

AUTOSTRADA (A14) : BOLOGNA-BARI-TARANTO

TRATTO: BOLOGNA BORGO PANIGALE - BOLOGNA SAN LAZZARO

POTENZIAMENTO IN SEDE DEL SISTEMA
AUTOSTRADALE E TANGENZIALE DI BOLOGNA

"PASSANTE DI BOLOGNA"

PROGETTO DEFINITIVO

DOCUMENTAZIONE GENERALE

GEOLOGIA

INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO

PROSPEZIONI SISMICHE IN FORO PREGRESSE
CROSS HOLE-DOWN HOLE (2010)

IL GEOLOGO Dott. Vittorio Boerio Ord. Geol. Lombardia n.794 RESPONSABILE GEOLOGIA	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Raffaele Rinaldesi Ord. Ingg. Macerata N. A1068	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Andrea Tanzi Ord. Ingg. Parma N. 1154 PROGETTAZIONE NUOVE OPERE AUTOSTRADALI
--	---	---

CODICE IDENTIFICATIVO											ORDINATORE -- SCALA -
RIFERIMENTO PROGETTO			RIFERIMENTO DIRETTORIO				RIFERIMENTO ELABORATO				
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	W B S	Parte d'opera	Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.	
111465	0000	PD	DG	GEO	SI000	00000	R	G E O	0024	- 2	

 gruppo Atlantia	PROJECT MANAGER: Ing. Raffaele Rinaldesi Ord. Ingg. Macerata N. A1068		SUPPORTO SPECIALISTICO:		REVISIONE	
					n.	data
	REDATTO:		VERIFICATO:		0	DICEMBRE 2017
					1	SETTEMBRE 2019
					2	SETTEMBRE 2020
					3	-
					4	-

	VISTO DEL COMMITTENTE  IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. Fabio Visintin	VISTO DEL CONCEDENTE  Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI
--	---	---

DOWN HOLE		
SIGLA	IMPRESA	ANNO
OC3-Sx	SERVIZI GEOTECNICI	2010

CROSS-HOLE
(OC3S2- OC3S2bis)

Controlli di verticalità su sondaggi con rivestimento liscio

Committente: *SPEA Ingegneria Europea*
 Cantiere: *Opere compensative della A14 tratta Bologna-Dir Ravenna*
 Sondaggio: *S2-S2bis*
 Data: *7 dicembre 2010*
 Intervallo di lettura: **2,0** m
 Allineamento fori: **N90->N270**
 Distanza fori: **6,10** m

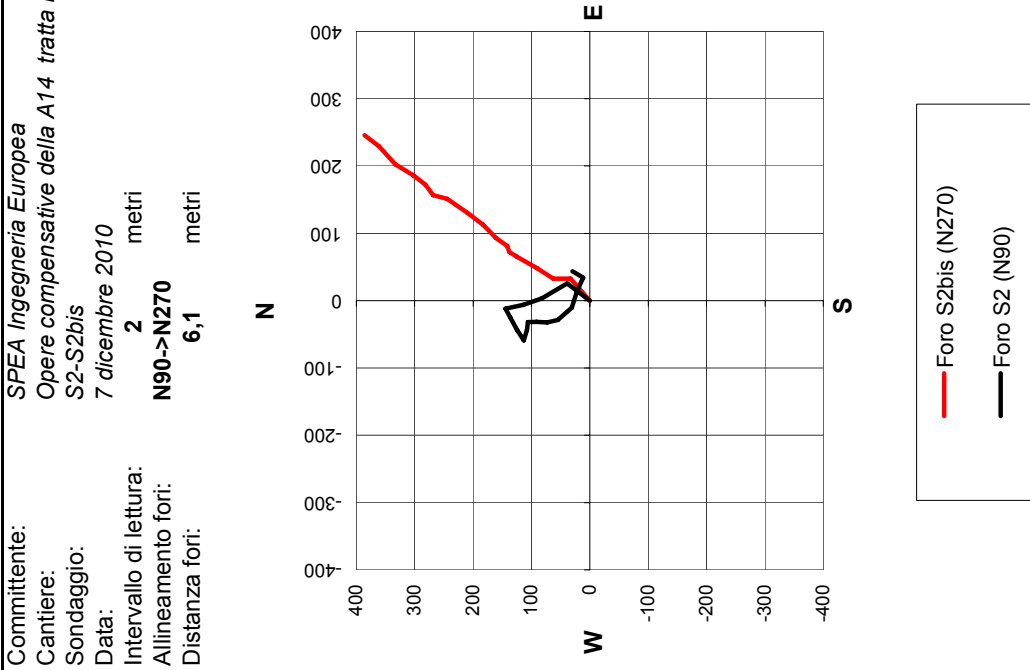
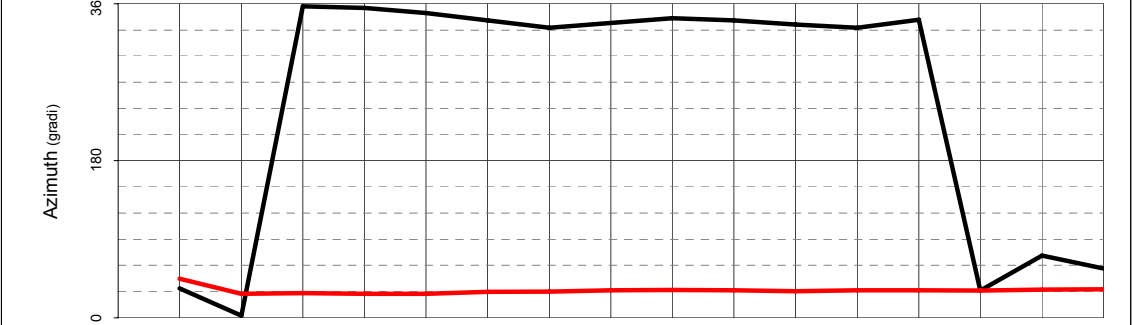
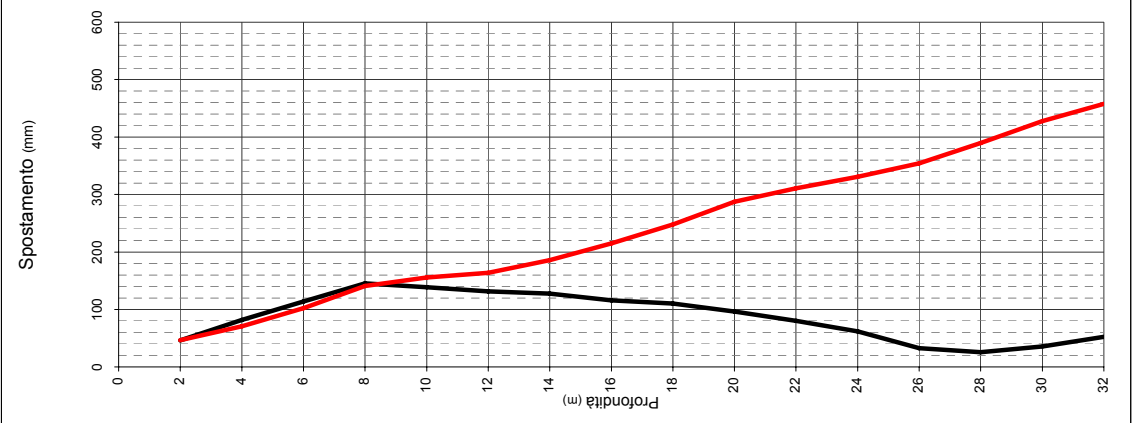
Foro S2bis (N270)											
Profondità (m)	Letture di campagna			Elaborazione							
	Orientazione bussola (gradi)	Angolo rolli (gradi)	Angolo pitch (gradi)	Spostamento intervallo (mm)	Azimuth spostamento intervallo (gradi)	Spostamento N-S intervallo (mm)	Spostamento E-W intervallo (mm)	Spostamento N-S totale (mm)	Spostamento E-W totale (mm)	Spostamento totale (mm)	Azimuth spostamento totale (gradi)
0	268,081	0,922	-0,976	46,86	44,728	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000
2	208,435	0,408	-0,734	29,32	359,378	33,294	32,980	33,294	32,980	46,86	44,728
4	254,319	0,650	-0,653	32,15	29,447	29,315	-0,318	62,609	32,661	70,62	27,550
6	321,304	0,989	0,470	38,23	25,903	27,995	15,805	90,604	48,466	102,75	28,143
8	213,896	0,043	-0,423	14,84	28,073	34,389	16,701	124,993	65,167	140,96	27,536
10	192,542	-0,237	-0,166	10,10	67,512	13,093	6,983	138,086	72,150	155,80	27,587
12	222,581	0,117	-0,634	22,52	32,124	3,862	9,330	141,948	81,480	163,67	29,856
14	310,955	0,841	-0,007	29,37	41,433	19,070	11,974	161,018	93,454	186,17	30,131
16	317,302	0,916	0,227	32,95	33,397	22,022	19,438	183,040	112,891	215,05	31,665
18	340,298	0,869	0,723	39,47	30,545	27,513	18,140	210,553	131,031	248,00	31,895
20	311,490	0,620	0,329	24,48	13,539	33,994	20,060	244,547	151,091	287,46	31,709
22	302,419	0,584	-0,173	21,26	48,914	23,803	5,732	268,350	156,822	310,81	30,302
24	314,492	0,663	0,127	23,58	33,646	13,971	16,023	282,321	172,845	331,03	31,476
26	5,169	0,401	0,927	35,27	28,579	19,626	13,062	301,947	185,907	354,59	31,620
28	354,010	0,844	0,724	38,80	43,388	30,973	16,872	332,920	202,780	389,81	31,345
30	329,831	0,768	0,378	29,86	33,646	28,198	26,654	361,118	229,434	427,84	32,430
32	289,581	-0,043	0,101	3,82	266,483	24,859	16,545	385,977	245,980	457,69	32,509
34	219,881	-0,569	-0,451	25,34	91,511	-0,234	-3,811	385,743	242,168	455,46	32,120

Controlli di verticalità su sondaggi con rivestimento liscio

Committente: *SPEA Ingegneria Europea*
Cantiere: Opere compensative della A14 tratta Bologna-Dir Ravenna
Sondaggio: S2-S2bis
Data: 7 dicembre 2010
Intervallo di lettura: 2,0 m
Allineamento fori: N90->N270
Distanza fori: 6,10 m

Foro S2 (N90)										
Profondità (m)	Letture di campagna			Elaborazione						
	Orientazione bussola (gradi)	Angolo roll (gradi)	Angolo pitch (gradi)	Spostamento intervallo (mm)	Azimuth spostamento intervallo (gradi)	Spostamento N-S intervallo (mm)	Spostamento E-W intervallo (mm)	Spostamento N-S totale (mm)	Spostamento E-W totale (mm)	Azimuth spostamento totale (gradi)
0	264,840	1,031	-0,834	46,28	33,794	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	284,490	1,046	0,927	48,78	332,928	38,459	25,740	38,459	25,740	33,794
4	330,092	0,215	0,930	33,34	343,128	43,433	-22,199	81,892	3,541	81,97
6	314,779	0,510	0,743	31,45	349,219	31,900	-9,675	113,793	-6,134	113,96
8	203,148	0,260	0,366	15,67	238,550	30,897	-5,883	144,690	-12,017	145,19
10	178,688	0,515	0,333	21,41	235,861	-8,174	-13,365	136,516	-25,382	138,86
12	154,527	0,550	0,097	19,50	234,495	-12,015	-17,721	124,500	-43,103	131,75
14	89,794	0,164	0,447	16,63	109,912	-11,323	-15,871	113,177	-58,974	127,62
16	87,652	0,062	0,330	11,72	98,237	-5,662	15,632	107,515	-43,342	115,92
18	149,588	0,209	0,364	14,65	179,488	-1,679	11,598	105,836	-31,745	110,49
20	145,631	0,302	0,411	17,80	181,991	-14,646	0,131	91,190	-31,614	96,51
22	136,623	0,293	0,462	19,10	169,012	-17,788	-0,618	73,402	-32,232	80,17
24	106,063	0,504	0,689	29,81	142,262	-18,751	3,641	54,651	-28,591	61,68
26	129,890	-0,237	0,688	25,39	110,904	-23,574	18,245	31,077	-10,346	32,75
28	98,802	0,213	0,632	23,28	117,379	-9,061	23,722	22,016	13,376	25,76
30	13,106	0,157	0,560	20,30	28,731	-10,708	20,676	11,308	34,052	35,88
32	314,504	0,271	0,487	19,45	343,609	17,805	9,760	29,114	43,812	52,60
34	148,425	0,361	0,837	31,81	171,738	18,660	-5,489	47,774	38,323	61,25

Distanza reale fra i fori	
Profondità (m)	Distanza (m)
0	6,100
2	6,093
4	6,071
6	6,045
8	6,023
10	6,002
12	5,975
14	5,948
16	5,944
18	5,938
20	5,919
22	5,914
24	5,903
26	5,910
28	5,919
30	5,915
32	5,909
34	5,906



Committente: **SPEA Ingegneria Europea**
 Cantiere: **Opere compensative della A14 tratta Bologna-Dir Ravenna**
 Sondaggio: **S2-S2bis**
 Data: **7 dicembre 2010**
 Intervallo di lettura: **2 metri**
 Allineamento fori: **N90->N270**
 Distanza fori: **6,1 metri**

