglio dell'area da investigare con il georadar non era incluso nello scopo dei lavori di TECHNIGEA. L'incarico è stato affidato dal Committente allo studio BENNATI di Livorno che, dopo una riunione negli uffici della COSTIERI D'ALELIO in cui TECHNIGEA ha illustrato gli aspetti del rilievo di interesse ai fini dell'indagine georadar, ha proceduto alle operazioni di campagna nel Gennaio 2019.

COSTIERI D'ALESIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01

A fine Gennaio lo studio BENNATI ha consegnato un rilievo topografico in scala 1:200 su cui erano riportati, in appositi "layers", i risultati delle indagini svolte presso le società di servizi presenti nell'area. Successivamente, ai primi di Febbraio, qualche incompienza circa la "messa a terra" dei punti GPR dei reticoli di scansione dei radar hanno convinto TECHNIGEA a continuare il lavoro con il proprio team topografico. E' stato così completato il rilievo topografico dall'incrocio "Armandino" fino all'ingresso della COSTIERI D'ALESIO su Via Leonardo da Vinci, e sono stati materializzati a terra i 188 punti GPR del reticolo dell'apparecchio georadar PipeHawk e i 30 del reticolo della macchina IDS (vedi spiegazioni più avanti).

1.4 Informazioni sui servizi esistenti

Anche la raccolta di informazioni dalle società proprietarie o responsabili per i servizi presenti in zona è stata stralciata dalle incombenze di TECHNIGEA. Ne è stato incaricato l'Ing. G. Niccolai, che ha svolto un eccellente lavoro, i cui risultati sono riportati negli appositi layers (chiamati "Utilities") del file AutoCAD del rilievo di dettaglio. C'è da rimarcare tuttavia che è assente qualunque informazione circa la rete TELECOM dal momento che questa società, com'è suo costume, non ha risposto in alcun modo alle richieste di contatto dell'Ing. Niccolai. Per questo motivo TECHNIGEA ha inserito nell'elaborato di restituzione anche i servizi rilevati con qualche incertezza (segnale radar poco chiaro e discontinuo) indicandoli come possibili cavi Telecom. Questo per allertare la ditta che sarà incaricata della costruzione della nuova infrastruttura.

1.5 Rilievo GEORADAR

Il rilievo georadar, come illustrato dall' Ing L.C.Speranza, è stato svolto in due fasi utilizzando due apparecchi diversi. Il primo rilievo è stato eseguito nella seconda settimana di Marzo 2019 con la macchina italiana **IDS Hi-Mod** dotata di una batteria (array) di 3 antenne, ciascuna operante simultaneamente a 200 e 600 MHz. Questo apparecchio è adatto a rilevare strutture sotterranee e servizi di diametro medio-grande. Possono tuttavia sfuggire servizi di diametro medio-piccolo, come per esempio quelli della rete telefonica.

Per completare il rilievo è stato quindi utilizzato, due settimane dopo, l'apparato inglese **PipeHawk** la cui "acuità visuale" per i servizi di diametro medio e piccolo è altissima. Questa qualità deriva dalla sofisticazione dell'antenna, che opera in multifrequenza emettendo un segnale ad incremento rapido continuo che ad ogni impulso passa da 150 MHz a 1 GHz. Come spiegato nelle Appendici, più alta è la frequenza dei segnali emessi, maggiore è la sensibilità del radar per oggetti di piccole dimensioni.

Una descrizione di massima dei due georadar impiegati è data nel prosieguo di questo documento. Le schede tecniche dei due apparecchi e una panoramica sulla tecnologia del georadar sono forniti nelle Appendici. In particolare, l'Appendice III riporta le "slides" fondamentali di un seminario che l'Ing. L.C.Speranza nel 20015 ha tenuto nella sede romana dell' ANTEL (Associazione Nazionale Tecnici Enti Locali).

La superficie totale di questo rilievo georadar è di **25.164,0 mq**. I calcoli a dimostrazione sono esposti nelle tabelle delle FIG.H1, FIG.H2, FIG.H3 e FIG.H4 delle pagine seguenti.

1.6 Elaborati di restituzione del rilievo GEORADAR

Gli elaborati che TECHNIGEA consegna al Committente sono elencati di seguito. E' da notare che la denominazione sulle tavole grafiche è SCANGEA perché esse sono state redatte dall'altra società di proprietà dell' Ing. L.C.Speranza, e cioè la SCANGEA DI LUIGI SPERANZA Ditta Individuale, avente medesima sede legale e scopo sociale.

- i. TECHNIGEA GEORADAR-D'ALESIO_RELAZIONE-TECNICA_2021-01.pdf (questo documento)
- ii. N.7 Planimetrie con evidenziate le aree scandite con il georadar IDS
- iii. N.7 Planimetrie con evidenziate le aree scandite con il georadar PIPE HAWK

2. CONCLUSIONI

2.1 Il tracciato del progetto NEC è irrealizzabile

Il rilievo georadar prova indubitabilmente che **il tracciato del progetto NEC è irrealizzabile**. Se ne ha la dimostrazione lampante quando si inseriscano i servizi rilevati con il georadar nella Sezione F-F del suddetto progetto (cioè sezione trasversale di Via Leonardo da Vinci in prossimità del ristorante Armandino). Si vedano le tavole nelle FIG.B, FIG.C, FIG.D, FIG.E, FIG.F e FIG.G delle pagine seguenti. E' evidente che già in detta sezione non c'è spazio per la nuova infrastruttura. E per di più, pochi metri più in là, la situazione nel sottosuolo del trafficatissimo incrocio con la bretella che attraversa la ferrovia e collega Via L. da Vinci a Via N. Jacoponi è ancora più complicata.

2.2 La tecnica degli scavi a cielo aperto è inadatta

Dunque la posa dei tubi con scavi a cielo aperto è da scartare. Come appena visto, questo è ovvio per le tratte su Via Leonardo da Vinci. Per quanto riguarda il parcheggio della società NERI e quelli contigui, aprirli in due con degli scavi appare essere una soluzione poco sagace, foriera di malcontenti, e che verosimilmente sarebbe oggetto di forti resistenze, a dire il meno.

2.3 Soluzione: HDD (Horizontal Directional Drilling)

Per costruire le nuove tubazioni senza i problemi degli scavi a cielo aperto l'unico modo è quello di utilizzare la tecnica della **PERFORAZIONE ORIZZONTALE DIREZIONALE (HDD, Horizontal Directional Drilling)**, che offre anche i vantaggi di una esecuzione assai rapida e un impatto sul traffico trascurabile.

Mediante l' HDD sarà possibile disporre le tubazioni a una quota assai più bassa dei complicatissimi tre metri superficiali.

I tubi dovranno essere posati all'interno di adeguate camicie, anch'esse in acciaio, per permetterne lo sfilamento necessario per le operazioni di manutenzione e/o riparazione.

2.4 Studio di fattibilità per posa con HDD

Utilizzando una macchina perforatrice di alte prestazioni (capace di una forza di spinta e di trazione dell'ordine delle 50 o 100 tonnellate, da definire) sarà possibile realizzare l'intero percorso dei tubi con un tracciato planimetrico assai più semplice e lineare di quello di NEC.

L'andamento plano-altimetrico della nuova struttura potrà essere definito quando siano state investigate la stratigrafia e le caratteristiche geotecniche dei terreni interessati, indispensabili per i calcoli delle curvature da imprimere alle aste di perforazione e alle camicie e alle condotte da posare.

L' Ing L.C.Speranza e il personale chiave di TECHNIGEA hanno una lunga esperienza nel campo della Perforazione Orizzontale Guidata (clienti: TELECOM ITALIA, SIRTI, ACEA, ALCATEL, ENEL, TERNA etc.). TECHNIGEA sarebbe lieta di incaricarsi della redazione di uno **Studio di Fattibilità** che, sulla base di un'accurata campagna geognostica, definisca i possibili tracciati plano-altimetrici tra i quali scegliere quello più conveniente per la progettazione esecutiva della nuova infrastruttura da posare con la tecnica della perforazione orizzontale direzionale.



Parma 2014.

L'Ing. L.C.Speranza accanto a una sonda Ditch Witch,

COSTIERI D'ALESIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01

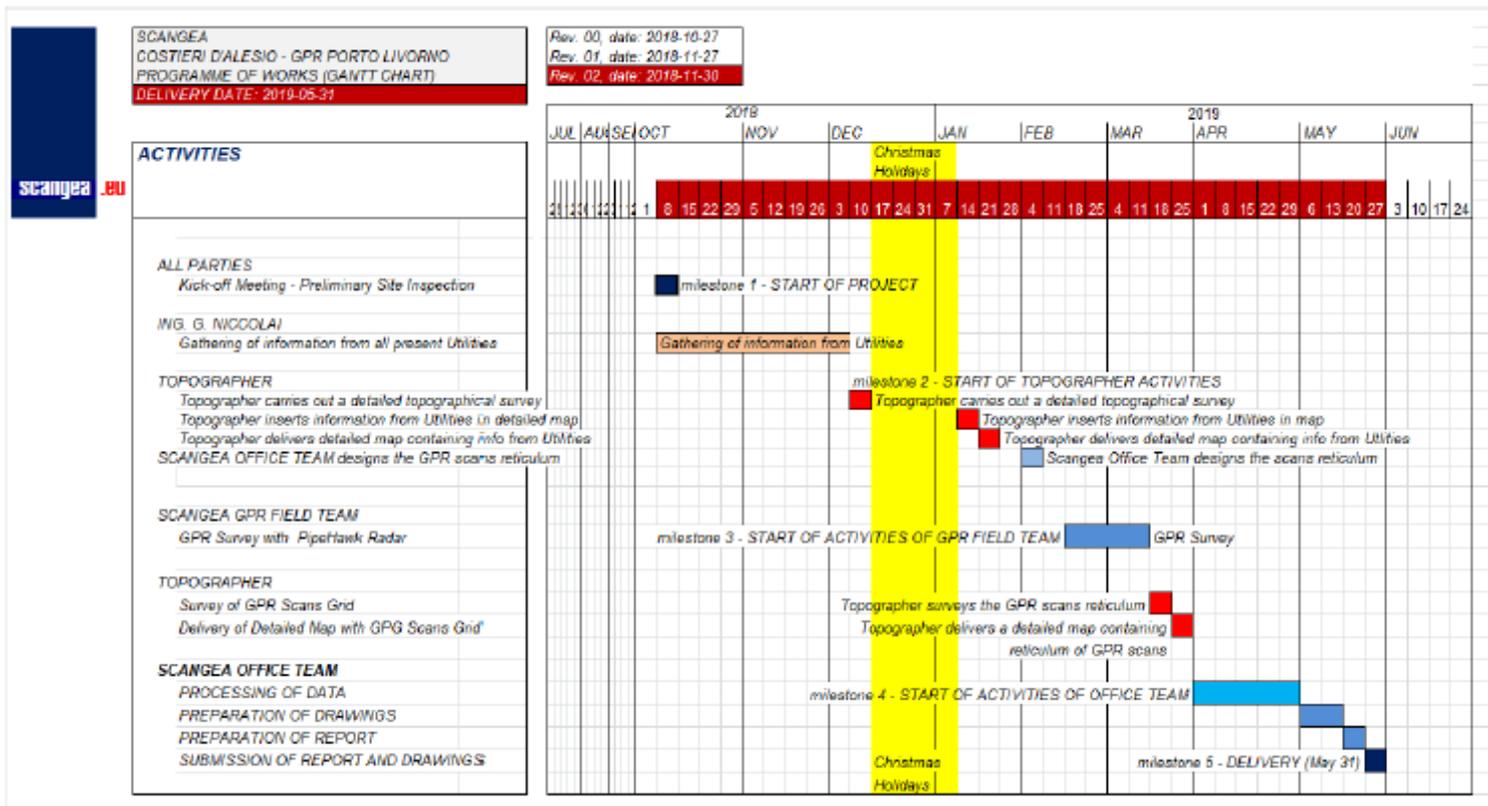


FIG. A
CRONOPROGRAMMA APPROVATO NEL CORSO DELLA RIUNIONE DEL NOVEMBRE 2019

COSTIERI D'ALESSIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
 RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01

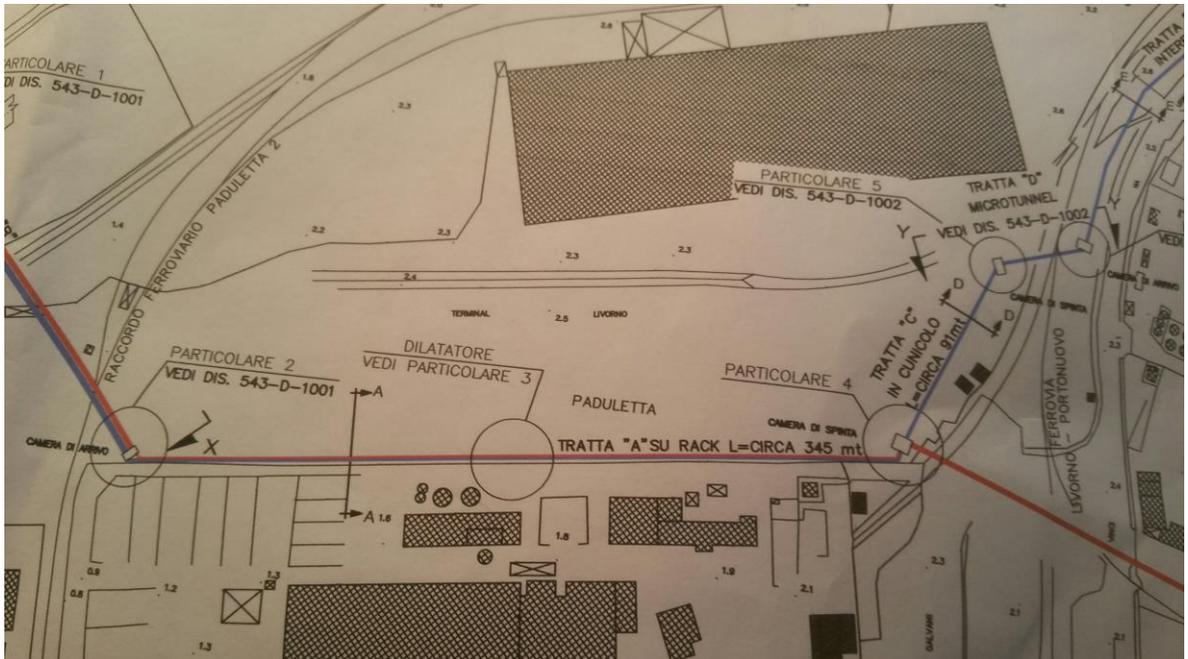


FIG. B
 PROGETTO NEC - TRACCIATO DELLE NUOVE TUBAZIONI D'ALESSIO (LINEA BLU), PRIMA PARTE

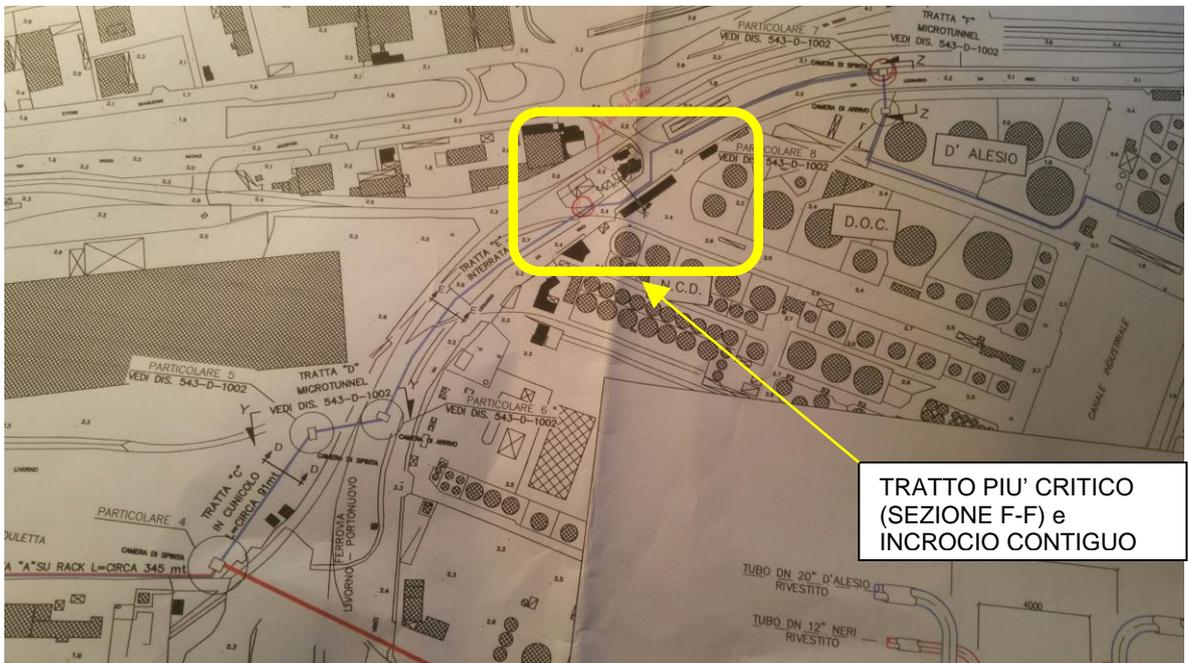


FIG. C
 PROGETTO NEC - TRACCIATO DELLE NUOVE TUBAZIONI D'ALESSIO (LINEA BLU), SECONDA PARTE

COSTIERI D'ALESIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
 RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01