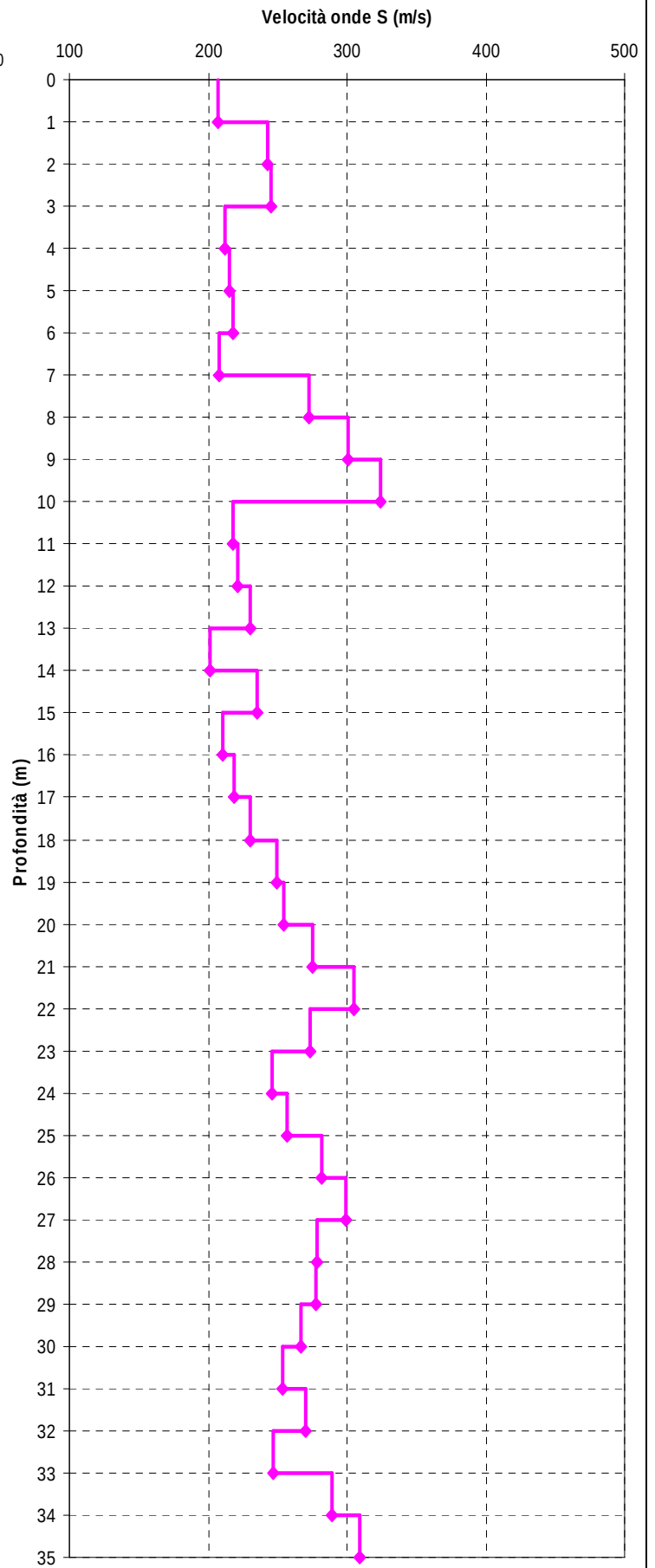
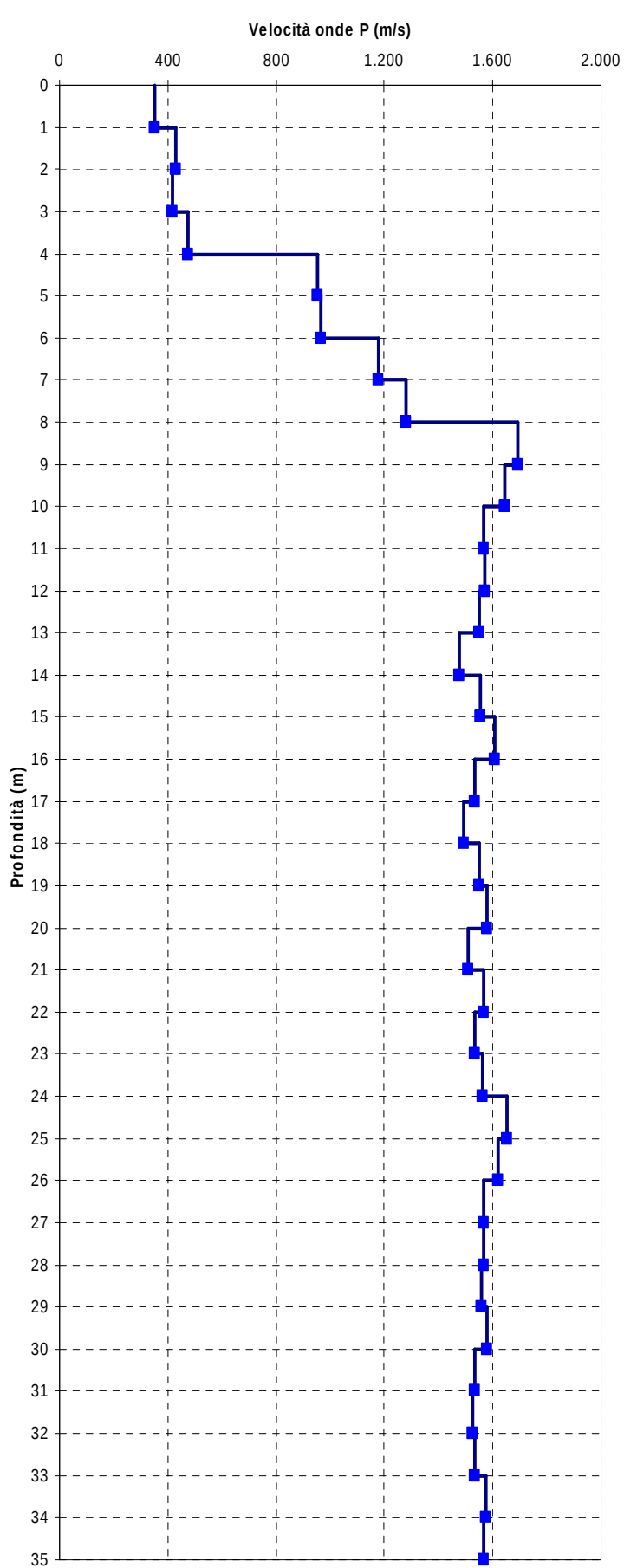
Committente: SPEA Ingegneria Europea S.p.A.		CH OC3S2-2bis
Cantiere:	Opere Compensative A14 – Tratto Bologna diramazione Ravenna	Tabella Riassuntiva
Località:	San Lazzaro di Savena (BO)	
Data	Dicembre 2010	

Prof.	Distanza	T(p)	T(s)	V(p)	V(s)	Poisson	E	G	D *	STRATIGRAFIA
m	m	ms	ms	m/s	m/s		Mpa	Mpa	T/mc	
1	6,096	17,300	29,50	352	207	0,24	190	77	1,80	Argilla con limo
2	6,093	14,200	25,10	429	243	0,26	268	106	1,80	Sabbia argillosa
3	6,082	14,575	24,80	417	245	0,24	268	108	1,80	Argilla Limosa
4	6,071	12,800	28,60	474	212	0,37	235	86	1,90	
5	6,058	6,350	28,10	954	216	0,47	260	88	1,90	
6	6,045	6,250	27,70	967	218	0,47	267	91	1,90	
7	6,034	5,125	29,00	1.177	208	0,48	244	82	1,90	Sabbia ghiaiosa Debolmente limosa
8	6,023	4,700	22,10	1.281	273	0,48	417	141	1,90	
9	6,013	3,550	20,00	1.694	301	0,48	523	176	1,95	Argilla limoso-sabbiosa
10	6,002	3,650	18,50	1.645	324	0,48	608	205	1,95	
11	5,989	3,825	27,50	1.566	218	0,49	276	92	1,95	
12	5,975	3,800	27,00	1.572	221	0,49	285	96	1,95	Argilla limosa
13	5,962	3,850	25,85	1.548	231	0,49	309	104	1,95	
14	5,948	4,025	29,60	1.478	201	0,49	235	79	1,95	
15	5,946	3,825	25,25	1.555	235	0,49	322	108	1,95	Sabbia argillosa
16	5,944	3,700	28,30	1.607	210	0,49	257	86	1,95	
17	5,941	3,875	27,20	1.533	218	0,49	277	93	1,95	
18	5,938	3,975	25,80	1.494	230	0,49	307	103	1,95	Argilla limosa
19	5,929	3,825	23,75	1.550	250	0,49	361	122	1,95	
20	5,919	3,750	23,25	1.578	255	0,49	376	126	1,95	
21	5,917	3,925	21,50	1.507	275	0,48	438	148	1,95	Sabbia con argilla
22	5,914	3,775	19,40	1.567	305	0,48	537	181	1,95	
23	5,909	3,850	21,60	1.535	274	0,48	433	146	1,95	
24	5,903	3,775	24,00	1.564	246	0,49	351	118	1,95	Argilla limosa
25	5,906	3,575	23,00	1.652	257	0,49	383	129	1,95	
26	5,910	3,650	20,95	1.619	282	0,48	461	155	1,95	
27	5,914	3,775	19,75	1.567	299	0,48	518	175	1,95	
28	5,919	3,775	21,25	1.568	279	0,48	449	151	1,95	
29	5,917	3,800	21,30	1.557	278	0,48	446	150	1,95	Sabbia argillosa
30	5,915	3,750	22,15	1.577	267	0,49	413	139	1,95	Argilla limoso- Sabbiosa
31	5,912	3,850	23,35	1.536	253	0,49	371	125	1,95	
32	5,909	3,875	21,90	1.525	270	0,48	421	142	1,95	Argilla mimosa
33	5,907	3,85	23,95	1.534	247	0,49	353	119	1,95	Sabbia argillosa
34	5,906	3,75	20,40	1.575	290	0,48	485	163	1,95	
35	5,906	3,78	19,10	1.565	309	0,48	552	186	1,95	

T(p) Tempi di arrivo delle onde P
T(s) Tempi di arrivo delle onde S
Vp Velocità delle onde P
Vs Velocità delle onde S
Poisson Coefficiente di Poisson
E Modulo elastico in regime dinamico
G Modulo di taglio in regime dinamico
D Peso naturale del terreno

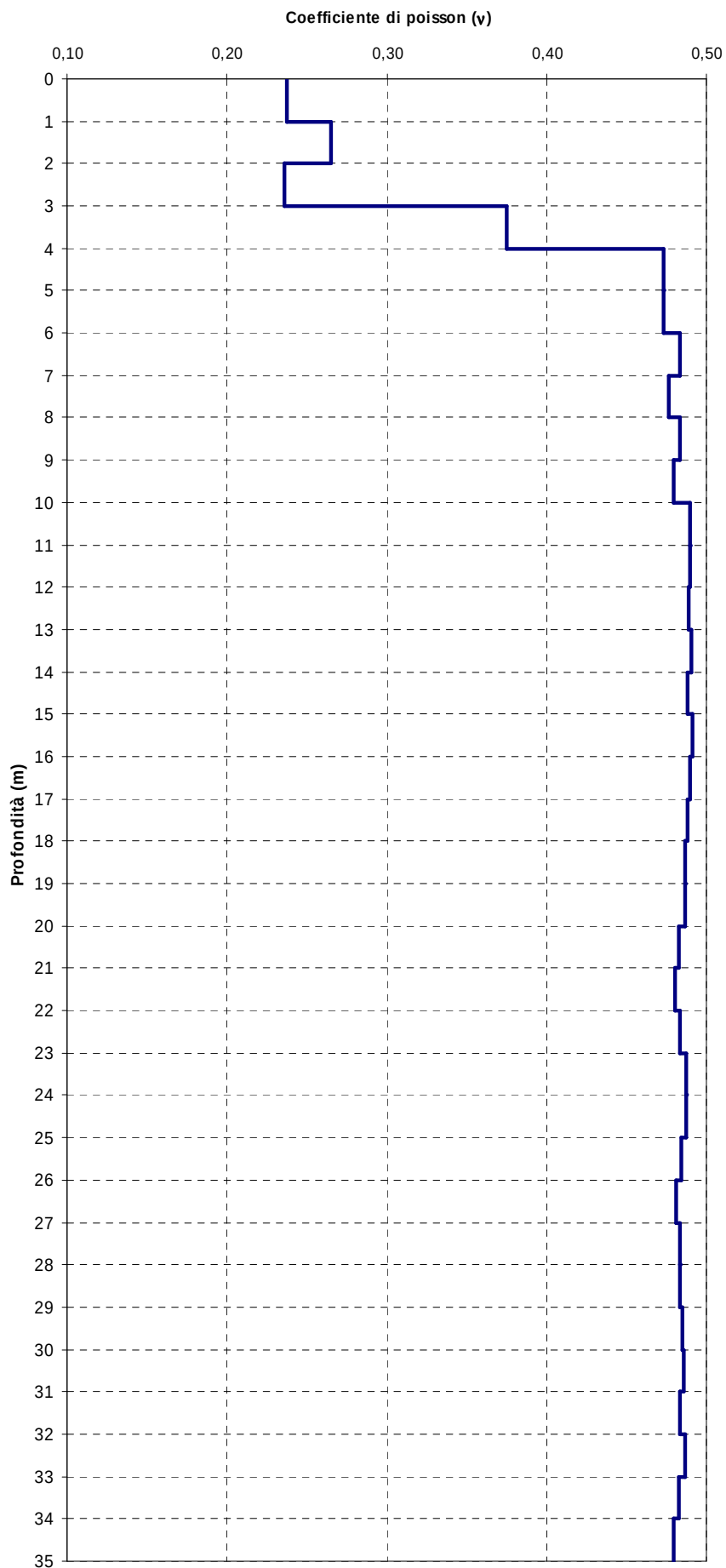
* I valori del peso naturale del terreno sono desunti da dati bibliografici, e quindi suscettibili ad alcune correzioni.