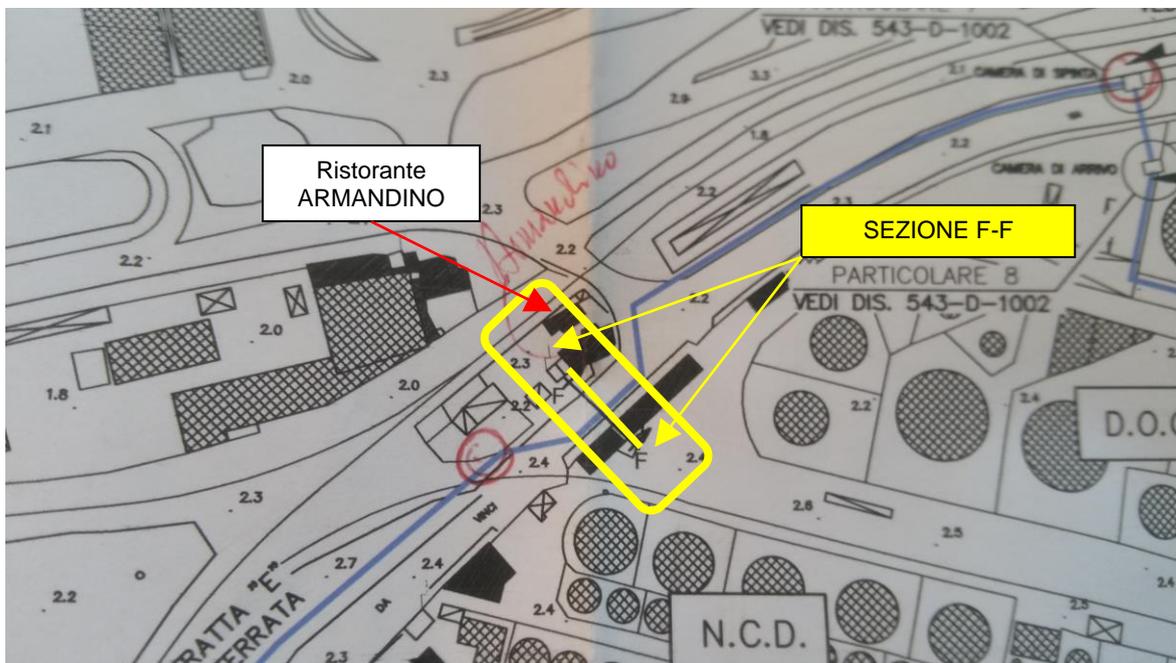


FIG. D
 PROGETTO NEC – SEZIONE F-F

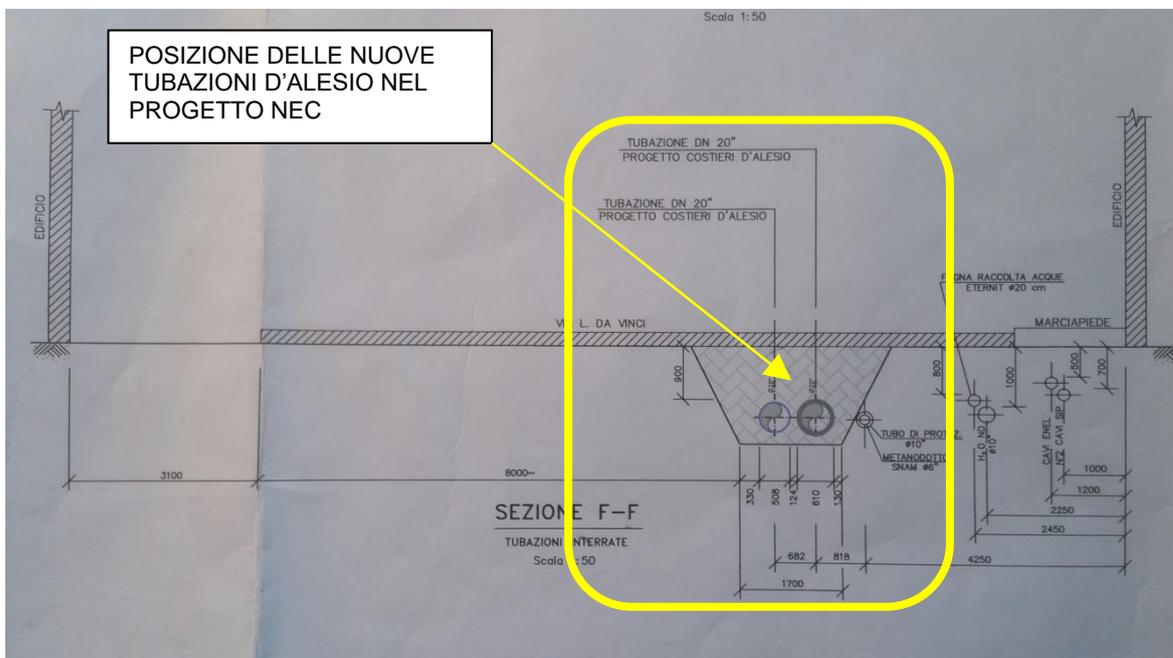


FIG. E
 PROGETTO NEC – SEZIONE F-F



COSTIERI D'ALESSIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01

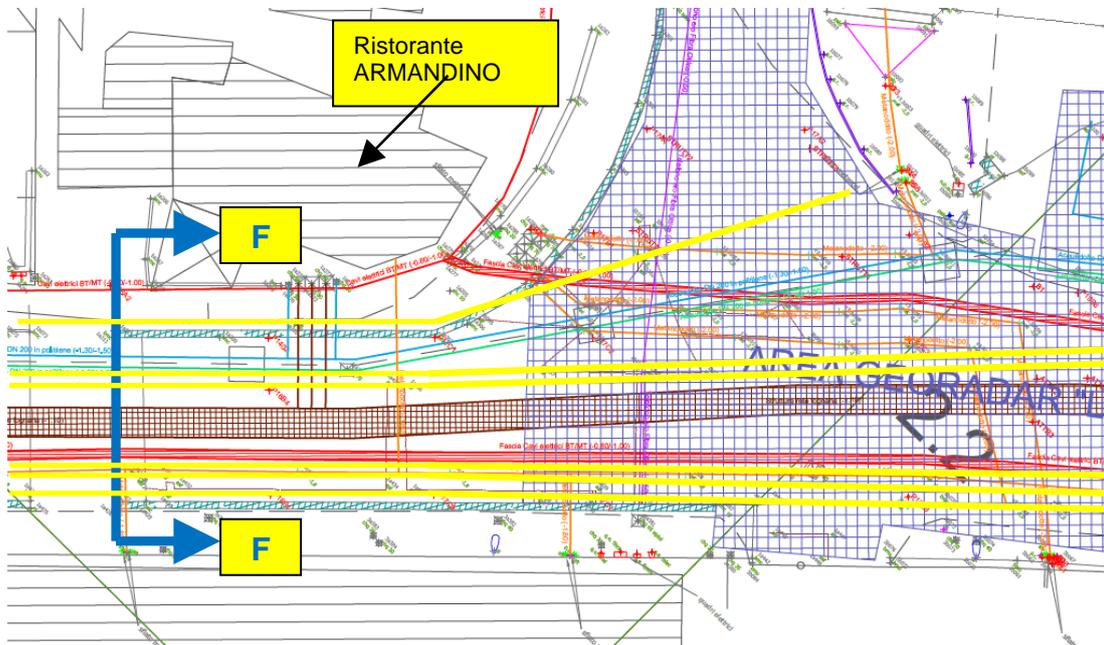


FIG. F
RILIEVO GEORADAR TECHNIGEA - PLANIMETRIA IN CORRISPONDENZA DELLA SEZIONE F-F NEC

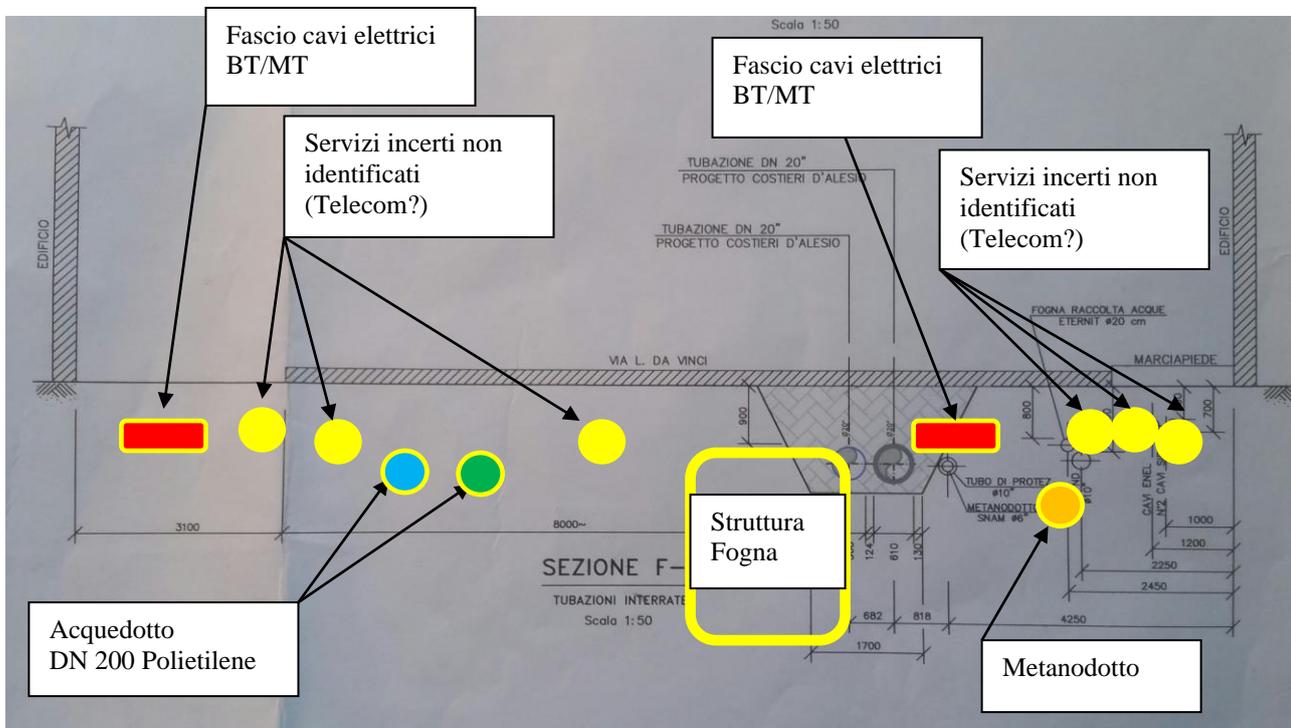


FIG. G
RILIEVO GEORADAR TECHNIGEA - SEZIONE F-F NEC CON I SERVIZI RILEVATI DAL GEORADAR



COSTIERI D'ALESIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
 RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01

3. SUPERFICIE TOTALE RILEVATA

La superficie complessiva rilevata con i due apparecchi georadar, l' IDS e il PipeHawk, è pari a **25.164,0 mq**. Il calcolo è riportato nella tabella qui in basso. Nell'elaborato AutoCAD consegnato le aree scandite da ciascun radar (stazioni georadar) sono contenute in due layer distinti denominati come segue:

- i. Scangea-technigea_PIPEHAWK-reticolo
- ii. Scangea-technigea_IDS-reticolo.

STAZIONI GEORADAR	GPR POINTS		MODULI PIPEHAWK		AREA PIPEHAWK PREVISTA		AREA PIPEHAWK Effettivamente Rilevata	AREA IDS Effettivamente Rilevata	AREA TOTALE PIPEHAWK + IDS	
	Numero		Numero		mq	mq/modulo				
	188	188	1.322	1.322		9			25.164,0	
	AREA PIPEHAWK PREVISTA				11.898	11.898	Verifica somma			
					AREA PIPEHAWK EFFETTIVAMENTE RILEVATA		9.252			
					AREA IDS EFFETTIVAMENTE RILEVATA		15.912			

Stazione	Cluster	GPR POINTS	MODULI PIPEHAWK	AREA PIPEHAWK PREVISTA (mq)	AREA PIPEHAWK EFFETTIVAMENTE RILEVATA (mq)	AREA IDS EFFETTIVAMENTE RILEVATA (mq)	TOTALE (mq)	
P1 Stazione GPR P1 PipeHawk	Cluster P1 A	6	57	513				
	Cluster P1 B	4	18	162				
	Cluster P1 C	4	18	162				
	Cluster P1 D	4	18	162				
	Cluster P1 E	4	18	162				
	Cluster P1 F	4	18	162				
	Cluster P1 G	2	21	189				
	Cluster P1 H	2	24	216				
	Cluster P1 J	3	27	243				
	Cluster P1 K	3	21	189				
	Cluster P1 L	4	12	108				
			40	252	2.268		2.268	RILEVATA
	P2 Stazione GPR P2 PipeHawk	Cluster P2 A	3	24	216			
		Cluster P2 B	2	24	216			
STRING P2 C		2	12	108				
			7	60	540			
P3 Stazione GPR 3 PipeHawk	Cluster P3 A	2	27	243				
	Cluster P3 B	2	27	243				
	Cluster P3 C	2	18	162				
			6	72	648		648	RILEVATA
P4 Stazione GPR P4 PipeHawk	Cluster P4 A	4	36	324				
		4	36	324				
P5 Stazione GPR P5 PipeHawk	Cluster P5 A	2	27	243				
	Cluster P5 B	2	27	243				
	Cluster P5 B	2	18	162				
			6	72	648		648	RILEVATA

FIG. H1
 CALCOLO DELLE SUPERFICI RILEVATE CON IL GEORADAR



COSTIERI D'ALESIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
 RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01

P6	Stazione GPR P6 PipeHawk Cluster P6 A	4	36	324				
			4	36	324			
P7	Stazione GPR P7 PipeHawk Cluster P7 A Cluster P7 B	2	18	162				
		6	27	243				
			8	45	405		405	RILEVATA
P8	Stazione GPR P8 PipeHawk Cluster P8 A	4	36	324				
			4	36	324			
P9	Stazione GPR P9 PipeHawk Cluster P9 A Cluster P9 B Cluster P9 C	2	18	162				
		2	18	162				
		4	27	243				
			8	63	567		567	RILEVATA
P10	Stazione GPR P10 PipeHawk Cluster P10 A Cluster P10 B	2	18	162				
		4	27	243				
			6	45	405			
P11	Stazione GPR P11 PipeHawk Cluster P11 A Cluster P11 B Cluster P11 C Cluster P11 D	2	18	162				
		2	18	162				
		2	18	162				
		4	18	162				
			10	72	648		648	RILEVATA
P12	Stazione GPR P12 PipeHawk Cluster P12 A	4	36	324				
			4	36	324			
P13	Stazione GPR P13 PipeHawk Cluster P13 A Cluster P13 B Cluster P13 C Cluster P13 D	2	18	162				
		2	18	162				
		2	18	162				
		4	27	243				
			10	81	729		729	RILEVATA
P14	Stazione GPR P14 PipeHawk Cluster P14 A Cluster P14 B Cluster P14 C	4	24	216				
		2	21	189				
		2	8	72				
			8	53	477		477	RILEVATA
P15	Stazione GPR P15 PipeHawk Cluster P15 A Cluster P15 B	2	27	243				
		4	18	162				
			6	45	405		405	RILEVATA
P16	Stazione GPR P16 PipeHawk Cluster P16 A Cluster P16 B	2	15	135				
		4	18	162				
			6	33	297		297	RILEVATA

FIG. H2
 CALCOLO DELLE SUPERFICI RILEVATE CON IL GEORADAR



COSTIERI D'ALESIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
 RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01

P17	Stazione GPR P17 PipeHawk								
	Cluster P17 A	2	12	108					
	Cluster P17 B	2	18	162					
	Cluster P17 C	8	45	405					
		12	75	675			675	RILEVATA	
P18	Stazione GPR P18 PipeHawk								
	Cluster P18 A	8	45	405					
		8	45	405					
P19	Stazione GPR P19 PipeHawk								
	Cluster P19 A	3	30	270					
	Cluster P19 B	6	45	405					
		9	75	675			675	RILEVATA	
P20	Stazione GPR P20 PipeHawk								
	Cluster P20 A	6	12	108					
	Cluster P20 B	8	15	135					
		14	27	243			243	RILEVATA	
P21	Stazione GPR P21 PipeHawk								
	Cluster P21 A	4	54	486					
	Cluster P21 B	4	9	81					
		8	63	567			567	RILEVATA	

FINE TABELLA PIPEHAWK

IDS-A	Stazione IDS-A					270,0	RILEVATA
IDS-B	Stazione IDS-B					1.308,0	RILEVATA
IDS-C	Stazione IDS-C					175,0	RILEVATA
IDS-D	Stazione IDS-D					1.335,0	RILEVATA
IDS-E	Stazione IDS-E					2.424,0	RILEVATA
IDS-F	Stazione IDS-F					1.440,0	RILEVATA
IDS-G	Stazione IDS-G					855,0	RILEVATA
IDS-H	Stazione IDS-H					574,0	RILEVATA
IDS-I	Stazione IDS-I					455,0	RILEVATA

FIG. H3
 CALCOLO DELLE SUPERFICI RILEVATE CON IL GEORADAR



COSTIERI D'ALELIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01

IDS-J	Stazione IDS-J	767,0	RILEVATA
IDS-L	Stazione IDS-L	1.068,0	RILEVATA
IDS-M	Stazione IDS-M	851,0	RILEVATA
IDS-N	Stazione IDS-N	434,0	RILEVATA
IDS-O	Stazione IDS-O	303,0	RILEVATA
IDS-P	Stazione IDS-P	456,0	RILEVATA
IDS-Q	Stazione IDS-Q	403,0	RILEVATA
IDS-R	Stazione IDS-R	514,0	RILEVATA
IDS-S	Stazione IDS-S	274,0	RILEVATA
IDS-T	Stazione IDS-T	515,0	RILEVATA
IDS-U	Stazione IDS-U	594,0	RILEVATA
IDS-V	Stazione IDS-V	190,0	RILEVATA
IDS-W	Stazione IDS-W	303,0	RILEVATA
IDS-X	Stazione IDS-X	404,0	RILEVATA
FINE TABELLA IDS			

FIG. H4
CALCOLO DELLE SUPERFICI RILEVATE CON IL GEORADAR

COSTIERI D'ALESIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
 RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01

4. DESCRIZIONE SOMMARIA DEL GEORADAR IDS RIS MF Hi-Mod



RIS MF Hi-Mod

3D GPR for large areas



A specialised ground penetrating radar (GPR) system, RIS MF Hi-Mod is capable of investigating large areas, providing a 3D view of the subsoil with a high capability of resolution and penetration depth. RIS MF Hi-Mod features:



Questo sistema georadar dal nome complicato (e anche un po' strano per chi sia di madrelingua inglese) è un prodotto italiano sviluppato dalla società IDS (Ingegneria dei Sistemi) di Pisa in collaborazione con l'Università di Pisa.

L'architettura dell'hardware del sistema radar è simile a quella delle macchine della GSSI, Geophysical Survey Systems Inc., di Nashua, New Hampshire, USA. Entrambi i sistemi operano con antenne in monofrequenza. IDS tuttavia fabbrica anche antenne di due diverse frequenze contenute nello stesso involucro. Nel caso del nostro rilievo sono state utilizzate 3 coppie di antenne montate in batteria (array), ciascuna antenna contenente due dipoli, uno da 200MHz e l'altro da 600 MHz.

Il software della IDS è diverso e innovativo rispetto al RADAN della GSSI, che è efficace ma complesso, e la cui interfaccia con i programmi CAD è piuttosto datata. Al contrario, il software IDS è più semplice ed è dotato di un'interfaccia con AutoCAD di uso semplicissimo.

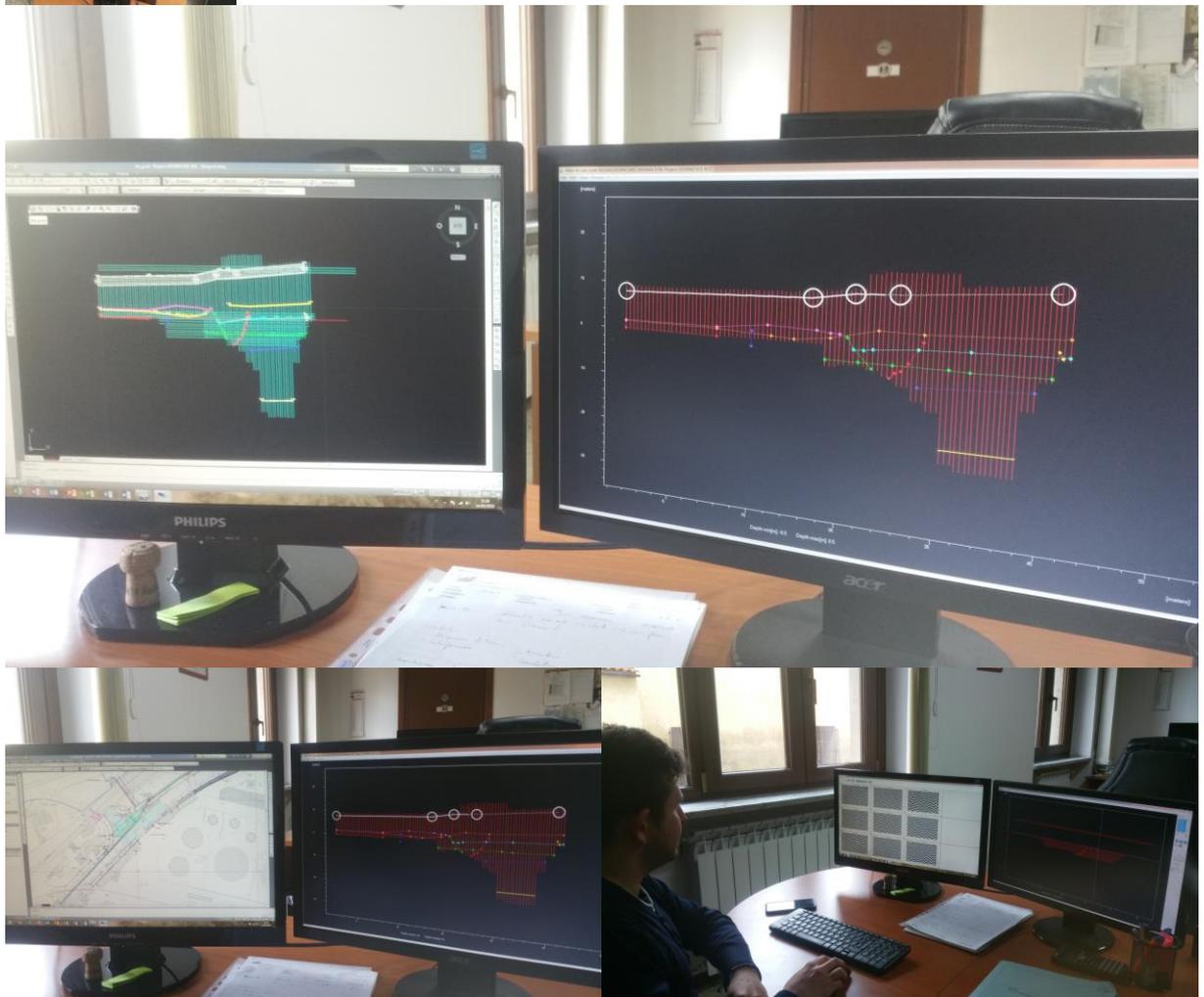


Altro vantaggio del georadar IDS è che le antenne si possono collegare in batteria. Questo riduce il numero di scansioni necessarie, rendendo dunque questo apparecchio adatto a rilevare grandi superfici.

La scheda tecnica dell' IDS RIS MF Hi-Mode è fornita in Appendice II.

COSTIERI D'ALESSIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01

5. DESCRIZIONE DEL RILIEVO SVOLTO CON IL GEORADAR IDS



Il radar IDS utilizzato da TECHNIGEA per questo lavoro non ha un dispositivo GPS incorporato perché la nostra macchina è di penultima generazione. Ma questo non crea alcun problema ai fini della rapida geolocalizzazione dei bersagli rilevati dal momento che il gruppo di scansioni di un'intera stazione è automaticamente riferito ad una sola linea retta di base. Dunque il rilievo topografico di due semplici punti è sufficiente a posizionare in AutoCAD i risultati di un'intera stazione georadar.

Sono state scandite 23 stazioni georadar, per una superficie totale di 15.912,0 mq (vedi tabella seguente).



COSTIERI D'ALELIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
 RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01

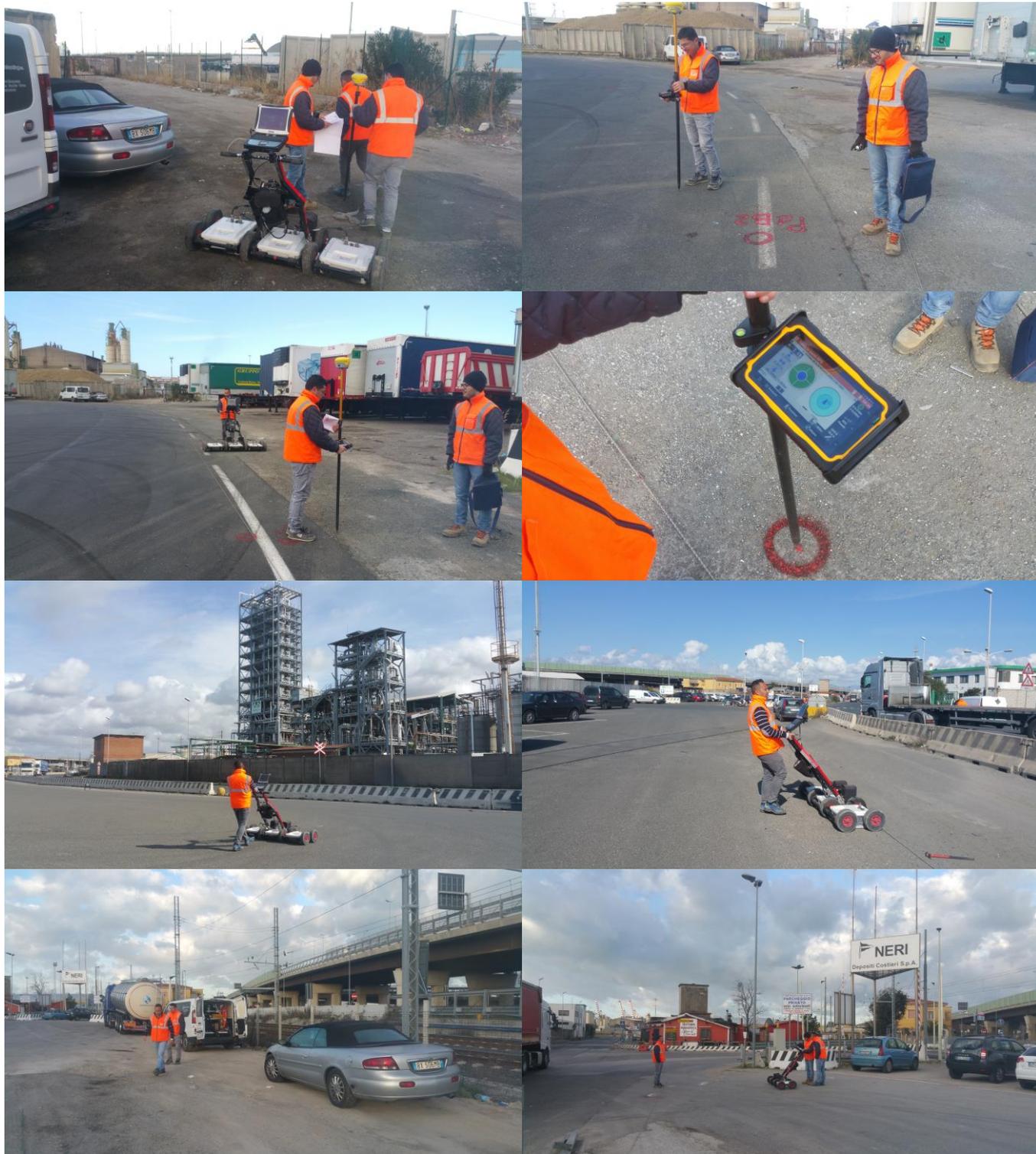
STAZIONI GEORADAR		AREA IDS Effettivamente Rilevata		OSSERVAZIONI
		mq	mq	
AREA IDS EFFETTIVAMENTE RILEVATA		15.912		
1	Stazione IDS-A	270,0	270,0	RILEVATA
2	Stazione IDS-B	1.308,0	1.308,0	RILEVATA
3	Stazione IDS-C	175,0	175,0	RILEVATA
4	Stazione IDS-D	1.335,0	1.335,0	RILEVATA
5	Stazione IDS-E	2.424,0	2.424,0	RILEVATA
6	Stazione IDS-F	1.440,0	1.440,0	RILEVATA
7	Stazione IDS-G	855,0	855,0	RILEVATA
8	Stazione IDS-H	574,0	574,0	RILEVATA
9	Stazione IDS-I	455,0	455,0	RILEVATA
10	Stazione IDS-J	767,0	767,0	RILEVATA
11	Stazione IDS-L	1.068,0	1.068,0	RILEVATA
12	Stazione IDS-M	851,0	851,0	RILEVATA
13	Stazione IDS-N	434,0	434,0	RILEVATA
14	Stazione IDS-O	303,0	303,0	RILEVATA
15	Stazione IDS-P	456,0	456,0	RILEVATA
16	Stazione IDS-Q	403,0	403,0	RILEVATA
17	Stazione IDS-R	514,0	514,0	RILEVATA
18	Stazione IDS-S	274,0	274,0	RILEVATA
19	Stazione IDS-T	515,0	515,0	RILEVATA
20	Stazione IDS-U	594,0	594,0	RILEVATA
21	Stazione IDS-V	190,0	190,0	RILEVATA
22	Stazione IDS-W	303,0	303,0	RILEVATA
23	Stazione IDS-X	404,0	404,0	RILEVATA

FINE TABELLA IDS

FIG. I
 DATI METRICI DEL RILIEVO CON IL GEORADAR IDS

COSTIERI D'ALESSIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01

6. FOTO DEL RILIEVO TOPOGRAFICO E DEL RILIEVO CON IL GEORADAR IDS





COSTIERI D'ALELIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01



COSTIERI D'ALELIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01



COSTIERI D'ALESSIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01

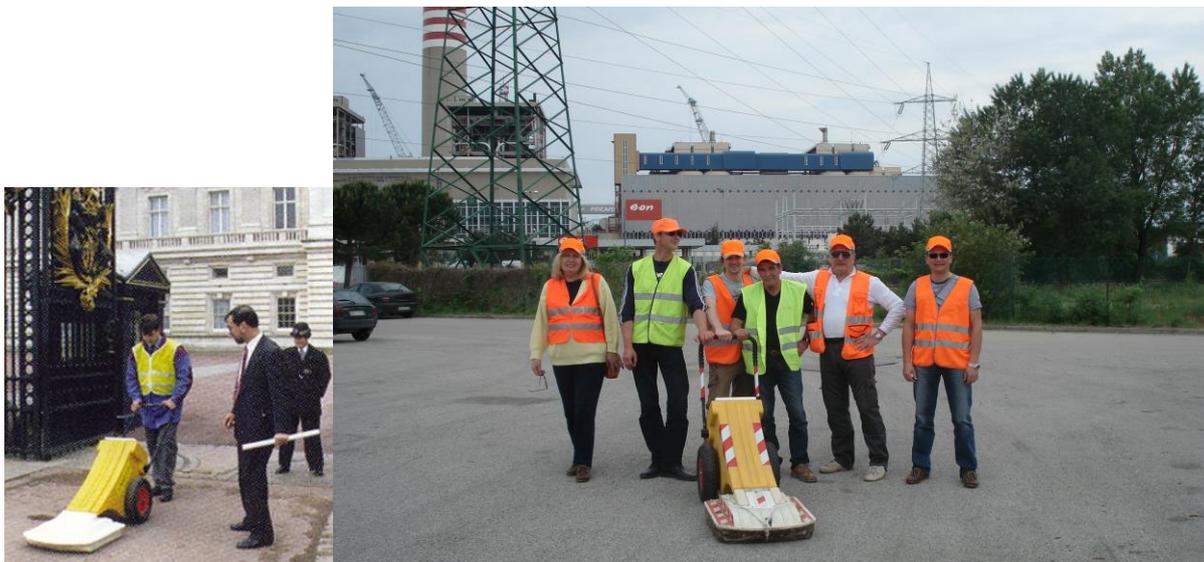


COSTIERI D'ALESSIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01



COSTIERI D'ALESIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
 RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01

5. DESCRIZIONE SOMMARIA DEL GEORADAR PIPEHAWK



TECHNIGEA dispone dell'unica macchina PIPEHAWK che abbia mai operato in Italia. PIPEHAWK si può definire come il MacIntosh dei georadar, a causa delle sue caratteristiche esclusive, molto avanti al suo tempo. L'eccessivo costo di questa macchina, tuttavia, non ne ha permesso il decollo commerciale.

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:

- i. Un'antenna estremamente sofisticata che emette segnali in multifrequenza compresi nell'intervallo tra 150 MHz e 1 GHz (tutti gli altri apparati georadar operano con antenne in monofrequenza), ed è in grado di individuare servizi del diametro minimo di 19mm (0,75");
- ii. Il software interno di PIPEHAWK, che svolge automaticamente l'elaborazione dei dati radar restituendo direttamente le immagini dei servizi.

A quasi trent'anni dal suo sviluppo PIPEHAWK è ancora il radar da sottoservizi più efficace. Purtroppo l'alto costo di questo sistema si è risolto in un insuccesso commerciale, per cui gli apparati georadar PIPEHAWK non sono più disponibili per l'acquisto. Per questo motivo, sebbene a malincuore, TECHNIGEA si è dotata di apparati IDS di ultima generazione.

La scheda tecnica e informazioni più dettagliate sono disponibili nell' APPENDICE I.

COSTIERI D'ALESIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
 RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01

PARAGONE TRA I RADARGRAMMI DEI GEORADAR IDS E PIPEHAWK

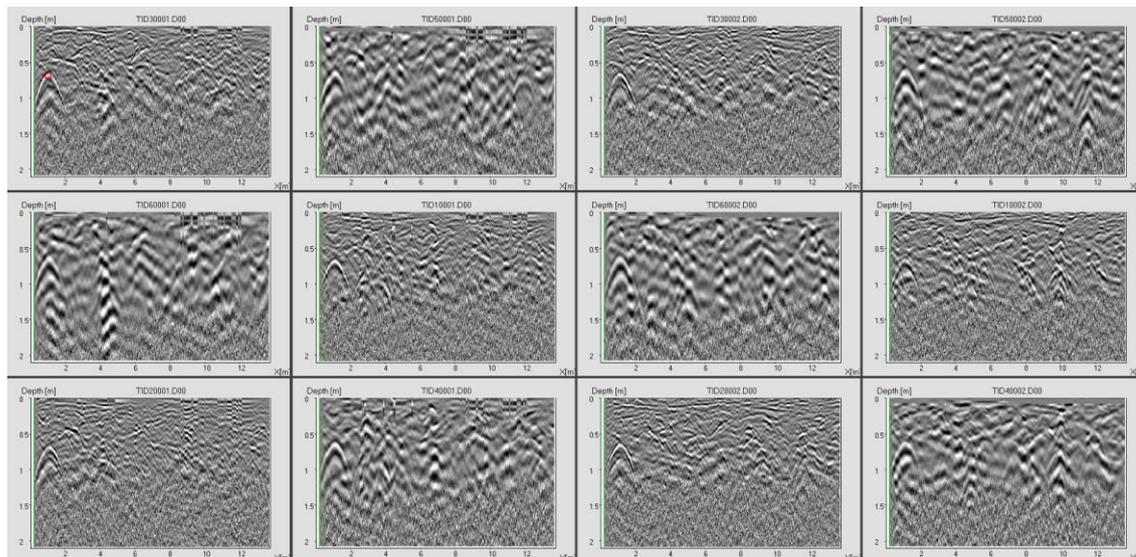


FIG. 1
 RADARGRAMMI DEL GEORADAR IDS HI-MOD

Il tecnico deve individuare i servizi rilevati interpretando le curve delle eco senza alcun suggerimento da parte del software. Questo software è del 2012.

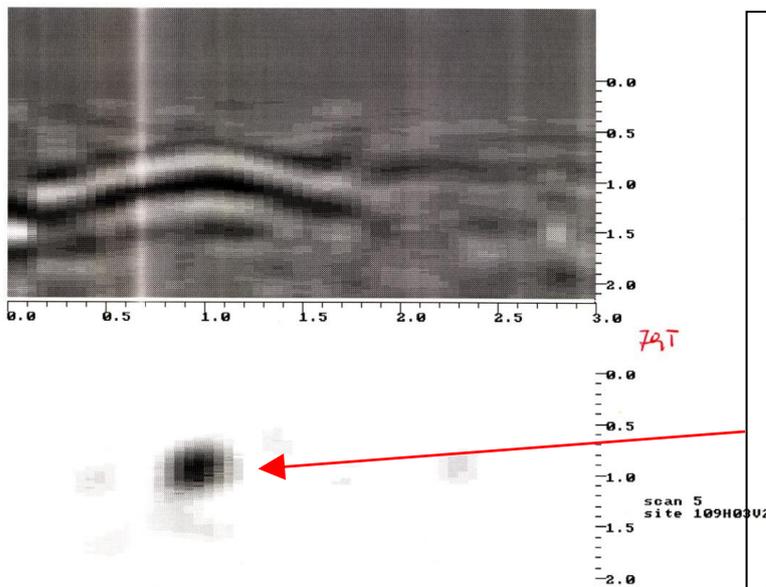


FIG. I-2
 RADARGRAMMI DEL GEORADAR PIPEHAWK

In ciascun radargramma il Software proprietario della EMRAD mostra le immagini in sezione dei servizi. Nota bene: questo software è del 1995.

IL SOFTWARE DI PIPEHAWK "ESTRAE" AUTOMATICAMENTE LE IMMAGINI DEI BERSAGLI DALLE CURVE DI RISPOSTA AL SEGNALE RADAR, E LE RENDE SIA IN SEZIONE, NEI RADARGRAMMI, SIA IN PLANIMETRIA TRAMITE STRATIGRAFIE DI N.7 LAYERS PIU' UNO DI VISIONE COMPLESSIVA IN TRASPARENZA (Vedi APPENDICE).

Le immagini sono quotate sia in ascissa, con riferimento al punto di partenza della scansione, che in profondità. La resa automatica delle immagini dei bersagli è caratteristica unica di PipeHawk. Tutti gli altri georadar, anche quelli di ultima generazione, forniscono radargrammi che consistono solo nella parte superiore del radargramma di PIPEHAWK (vedi radargrammi IDS in alto)..



COSTIERI D'ALESIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01

8. DESCRIZIONE DEL RILIEVO SVOLTO CON IL GEORADAR PIPEHAWK

In fase di programmazione del rilievo sull'elaborato AutoCAD della topografia di dettaglio, sono state definite n.21 Stazioni Georadar PipeHawk, denominate P1, P2, P3 etc. fino a P21, ciascuna consistente di stringhe e gruppi (cluster) di moduli quadrati 3x3m. All'interno di ciascuna stazione il reticolo di stringhe e clusters è ancorato a punti chiamati Punti GPR. Il totale di Punti GPR è pari a 188.

La tabella della seguente FIG.1 riassume i dati metrici del georadar svolto con l'apparecchio PIPEHAWK.

Da essa si evince che non tutte le stazioni georadar previste sono state scandite. Il motivo è che, essendo PIPEHAWK più lento da operare che non il radar IDS, si è deciso di limitare le operazioni sulla Via Leonardo da Vinci alla sola zona in prossimità del ristorante Armandino, cioè la zona più problematica del tracciato NEC.

Nel file AutoCAD che TECHNIGEA consegna al Committente le Stazioni PipeHawk e le stringhe e i cluster contenuti in esse si trovano sui layers denominati:

- i. scangea gpr grid1 PIPEHAWK Cluster and Strings
- ii. scangea gpr grid1 PIPEHAWK GPR Points
- iii. scangea gpr grid1 PIPEHAWK Module-Number
- iv. scangea gpr grid1 PIPEHAWK Module-Perimetre
- v. scangea gpr grid1 PIPEHAWK Stations

Illuminando i layers sopra elencati si potrà vedere chiaramente il reticolo di scansione di PIPEHAWK sovrapposto al rilievo topografico di dettaglio delle aree interessate dal progetto NEC.



COSTIERI D'ALESIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
 RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01

STAZIONI GEORADAR	GPR POINTS	MODULI PIPEHAWK	AREA PIPEHAWK PREVISTA	AREA PIPEHAWK Effettivamente Rilevata	OSSERVAZIONI
	Numero	Numero	mq	mq/modulo 9	
	188	1.322			
			AREA PIPEHAWK PREVISTA	11.898	Verifica somma
			AREA PIPEHAWK EFFETTIVAMENTE RILEVATA	9.252	

1	Stazione GPR P1 PipeHawk	40	252	2.268	2268	RILEVATA
2	Stazione GPR P2 PipeHawk	7	60	540	0	NON RILEVATA
3	Stazione GPR P3 PipeHawk	6	72	648	648	RILEVATA
4	Stazione GPR P4 PipeHawk	4	36	324	0	NON RILEVATA
5	Stazione GPR P5 PipeHawk	6	72	648	648	RILEVATA
6	Stazione GPR P6 PipeHawk	4	36	324	0	NON RILEVATA
7	Stazione GPR P7 PipeHawk	8	45	405	405	RILEVATA
8	Stazione GPR P8 PipeHawk	4	36	324	0	NON RILEVATA
9	Stazione GPR P9 PipeHawk	8	63	567	567	RILEVATA
10	Stazione GPR P10 PipeHawk	6	45	405	0	NON RILEVATA
11	Stazione GPR P11 PipeHawk	10	72	648	648	RILEVATA
12	Stazione GPR P12 PipeHawk	4	36	324	0	NON RILEVATA
13	Stazione GPR P13 PipeHawk	10	81	729	729	RILEVATA
14	Stazione GPR P14 PipeHawk	8	53	477	477	RILEVATA
15	Stazione GPR P15 PipeHawk	6	45	405	405	RILEVATA
16	Stazione GPR P16 PipeHawk	6	33	297	297	RILEVATA
17	Stazione GPR P17 PipeHawk	12	75	675	675	RILEVATA
18	Stazione GPR P18 PipeHawk	8	45	405	0	NON RILEVATA
19	Stazione GPR P19 PipeHawk	9	75	675	675	RILEVATA
20	Stazione GPR P20 PipeHawk	14	27	243	243	RILEVATA
21	Stazione GPR P21 PipeHawk	8	63	567	567	RILEVATA

FINE TABELLA PIPEHAWK

FIG. J
 DATI METRICI DEL RILIEVO CON IL GEORADAR PIPEHAWK



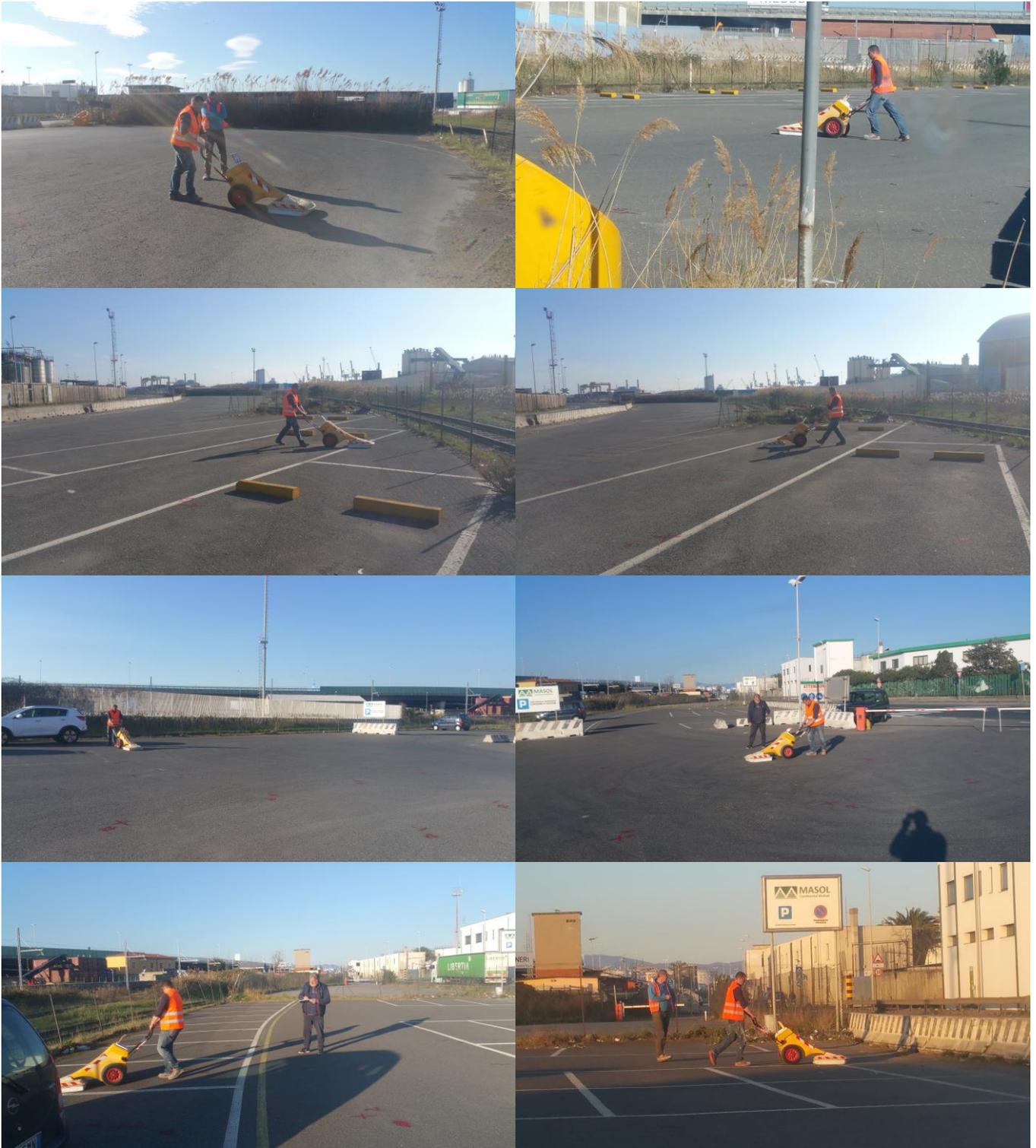
COSTIERI D'ALESIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01

9. FOTO DEL RILIEVO CON IL GEORADAR PIPEHAWK





COSTIERI D'ALESIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01

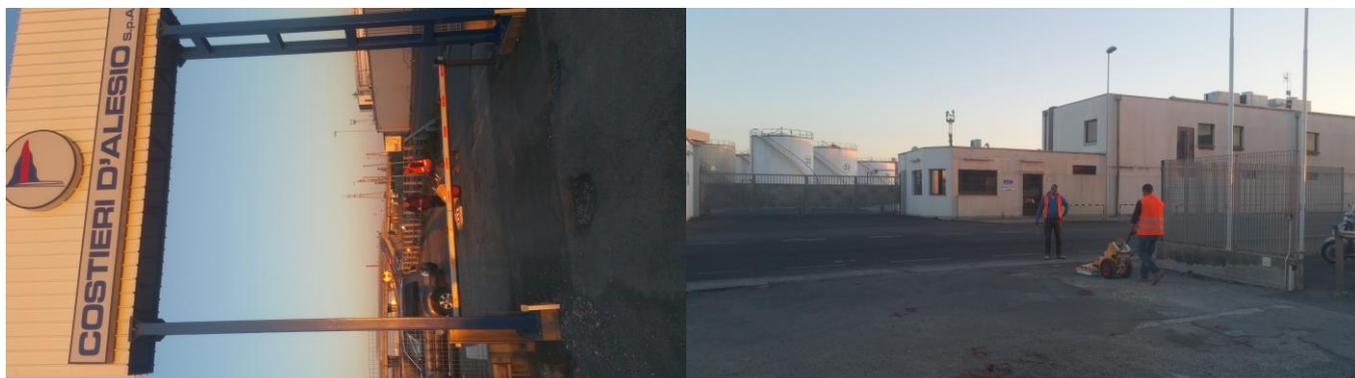




COSTIERI D'ALESIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01



COSTIERI D'ALELIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01





georadar, geofisica, geotecnica e ingegneria

COSTIERI D'ALELIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01

10. APPENDICI



georadar, geofisica, geotecnica e ingegneria

COSTIERI D'ALESIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01

APPENDICE I
SCHEDA TECNICA DEL GEORADAR PIPEHAWK
METODO DEL RILIEVO CON PIPEHAWK

COSTIERI D'ALESIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
 RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01

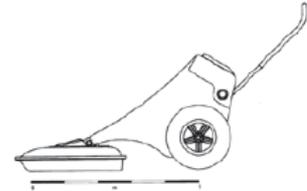
AI.1 SCHEDA TECNICA DEL GEORADAR PIPEHAWK

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

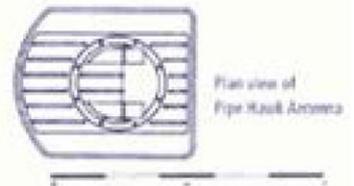
Transmitter and Receiver Radar Unit: protected by an operator serviceable wear membrane.

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.

AI.2 METODO DEL RILIEVO CON PIPEHAWK

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.

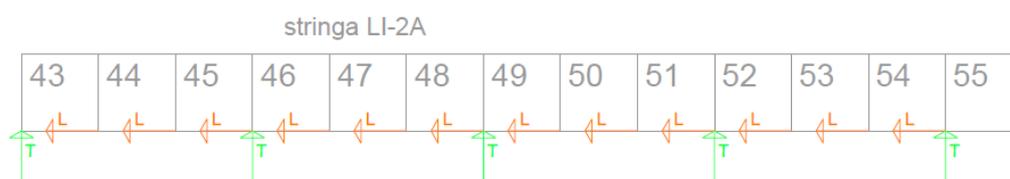


FIG. AI.2.1
ESEMPIO DI STRINGA DI MODULI (Le frecce indicano l'origine e il verso delle scansioni nei moduli)

Illuminando il layer " **scangea gpr B GRID_verso-scansioni** " dell'elaborato AutoCAD di restituzione del rilievo si possono vedere i versi di scansione indicati con frecce di due colori:

- i. Colore verde per SCANSIONI T
- ii. Colore giallo per SCANSIONI L

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.

AI.3 RESTITUZIONE DEL RILIEVO CON PIPEHAWK - TIMESLICES

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:

- i. La profondità massima raggiunta dal segnale radar;
- ii. L'intervallo di profondità entro cui appare il bersaglio interpretato come servizio;
- iii. 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:

- i. ATTENDIBILITA' ALTA
- ii. ATTENDIBILITA' MEDIA
- iii. 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

AI.4 RETICOLO DI SCANSIONE

Un'introduzione alla tecnologia del georadar, concisa ma esaustiva, è fornita in Appendice III, tramite le diapositive di una presentazione fatta dall'Ing. L.C. Speranza ai tecnici del Comune di Roma nel 2005.

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.

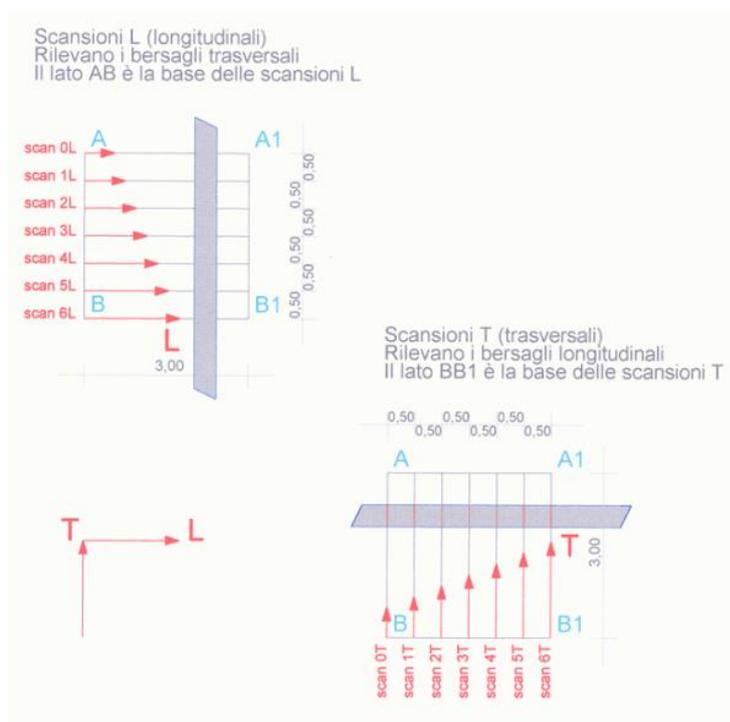


Figura AI.4.1
MODULO DI SCANSIONE DI PipeHawk
 Modulo 3x3 metri - Scansioni T ed L
 Le scansioni T rilevano i bersagli longitudinali
 Le scansioni L rilevano i bersagli trasversali.



AI.5 RADARGRAMMA

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.

COSTIERI D'ALESIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
 RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01

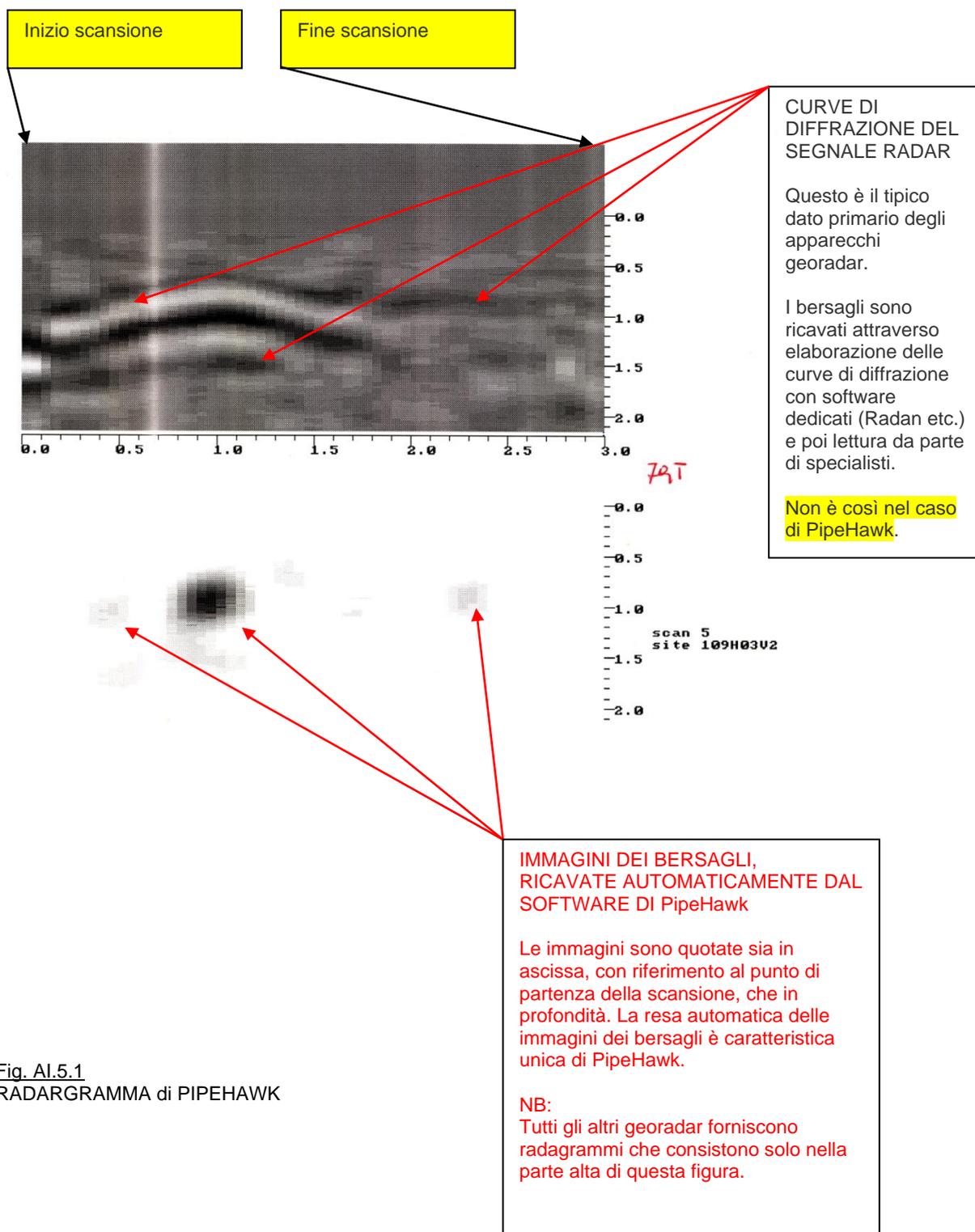


Fig. Al.5.1
 RADARGRAMMA di PIPEHAWK

AI.6 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.

1. 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.

AI.7 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 DIELETTRICA, 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.).

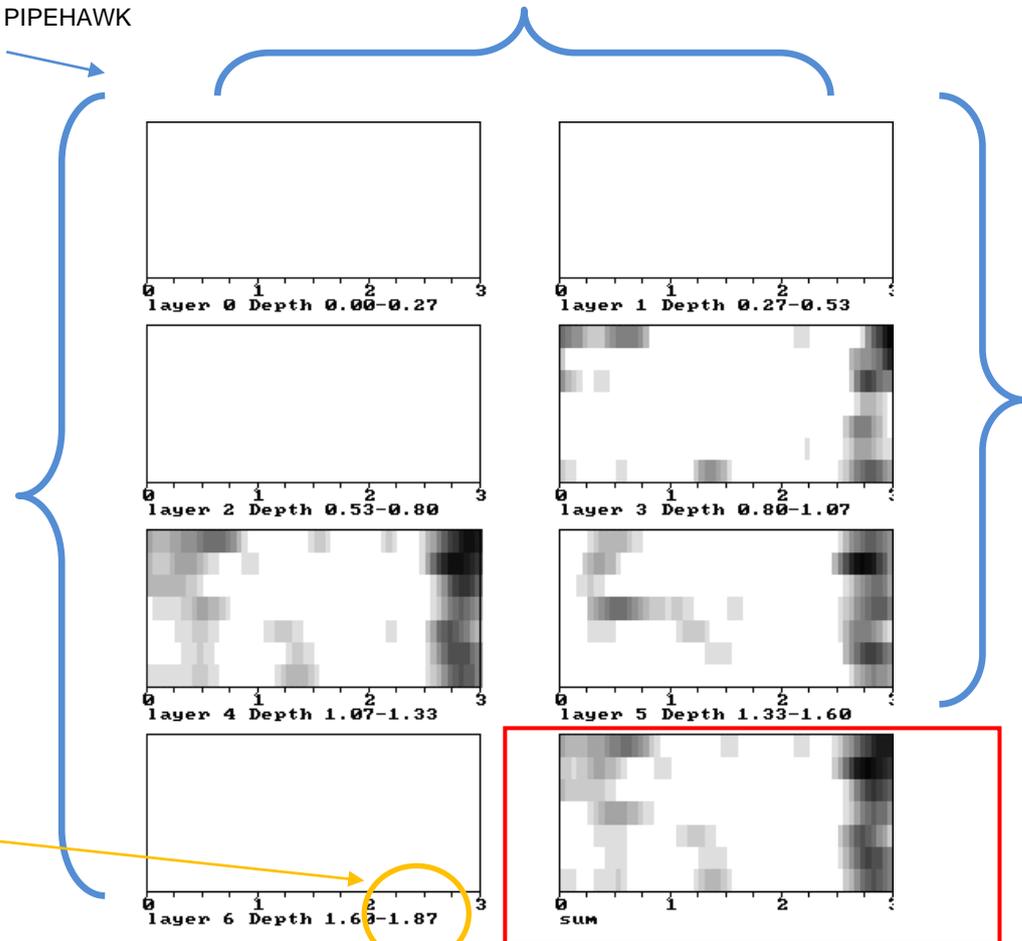
Zone di discontinuità delle proprietà fisico-chimiche del terreno, come zone di umidità, volumi di terreno di riporto, trovanti, oggetti oblungi etc., possono essere riconosciuti da un occhio esercitato sulle TIMESLICES prodotte dal software di **PipeHawk**.

FIG. AI.7.1
 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 (LI5C)
 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(LI5C-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.



georadar, geofisica, geotecnica e ingegneria

COSTIERI D'ALESIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01

APPENDICE II
SCHEDA TECNICA DEL GEORADAR IDS
METODO DEL RILIEVO CON GEORADAR IDS



RIS MF Hi-Mod	
TECHNICAL SPECIFICATIONS	
Data Logger	Panasonic CF-19 (or alternatively any Windows PC with an Ethernet LAN interface)
Radar Acquisition Unit	IDS DAD Fast Wave, with RIS K2 acquisition software
Max Number of Channels	Up to 8
Antenna Frequencies	200 and 600 MHz
Positioning	Metric wheel and/or GPS interface
Collection Speed (up to 8 profiles simultaneously)	4 m/sec in full configuration (8 channels)
Battery Life	> 8 h
Weight	58 kg in full configuration
Surface Footprint	200 cm x 60 cm (full configuration)
Survey Path Width	Up to 8 radar scans, 52 cm each
Wireless Connection	Available
Environment	IP65
SOFTWARE SPECIFICATIONS	
Processing Software	GRED 3D Utilities including: Automatic target detection Automatic data processing Automatic propagation velocity estimation 2D/3D representation Data fusion for different frequencies and directions Irregular volume representation Iso-surface Map
Output Data	Excel, ASCII, HDF5, jpg, bmp



georadar, geofisica, geotecnica e ingegneria

COSTIERI D'ALESIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01

APPENDICE III

**INTRODUZIONE AL GEORADAR
(CONFERENZA TENUTA NEL 2005 NELLA SEDE DELL'ANTEL
PER I DIPENDENTI DELL' UFFICIO TECNICO DEL COMUNE DI ROMA)**

COSTIERI D'ALESIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01

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 presentò l'IFME, International Federation of Municipal Engineering, di cui egli è Membro del Consiglio di Amministrazione dal 2004.

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

scangea.eu

GEORADAR

*Strumento fondamentale dell'Autorità Municipale per
la gestione del sottosuolo e la conservazione del
patrimonio archeologico*

International Federation of Municipal Engineering - Federation International d'Ingenierie Municipale



COSTIERI D'ALESIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
 RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01



GEORADAR

APPLICAZIONI A INGEGNERIA CIVILE



SPR Scalo sito 12 mo416 esteri scani 17feb20

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



scangea.eu

COSTIERI D'ALESIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
 RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01



GEORADAR

APPLICAZIONI A GEOLOGIA E AMBIENTE



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



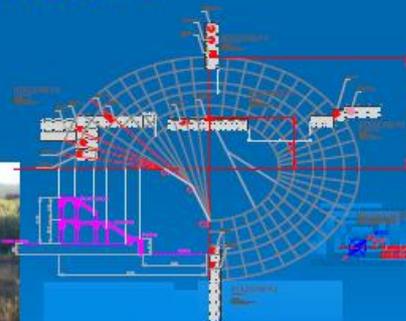
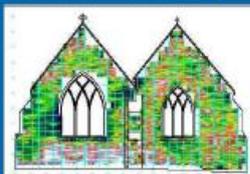
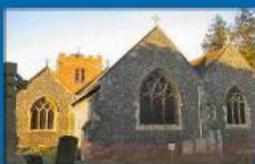
scangea.eu

COSTIERI D'ALELIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
 RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01



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*

scangea.eu

COSTIERI D'ALELIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01



scangea.eu

*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).

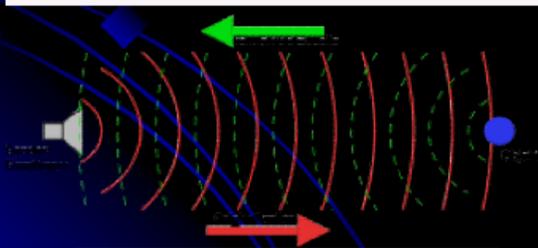




Fisica del radar (pulse radar)



- 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).



scangea.eu



L'equazione del radar

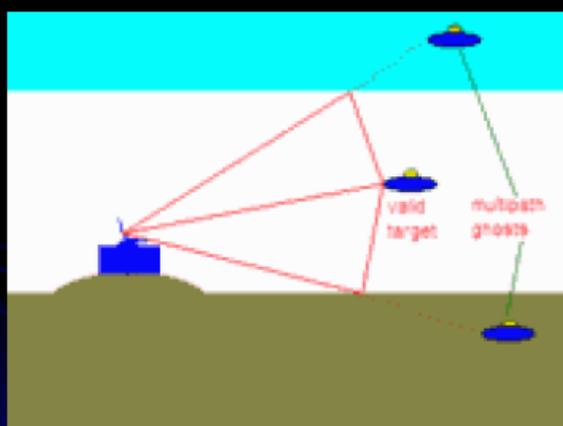
Potenza raccolta dall'antenna ricevente

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

- P_t* transmitter power
- G_t* gain of the transmitting antenna
- A_r* effective aperture (area) of receiving antenna
- σ* 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.

scangea.eu



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 <u>USA</u> 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.

scangea.eu



Bande di frequenza radar (2)

Denominazione in uso dalla seconda guerra mondiale a oggi

Denominaz. Banda	Intervallo Frequenze	Lunghezze d'onda	UTILIZZI
K _u	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 German <i>kurz</i> , meaning 'short'; limited use due to absorption by water vapour, so K _u and K _a 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 _a	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.

scangea.eu



GEORADAR (1)

Fenomeno fisico alla base della tecnologia

- *Le onde radar della famiglia UHF o 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 rilevamenti 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.

COSTIERI D'ALESIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01



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.

scangea.eu

COSTIERI D'ALELIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
 RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01



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 PipeHawk.*

Anch'esso è il risultato di un'esperienza di guerra (Falkland, 1982).

scangea.eu



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?

COSTIERI D'ALESIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01



scangea.eu

*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

servizio

A B C D E F H

scangea.eu



GEORADAR

Come si genera un radargramma

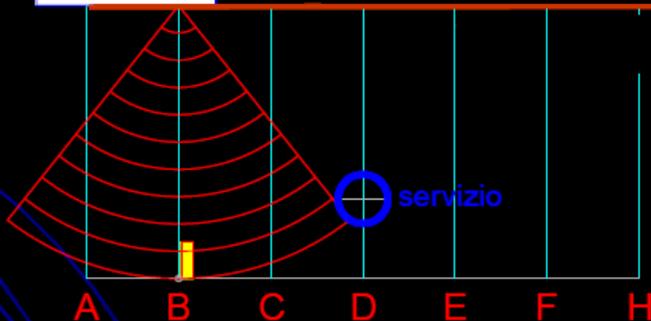
*Ad una scansione del radar
 corrisponde un radargramma,
 cioè una sezione verticale del terreno.*



direzione moto radar



piano di campagna



scangea.eu



GEORADAR

Come si genera un radargramma

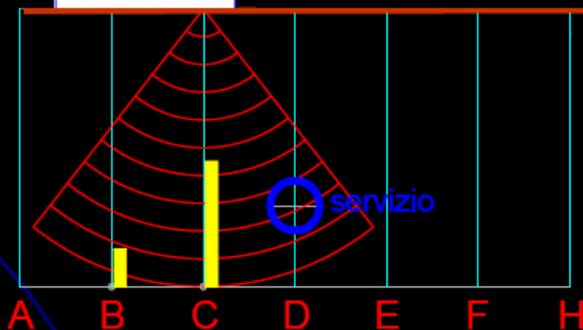
*Ad una scansione del radar
corrisponde un radargramma,
cioè una sezione verticale del terreno.*



direzione moto radar



piano di campagna



scangea.eu



GEORADAR

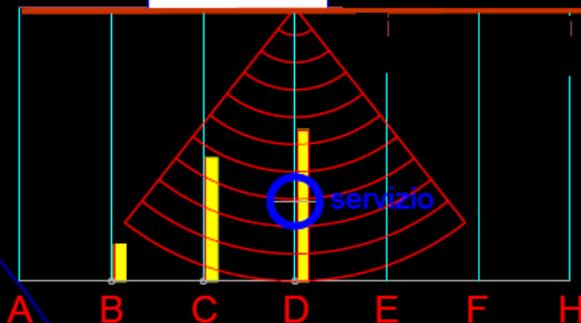
Come si genera un radargramma

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



direzione moto radar →

piano di campagna



scangea.eu



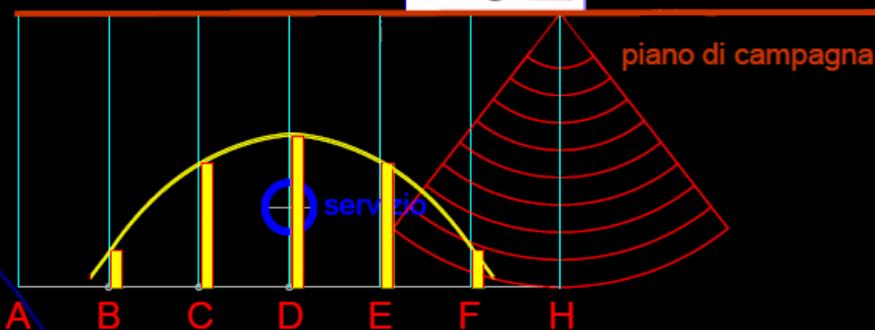
GEORADAR

Come si genera un radargramma

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



direzione moto radar →



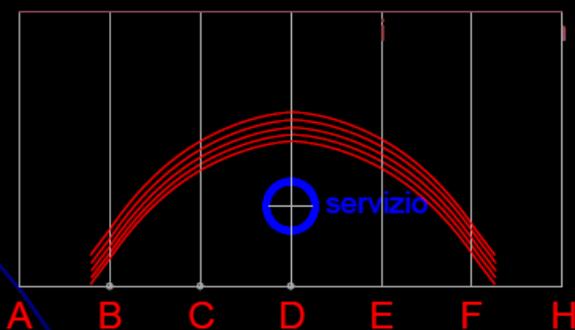
scangea.eu



GEORADAR

Come si genera un radargramma

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

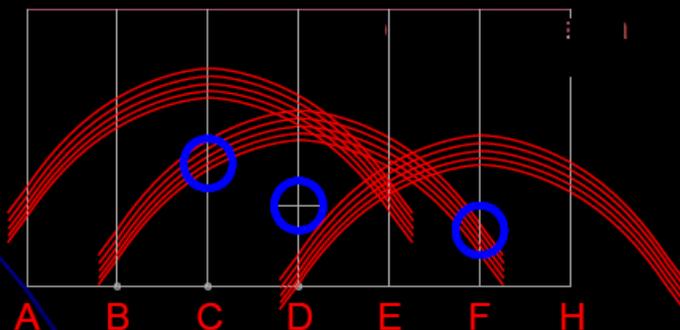




GEORADAR

Come si genera un radargramma

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



scangea.eu



GEORADAR

Dal radargramma all'immagine del bersaglio in sezione

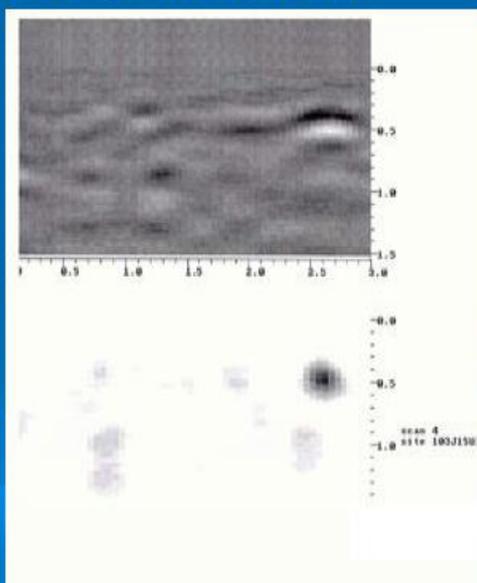
PIPEHAWK

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



scangea.eu



GEORADAR

Dal radargramma alle timeslices, cioè immagini planimetriche

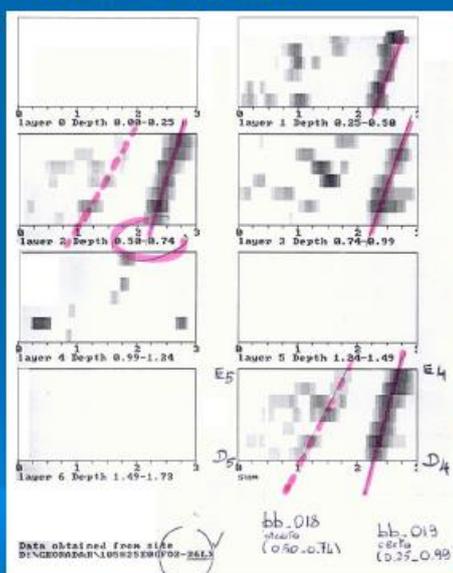
Timeslices PipeHawk

PIPEHAWK

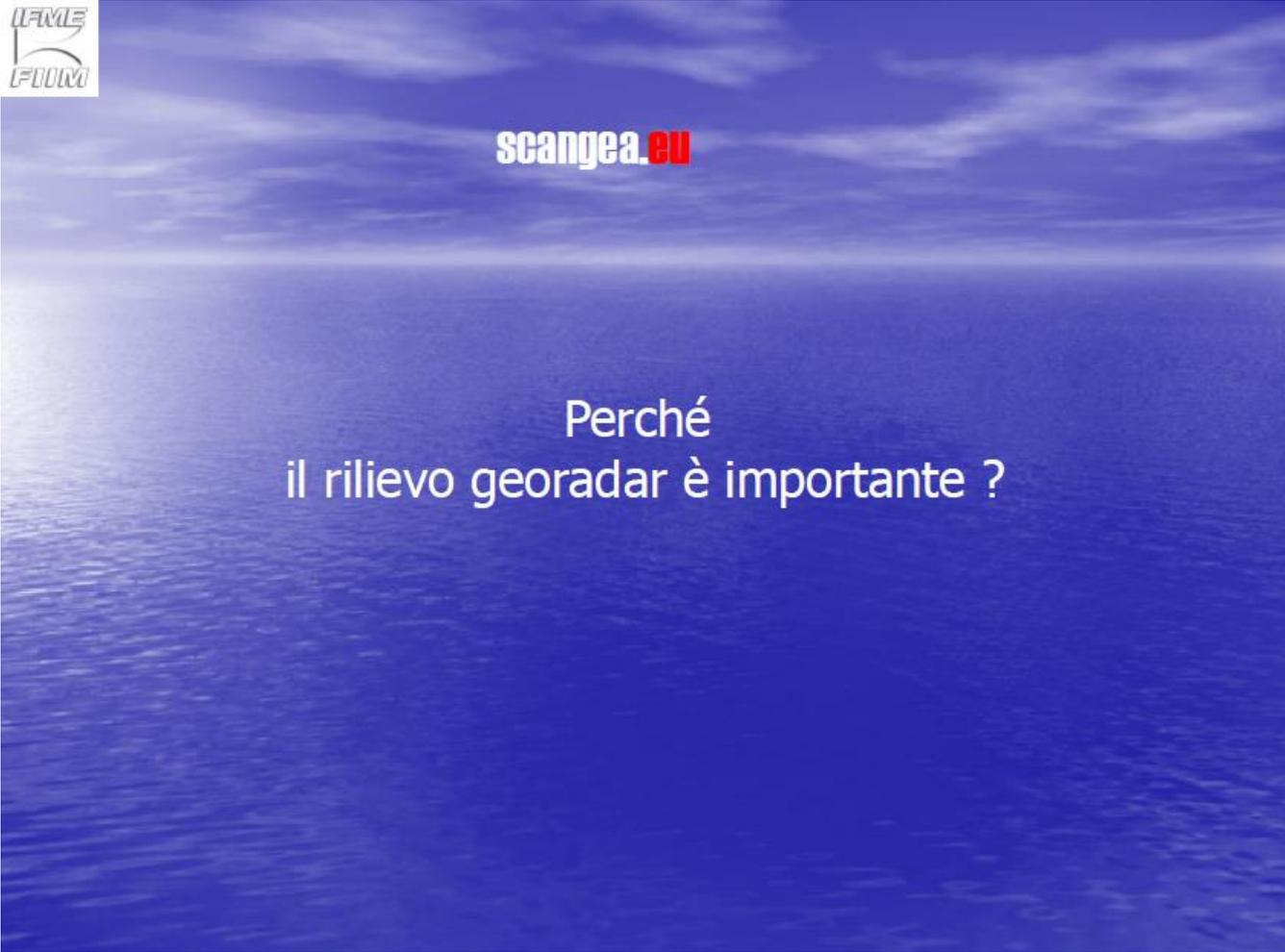
Elabora automaticamente i radargrammi relativi ad una data area e restituisce le timeslices, cioè le planimetrie dell'area con le immagini dei bersagli (in planimetria e a diverse quote).

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

IL RILIEVO DI PipeHawk E' DUNQUE OBIETTIVO e INCONFUTABILE.



COSTIERI D'ALESIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01



scangea.eu

Perché
il rilievo georadar è importante ?



GEORADAR

Importanza del georadar sotto i profili tecnico e legale

Ecco perché

CORRIERE DELLA SERA, 1 giugno 1999

L'incidente al Circo Massimo. Gli operai lavoravano per una società telefonica: «Sì, a

Una trivella squarcia il metrò

Sonda perfora la galleria: convogli bloccati, paura tra i passeggeri

LA RABBIA DEL SINDACO

Rutelli: «Gravissimo errore: chiederemo il risarcimento»

Almeno la trivella che sonda il Circo Massimo della metropolitana di Roma rischia per alcune settimane di essere bloccata da una sentenza di primo grado emessa dalla giustizia civile. Il sindaco di Roma, Francesco Rutelli, non aveva dubbi: «È un errore gravissimo che deve essere sanzionato. Chiederemo il risarcimento».

«Una trivella che si è rotta nel giorno del sisma del terremoto della scorsa estate», il sindaco di Roma, Francesco Rutelli, non aveva dubbi: «È un errore gravissimo che deve essere sanzionato. Chiederemo il risarcimento».

«Una trivella che si è rotta nel giorno del sisma del terremoto della scorsa estate», il sindaco di Roma, Francesco Rutelli, non aveva dubbi: «È un errore gravissimo che deve essere sanzionato. Chiederemo il risarcimento».



Operai al lavoro per riparare la zona di dissestamento del metrò. A destra, il presidente del Circo Massimo Di Carlo scende nel pozzo.

Un errore gravissimo che deve essere sanzionato. Chiederemo il risarcimento».

«Una trivella che si è rotta nel giorno del sisma del terremoto della scorsa estate», il sindaco di Roma, Francesco Rutelli, non aveva dubbi: «È un errore gravissimo che deve essere sanzionato. Chiederemo il risarcimento».

«Una trivella che si è rotta nel giorno del sisma del terremoto della scorsa estate», il sindaco di Roma, Francesco Rutelli, non aveva dubbi: «È un errore gravissimo che deve essere sanzionato. Chiederemo il risarcimento».

«Una trivella che si è rotta nel giorno del sisma del terremoto della scorsa estate», il sindaco di Roma, Francesco Rutelli, non aveva dubbi: «È un errore gravissimo che deve essere sanzionato. Chiederemo il risarcimento».

«Una trivella che si è rotta nel giorno del sisma del terremoto della scorsa estate», il sindaco di Roma, Francesco Rutelli, non aveva dubbi: «È un errore gravissimo che deve essere sanzionato. Chiederemo il risarcimento».

COSTIERI D'ALESIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01



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.

COSTIERI D'ALELIO SPA, LIVORNO - RILIEVO GEORADAR PER VERIFICA TRACCIATO NEC
RELAZIONE TECNICA - Data: 2019-05-17 – Finale: 2020-01