Committente: SPEA Ingegneria Europea S.p.A.		CH OC3S2-2bis
Cantiere:	Opere Compensative A14 – Tratto Bologna diramazione Ravenna	GRAFICO Vp e Vs
Località:	San Lazzaro di Savena (BO)	
Data	Dicembre 2010	



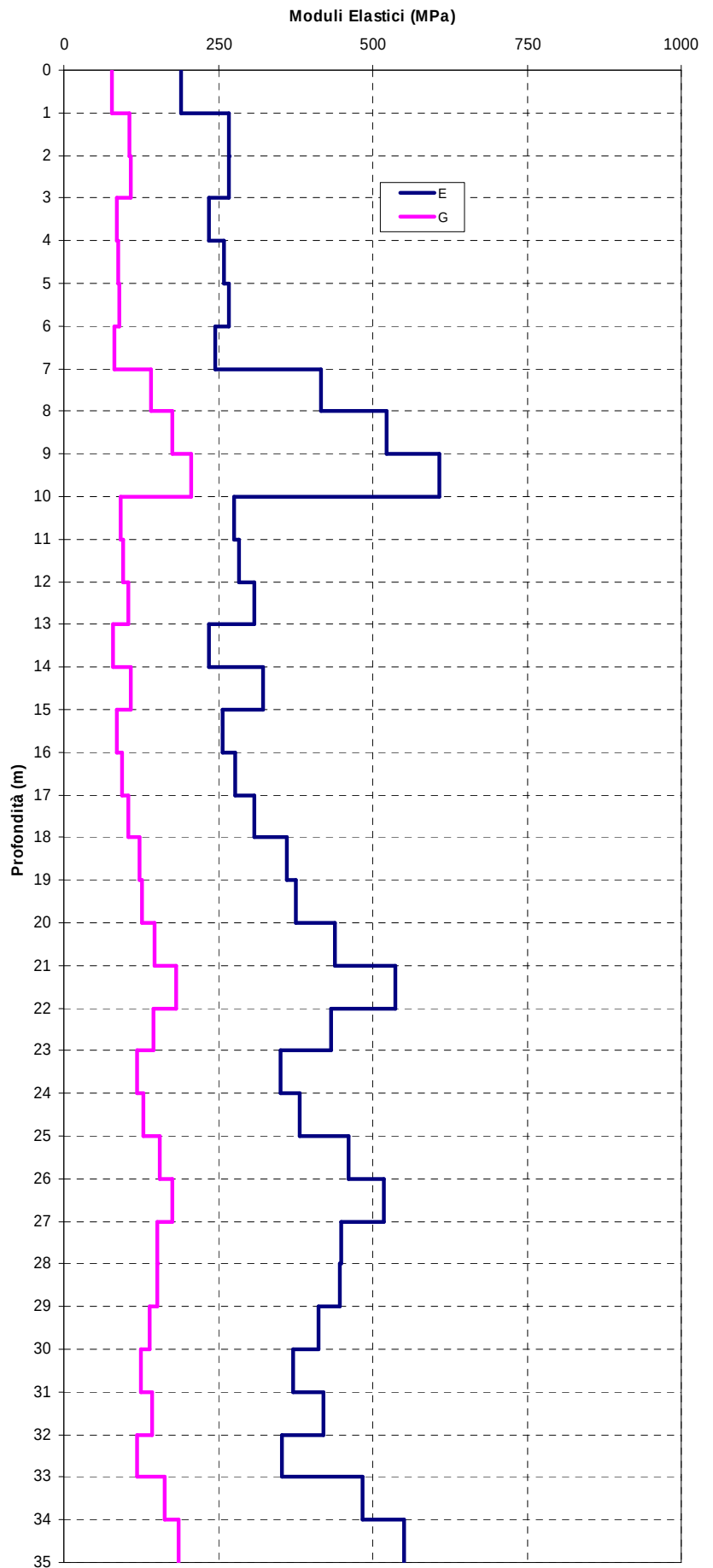
Committente: SPEA Ingegneria Europea S.p.A.		CH OC3S2-2bis
Cantiere:	Opere Compensative A14 – Tratto Bologna diramazione Ravenna	Coefficiente Poisson
Località:	San Lazzaro di Savena (BO)	
Data	Dicembre 2010	

Profondità m	ν
1	0,24
2	0,26
3	0,24
4	0,37
5	0,47
6	0,47
7	0,48
8	0,48
9	0,48
10	0,48
11	0,49
12	0,49
13	0,49
14	0,49
15	0,49
16	0,49
17	0,49
18	0,49
19	0,49
20	0,49
21	0,48
22	0,48
23	0,48
24	0,49
25	0,49
26	0,48
27	0,48
28	0,48
29	0,48
30	0,49
31	0,49
32	0,48
33	0,49
34	0,48
35	0,48



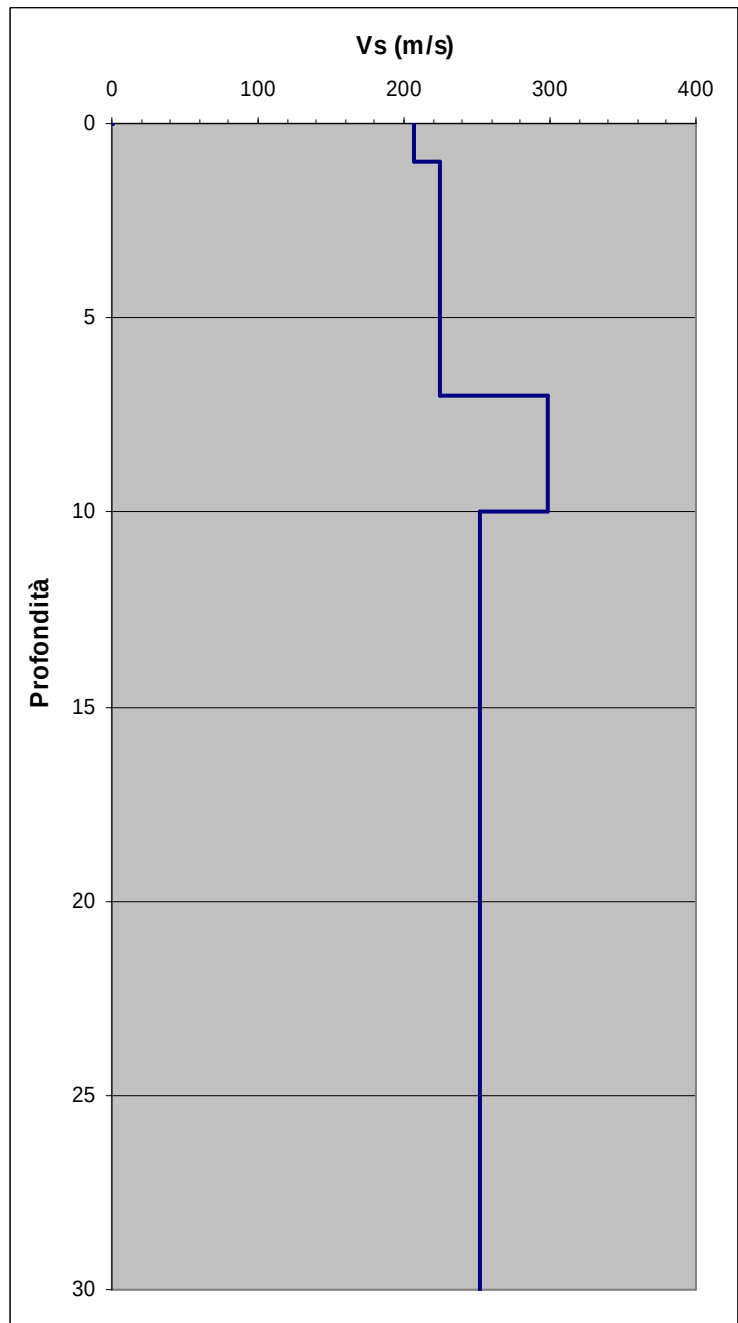
Committente: SPEA Ingegneria Europea S.p.A.		CH OC3S2-2bis
Cantiere:	Opere Compensative A14 – Tratto Bologna diramazione Ravenna	MODULI ELASTICI
Località:	San Lazzaro di Savena (BO)	
Data	Dicembre 2010	

Prof. m	ρ T/mc	E MPa	G MPa
1	1,80	190	77
2	1,80	268	106
3	1,80	268	108
4	1,90	235	86
5	1,90	260	88
6	1,90	267	91
7	1,90	244	82
8	1,90	417	141
9	1,95	523	176
10	1,95	608	205
11	1,95	276	92
12	1,95	285	96
13	1,95	309	104
14	1,95	235	79
15	1,95	322	108
16	1,95	257	86
17	1,95	277	93
18	1,95	307	103
19	1,95	361	122
20	1,95	376	126
21	1,95	438	148
22	1,95	537	181
23	1,95	433	146
24	1,95	351	118
25	1,95	383	129
26	1,95	461	155
27	1,95	518	175
28	1,95	449	151
29	1,95	446	150
30	1,95	413	139
31	1,95	371	125
32	1,95	421	142
33	1,95	353	119
34	1,95	485	163
35	1,95	552	186



Committente: SPEA Ingegneria Europea S.p.A.		CH OC3S2-2bis
Cantiere:	Opere Compensative A14 – Tratto Bologna diramazione Ravenna	VS₃₀ – Categoria suolo
Località:	San Lazzaro di Savena (BO)	
Data	Dicembre 2010	

Prof. (m)	Vs (m/s)
1	207
2	224
3	224
4	224
5	224
6	224
7	224
8	299
9	299
10	299
11	252
12	252
13	252
14	252
15	252
16	252
17	252
18	252
19	252
20	252
21	252
22	252
23	252
24	252
25	252
26	252
27	252
28	252
29	252
30	252



VS₃₀ = 248 m/s

CATEGORIA SUOLO C

In assenza di altre informazioni il valore della VS₃₀ è stato calcolato dal piano campagna

Committente: SPEA Ingegneria Europea	Cross – Hole OC3S2 – S2bis
Cantiere: Opere di mitigazione A14 tratto Bologna – Dir Ravenna	DOCUMENTAZINE FOTOGRAFICA
Località: San Lazzaro di Savena (Bologna)	
Data: Dicembre 2010	



Area cantiere cross hole



Postazione foro OC3S2bis con geofono e sismografo



Postazione foro OC3S2 con sparker



Postazione per misura di verticalità



Foro OC3S2bis: misure di verticalità



Foro OC3S2: misure di verticalità

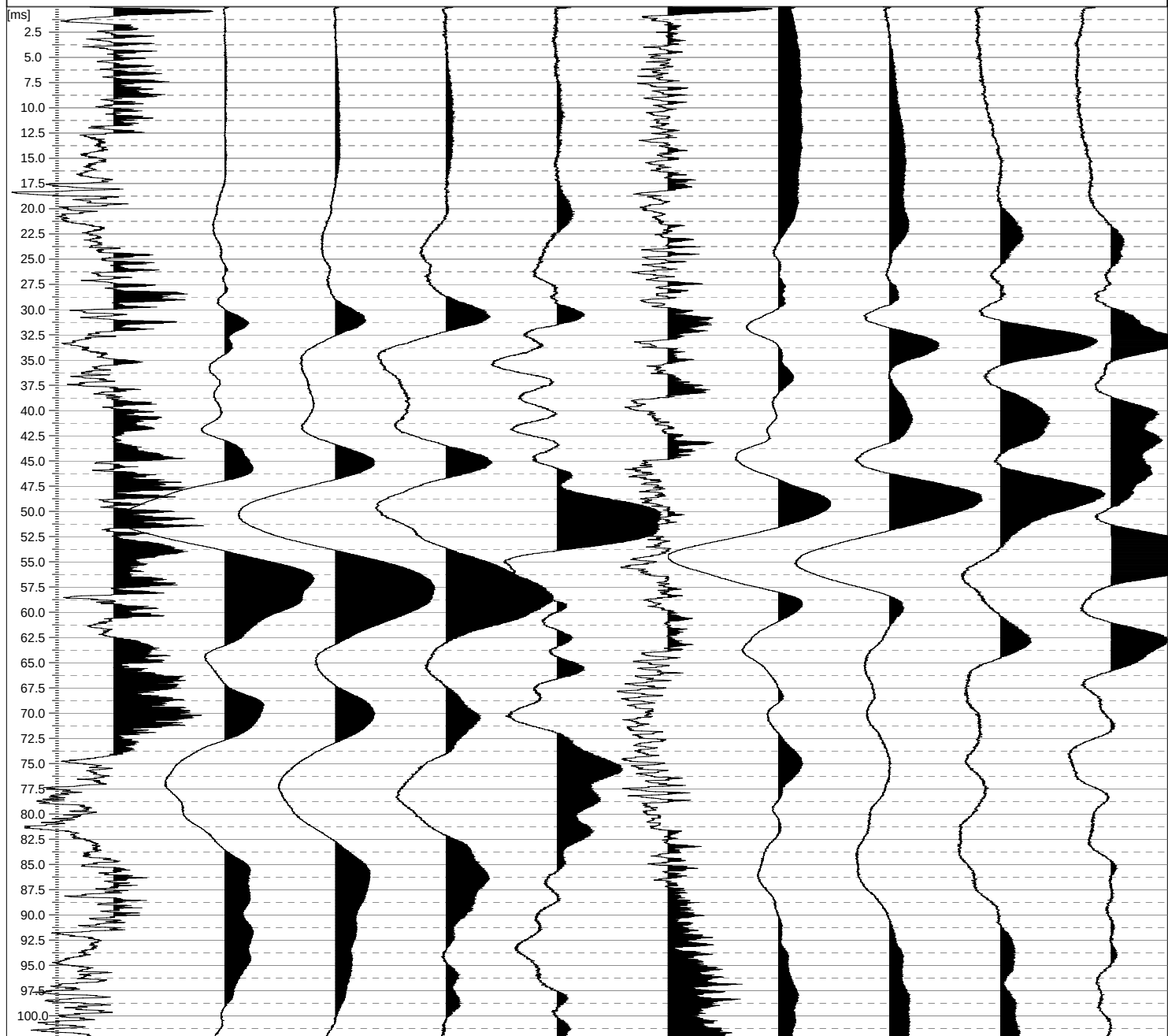
SISMOGRAMMI

Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_1m
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingeneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:

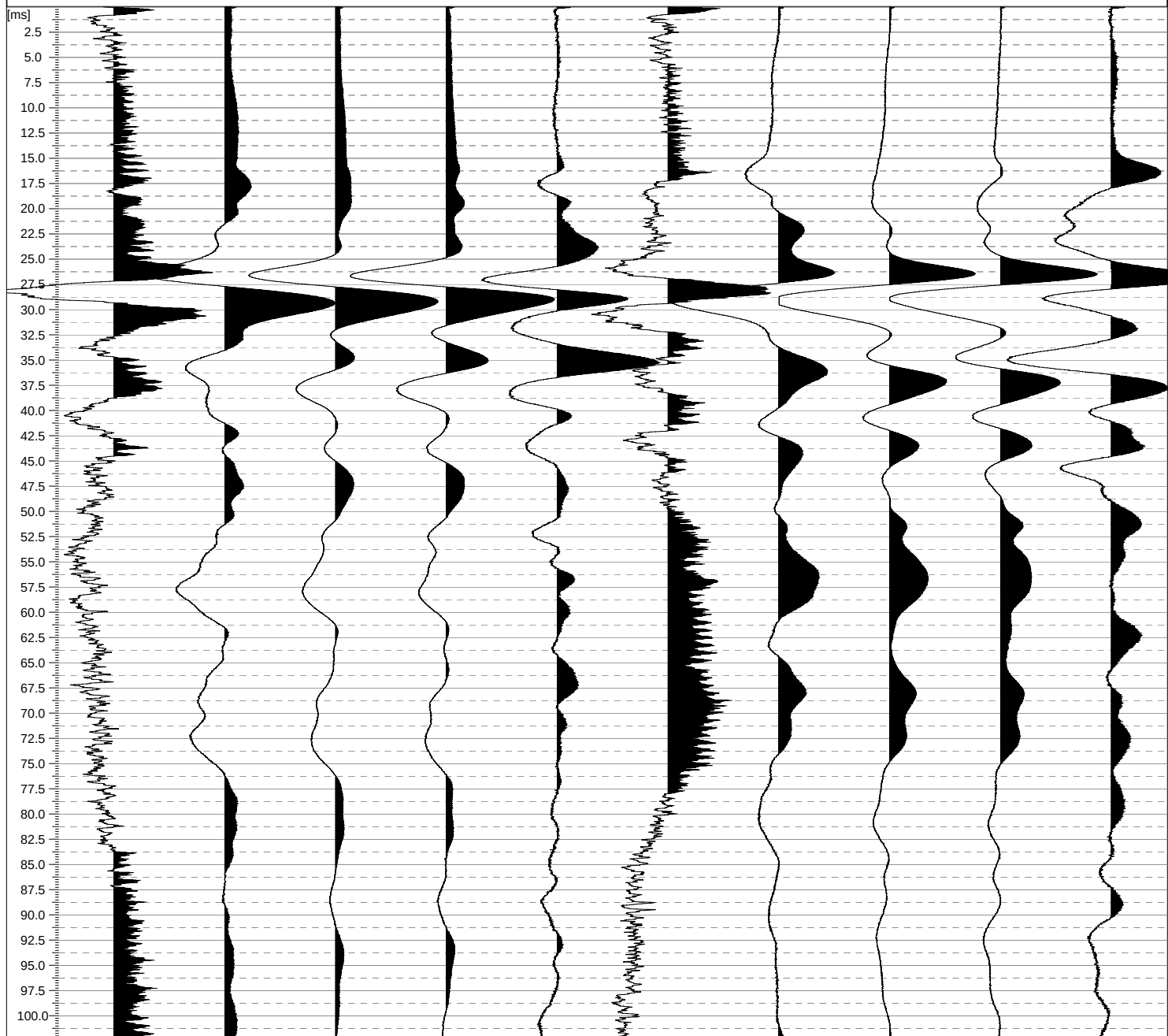


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_2m
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingeneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:

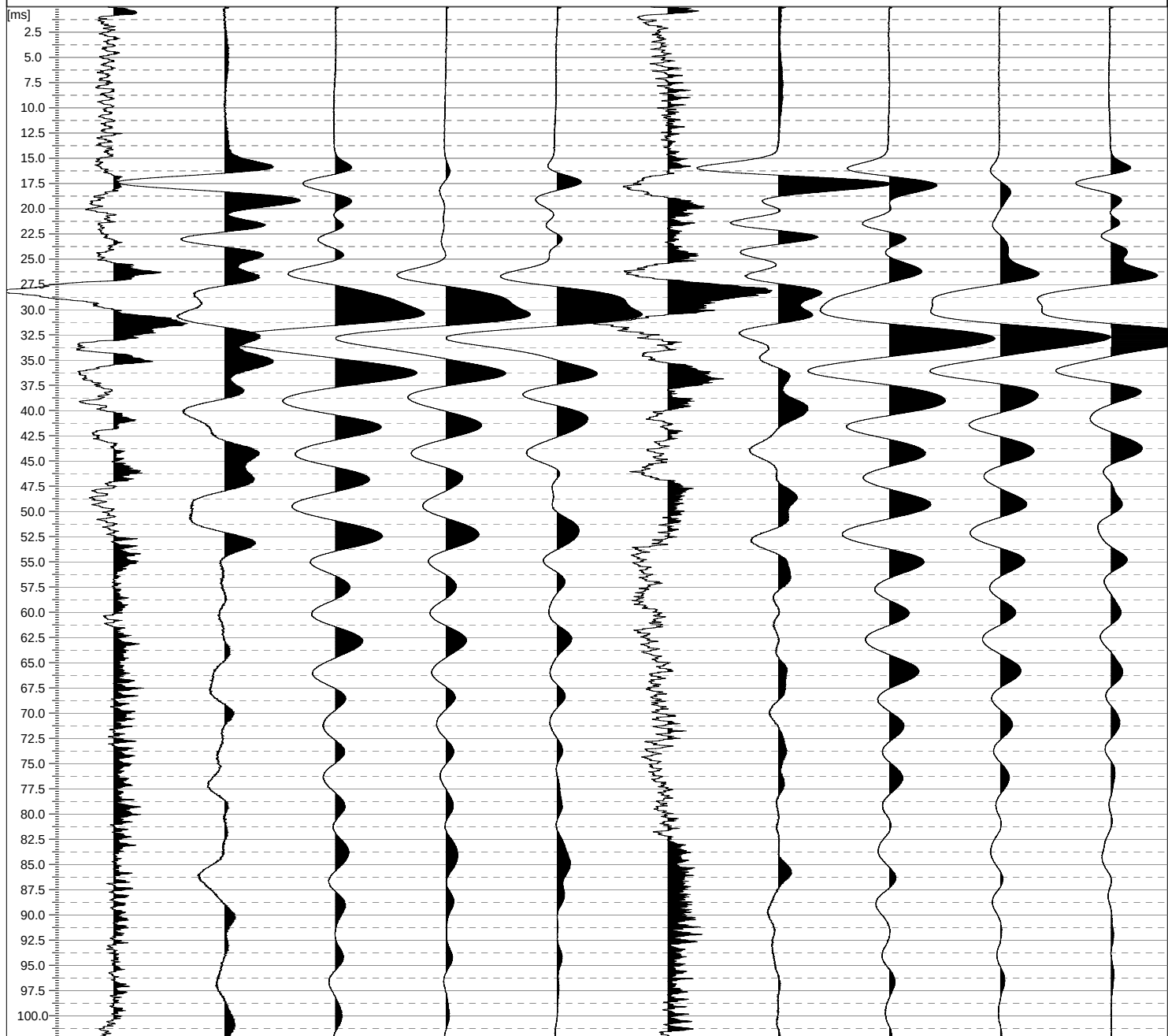


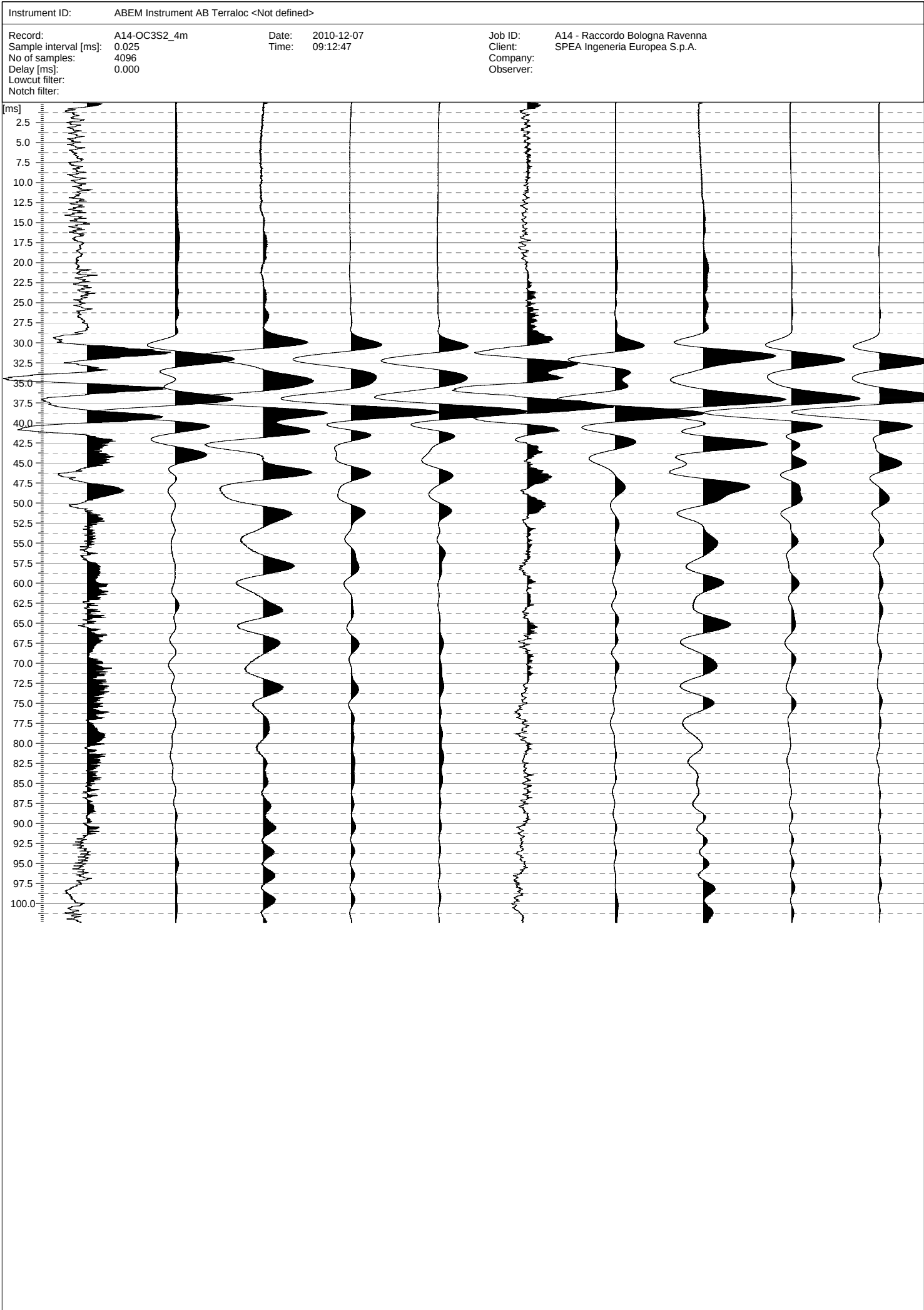
Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_3m
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingeneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:



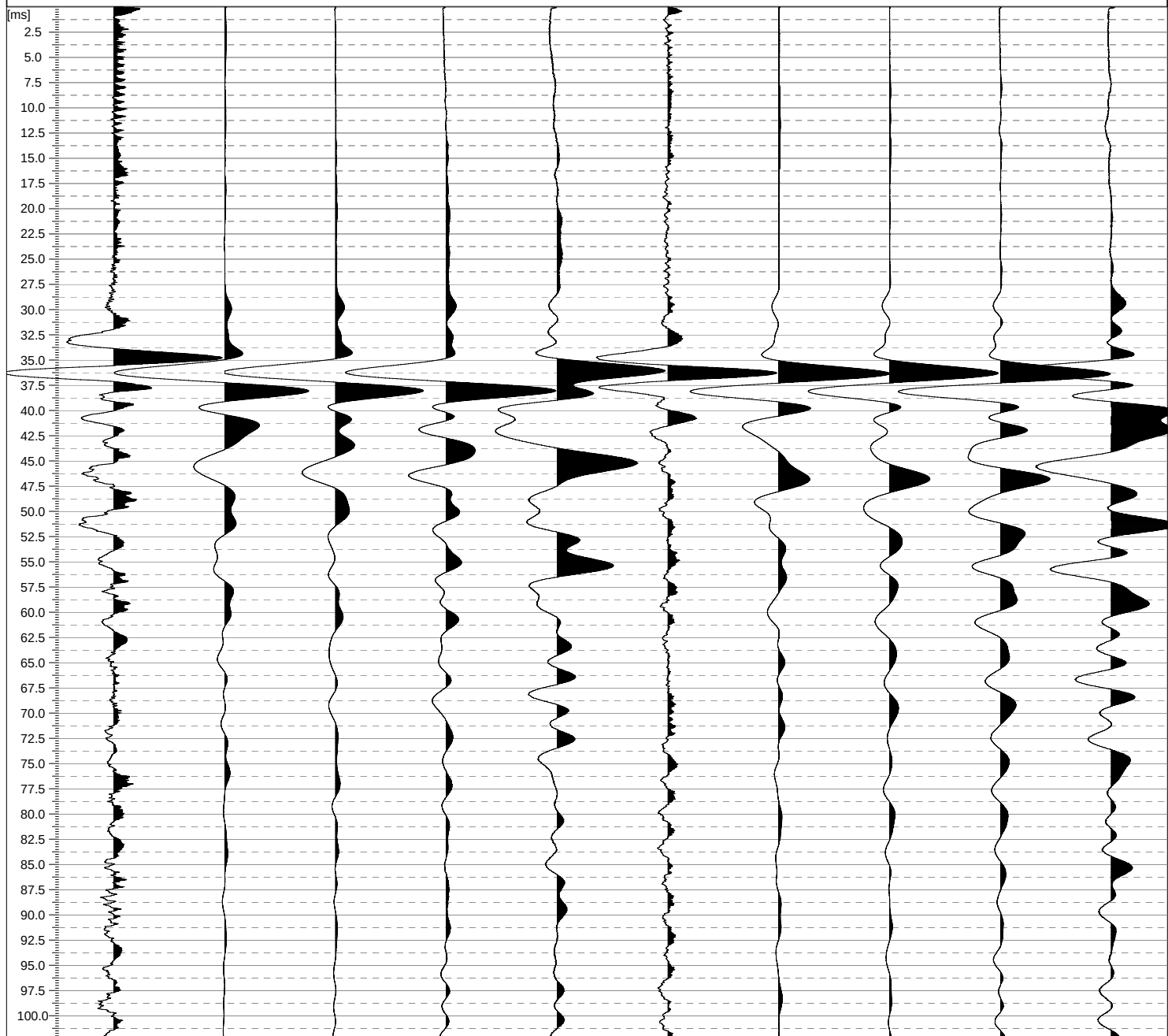


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_5m
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingeneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:

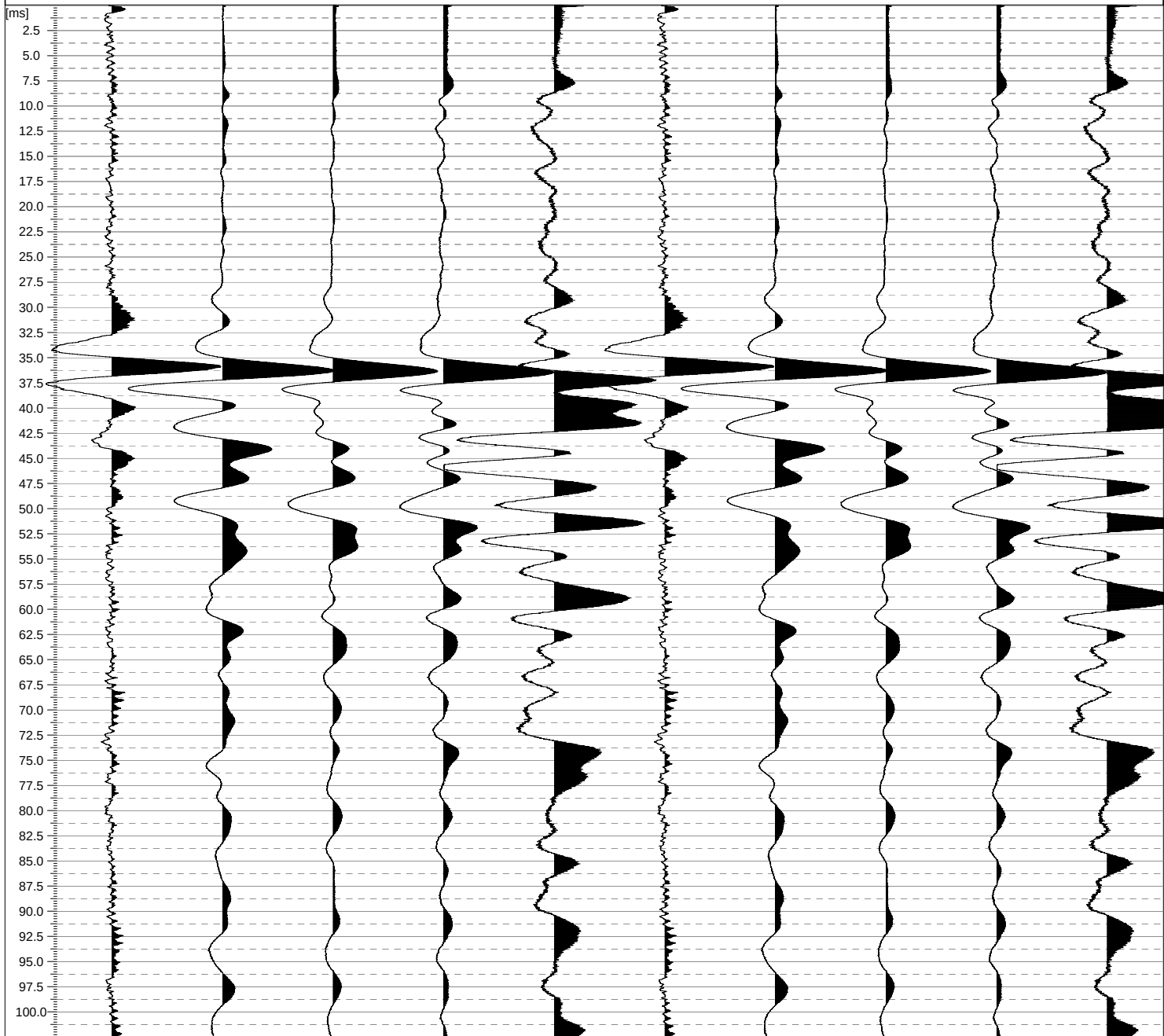


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

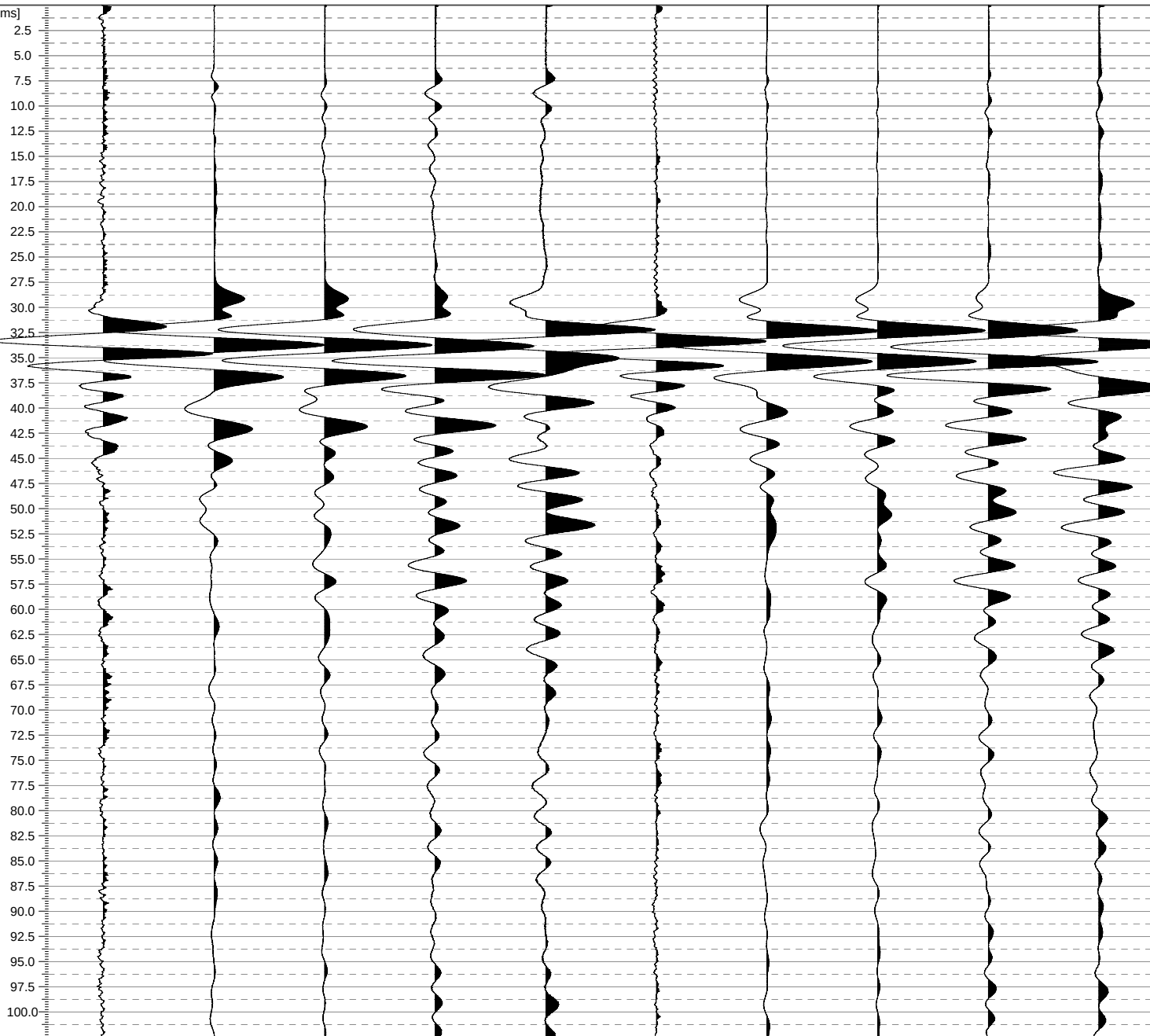
Record: A14-OC3S2_5m-P
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

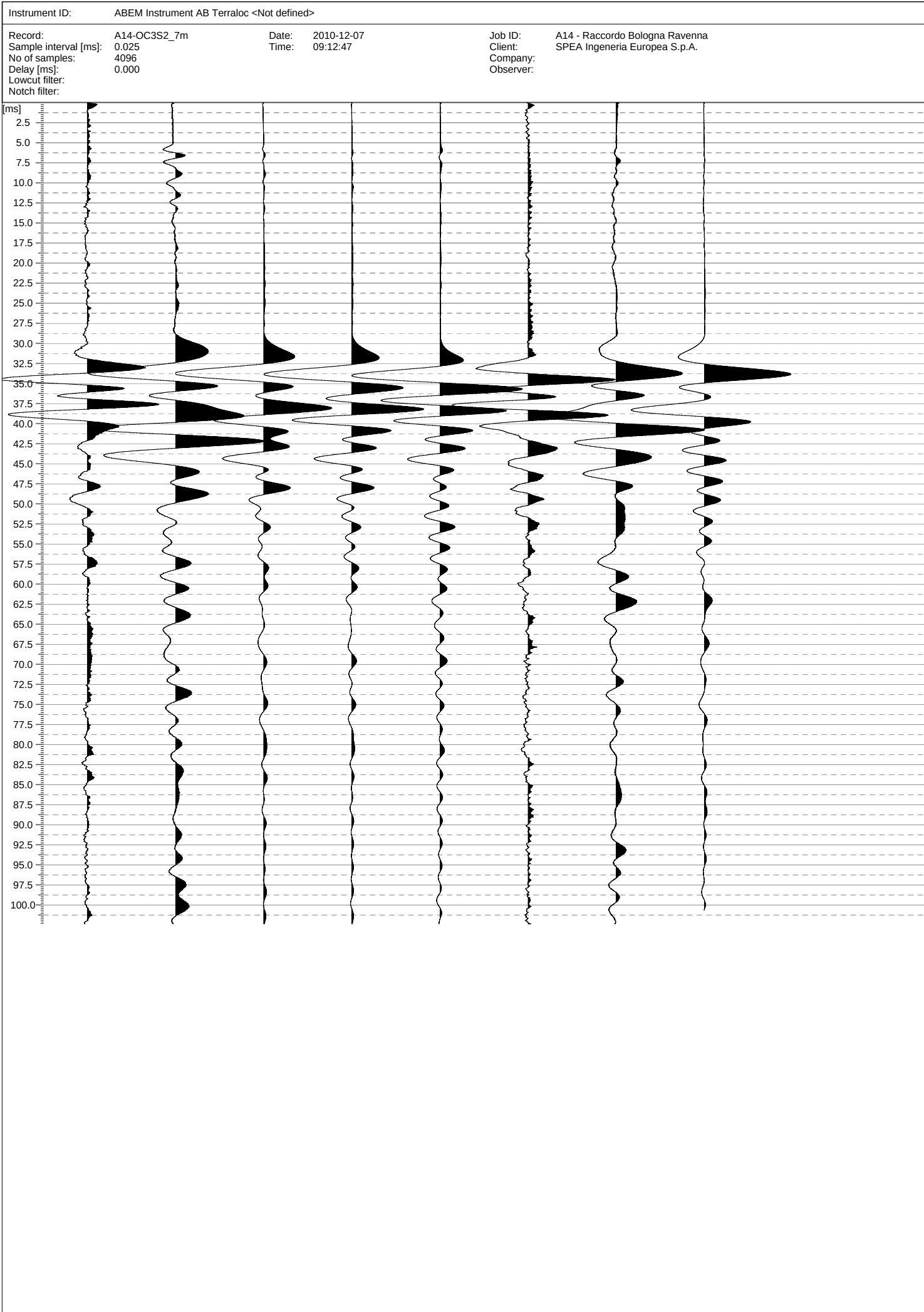
Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingeneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:



Instrument ID:	ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>		
Record:	A14-OC3S2_6m	Date:	2010-12-07
Sample interval [ms]:	0.025	Time:	09:12:47
No of samples:	4096	Job ID:	A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Delay [ms]:	0.000	Client:	SPEA Ingeneria Europea S.p.A.
Lowcut filter:		Company:	
Notch filter:		Observer:	



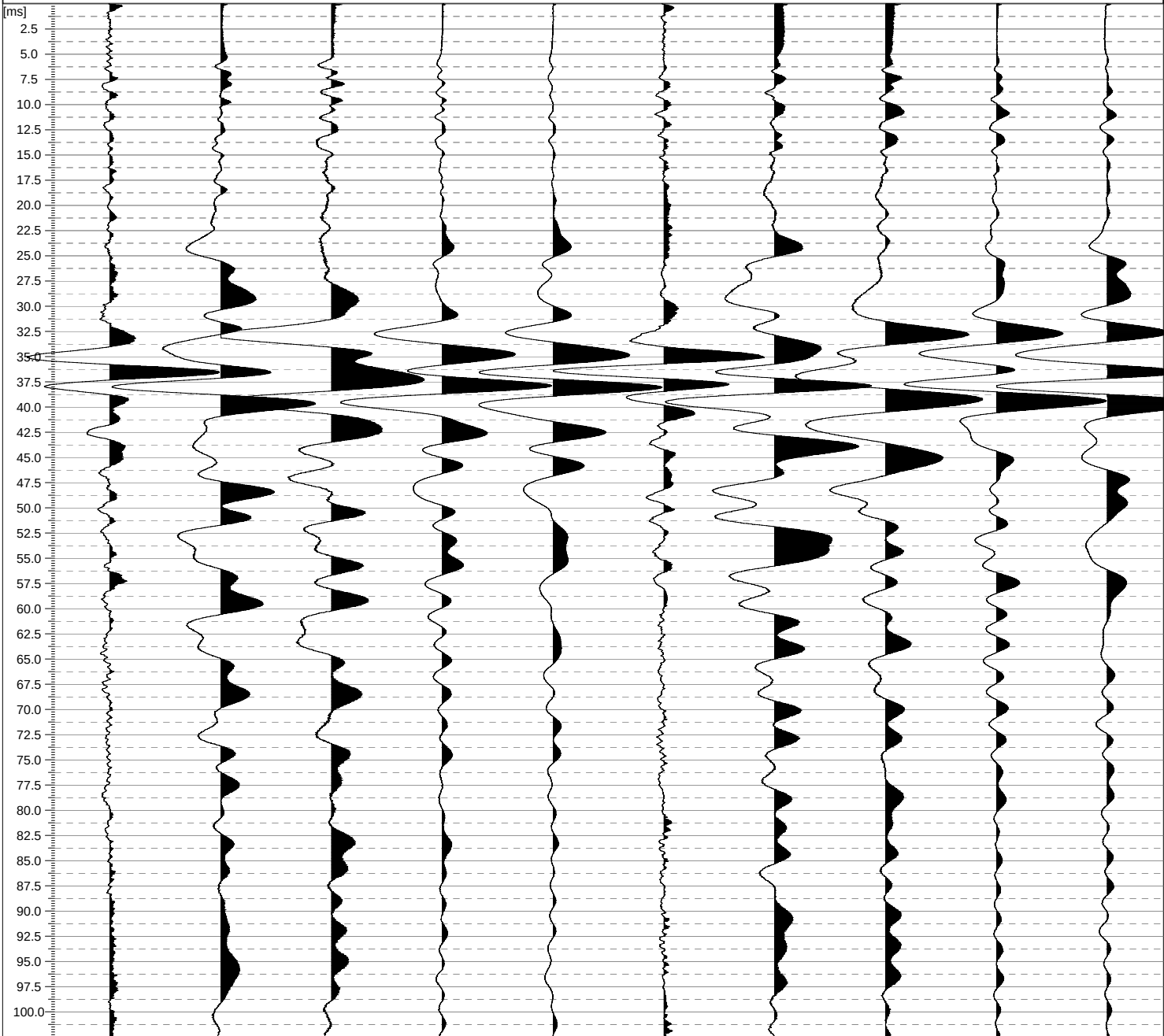


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_8m
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingegneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:

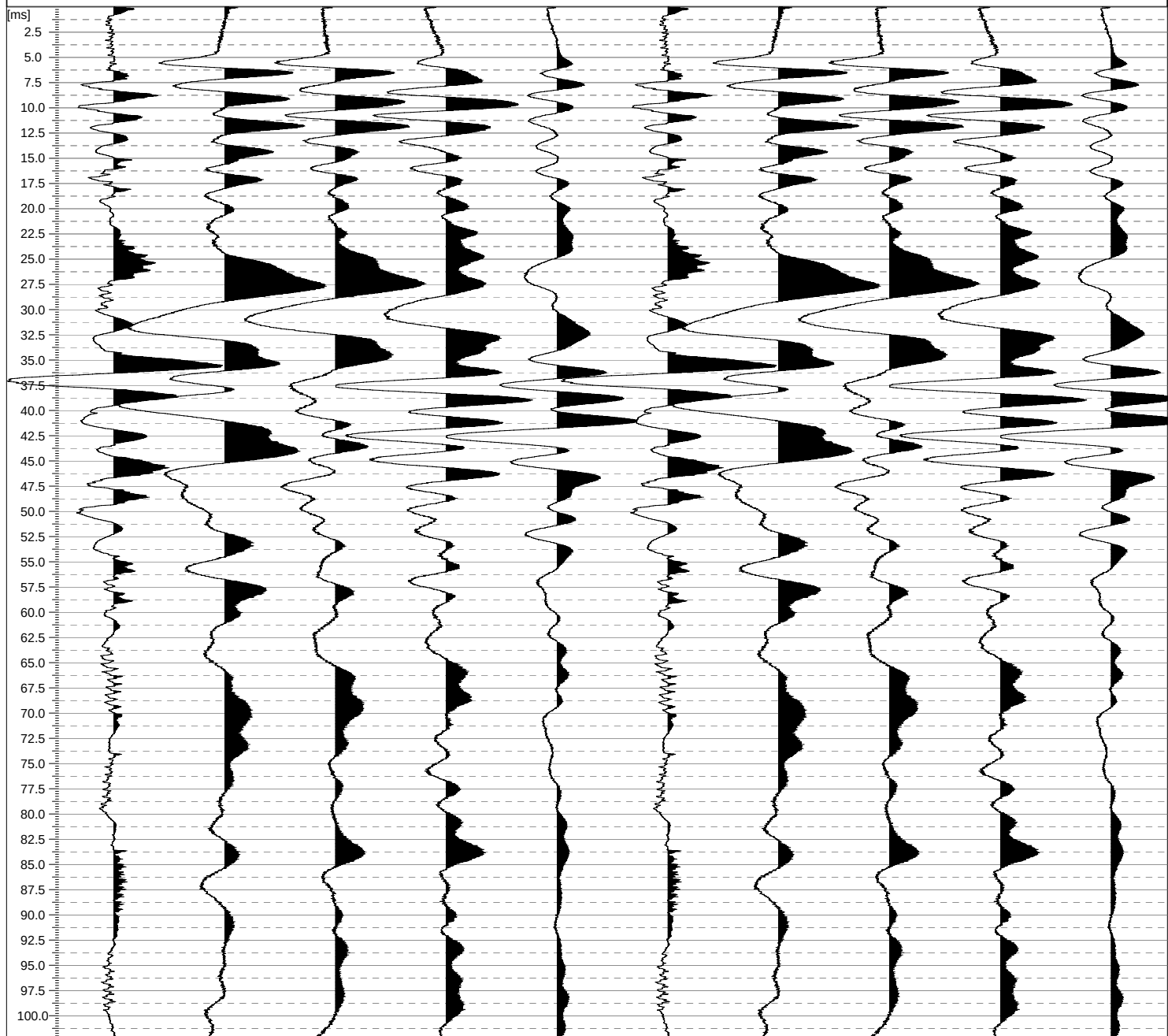


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_8m-P
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingeneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:

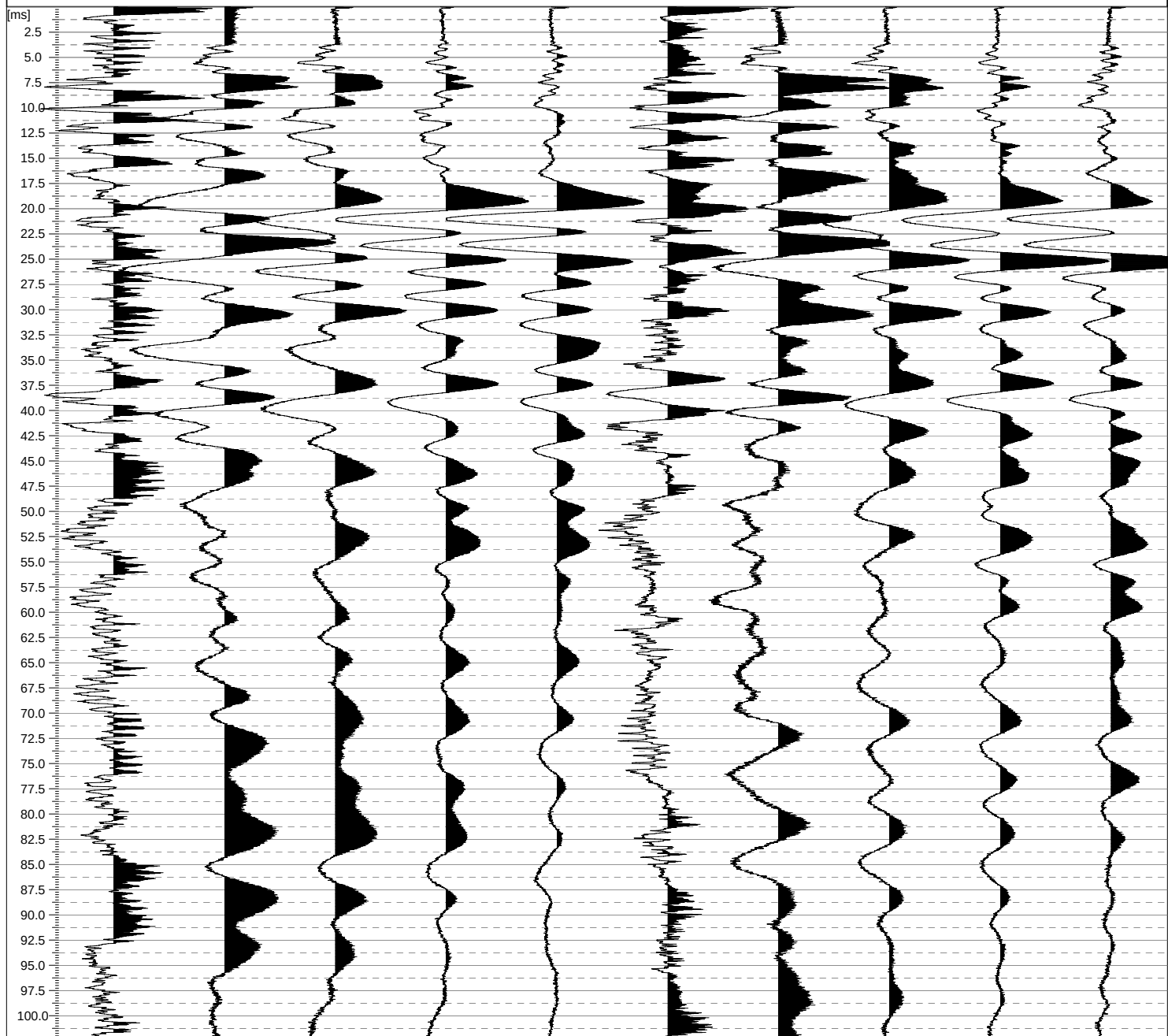


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_9m
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingegneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:

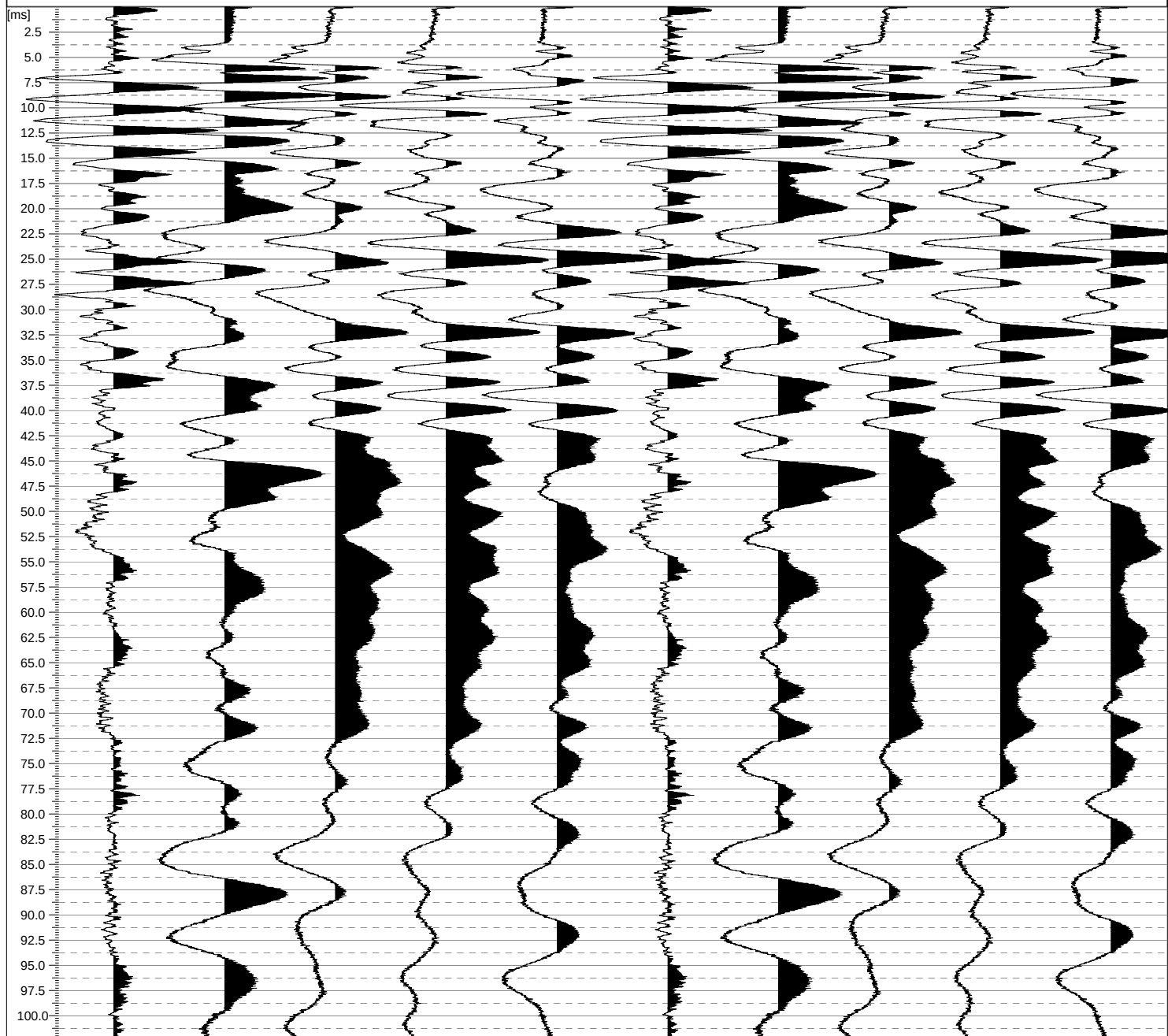


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_9m-P
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingeneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:

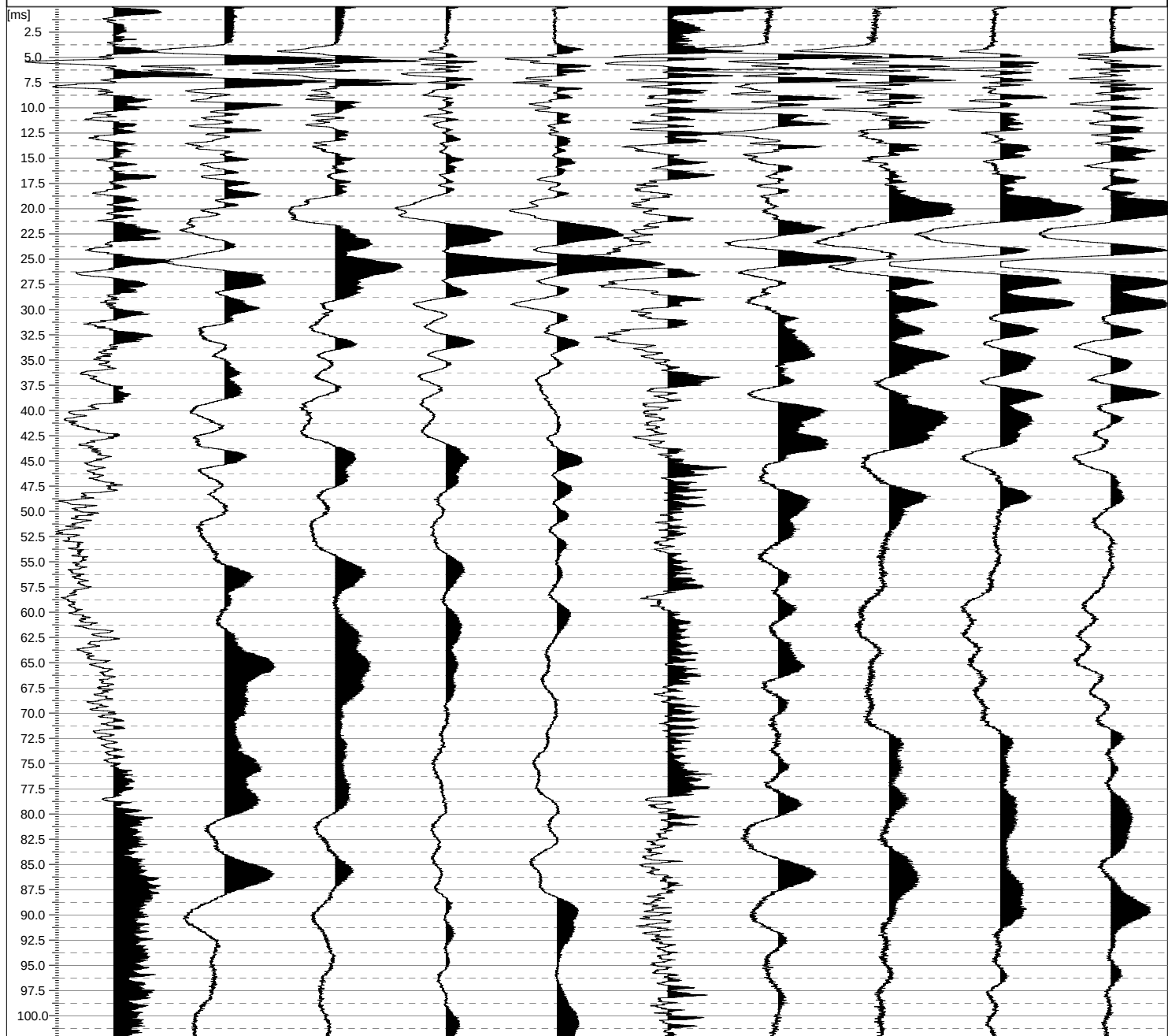


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_10m
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingeneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:

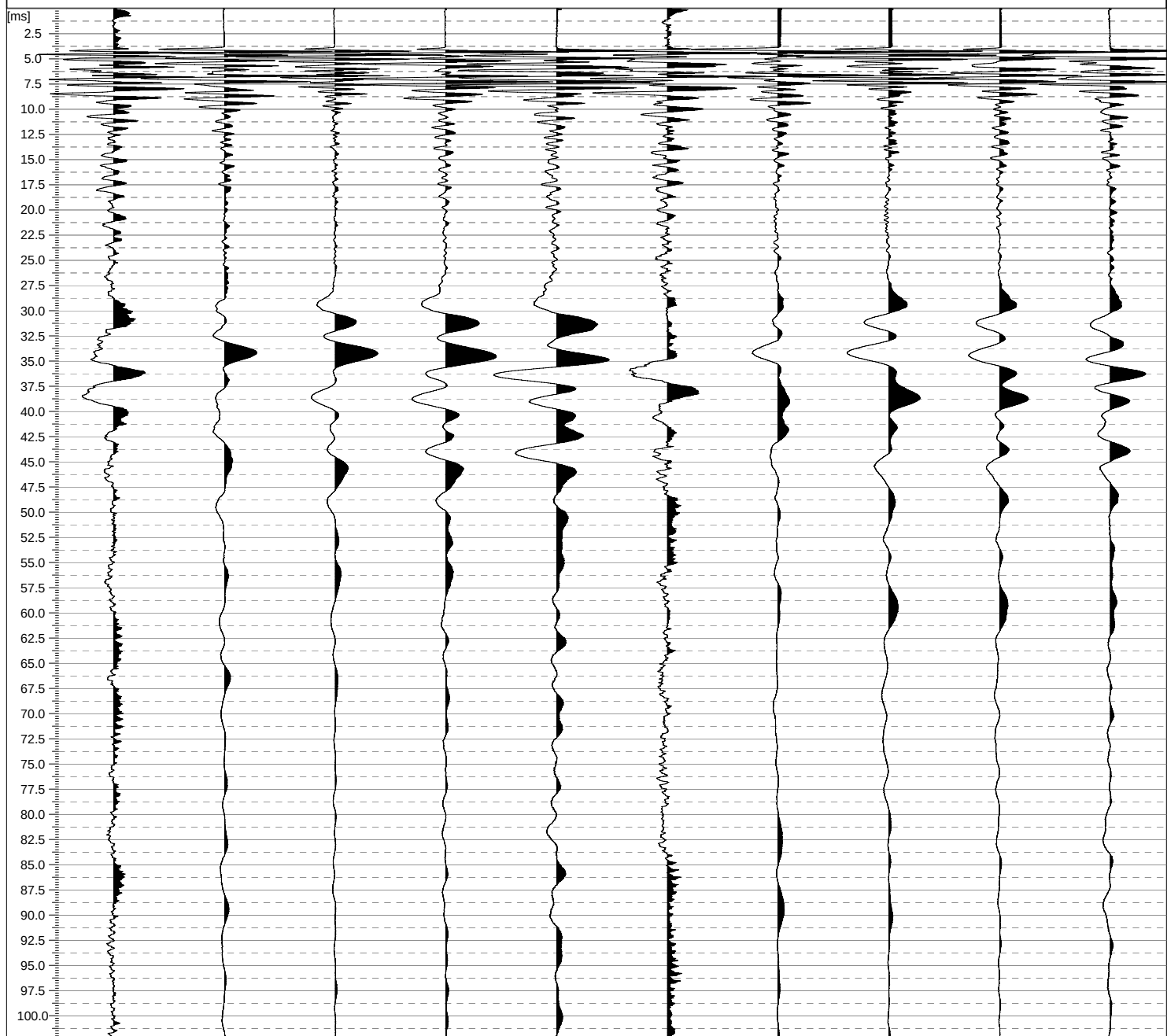


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_11m
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingeneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:

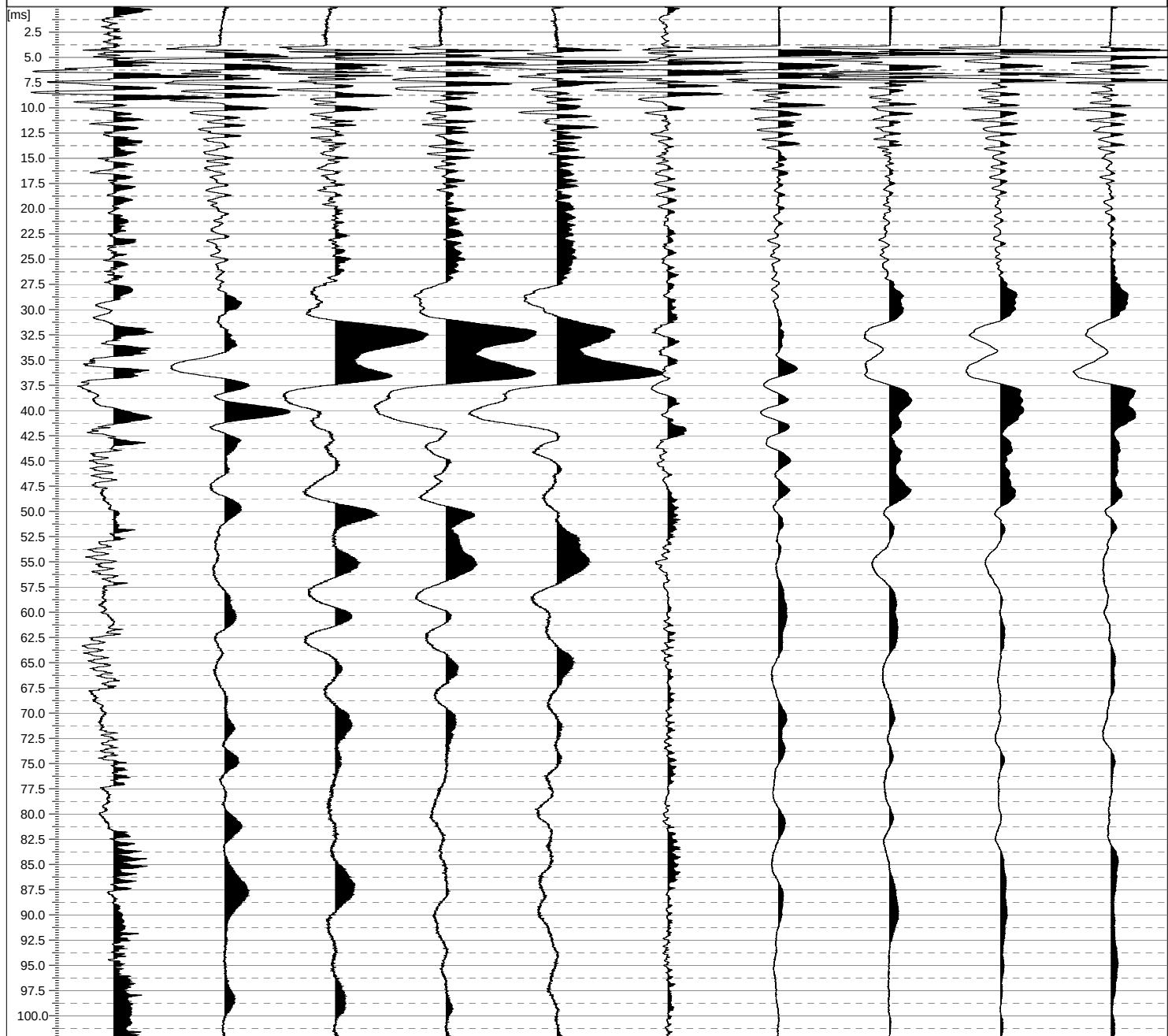


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_12m
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingeneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:

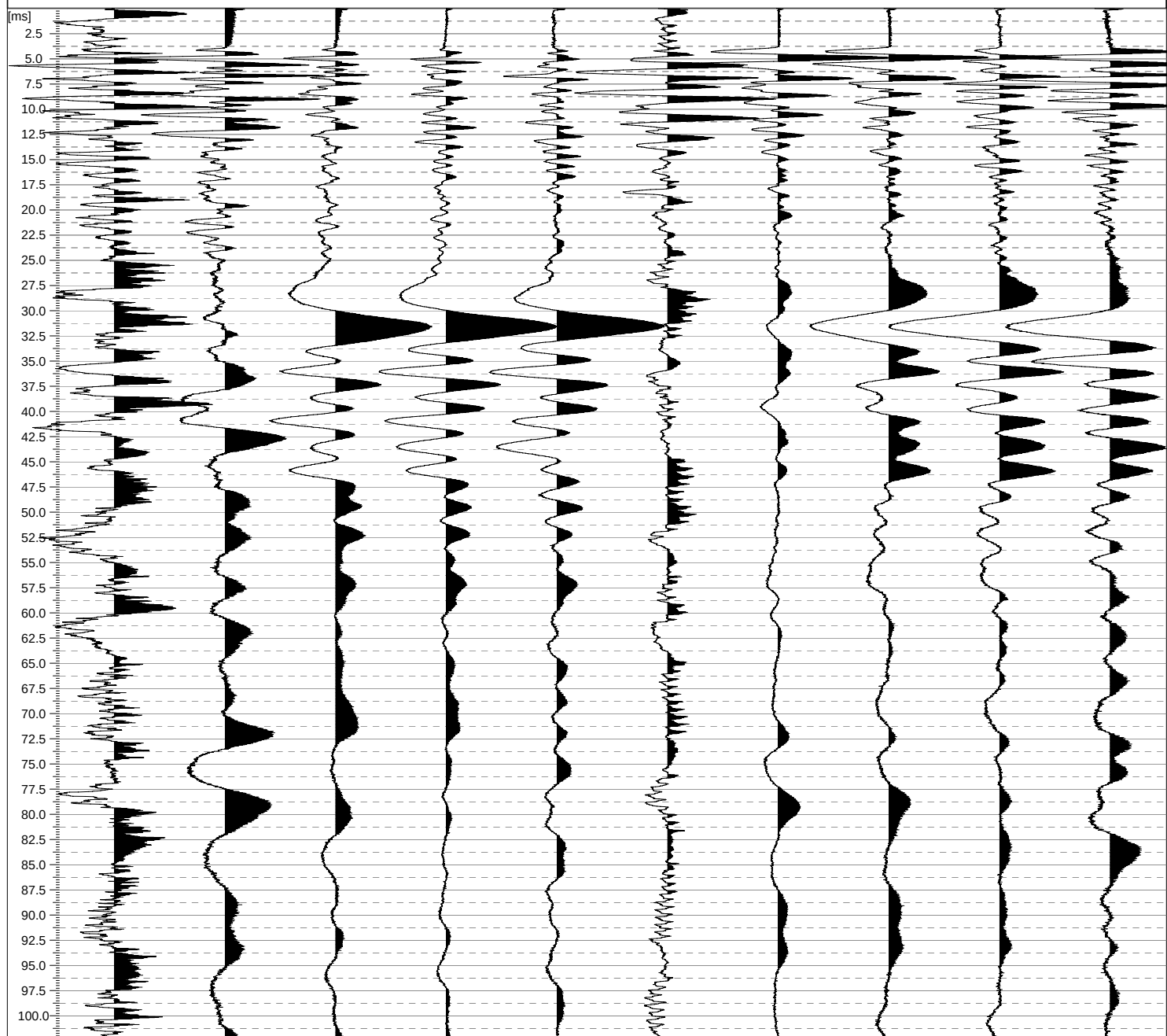


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_13m
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingegneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:

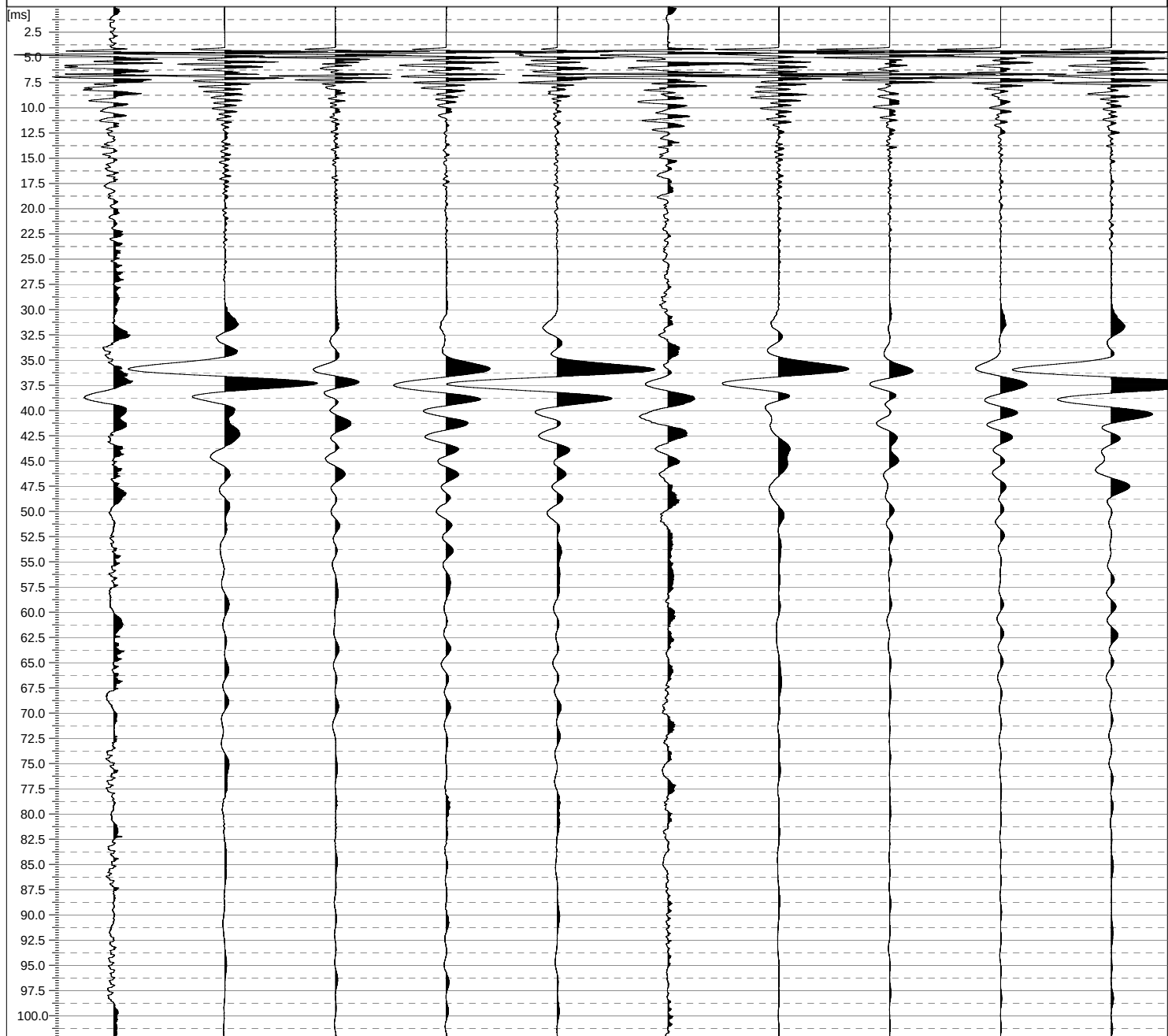


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_14m
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingeneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:

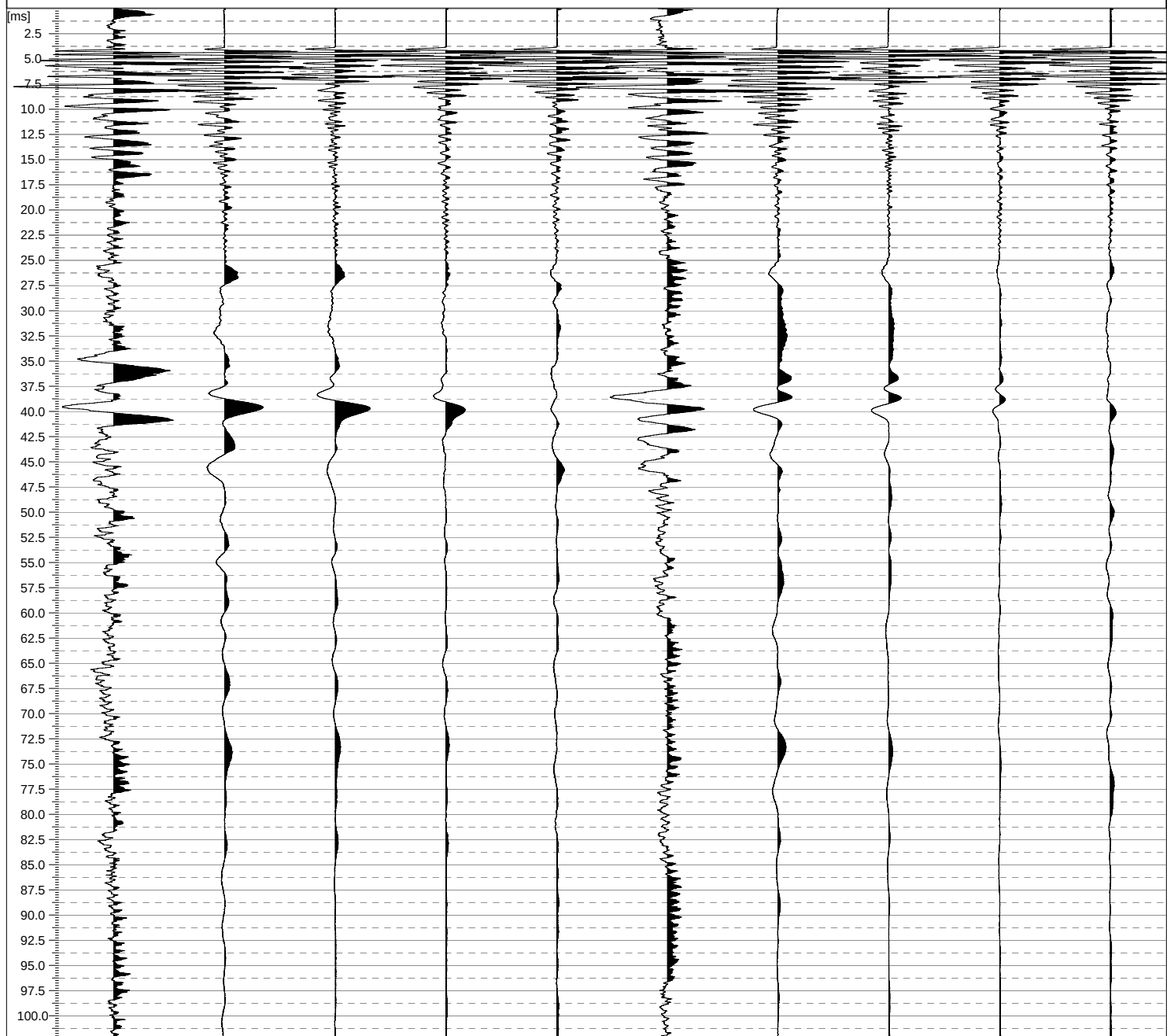


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_15m
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingegneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:

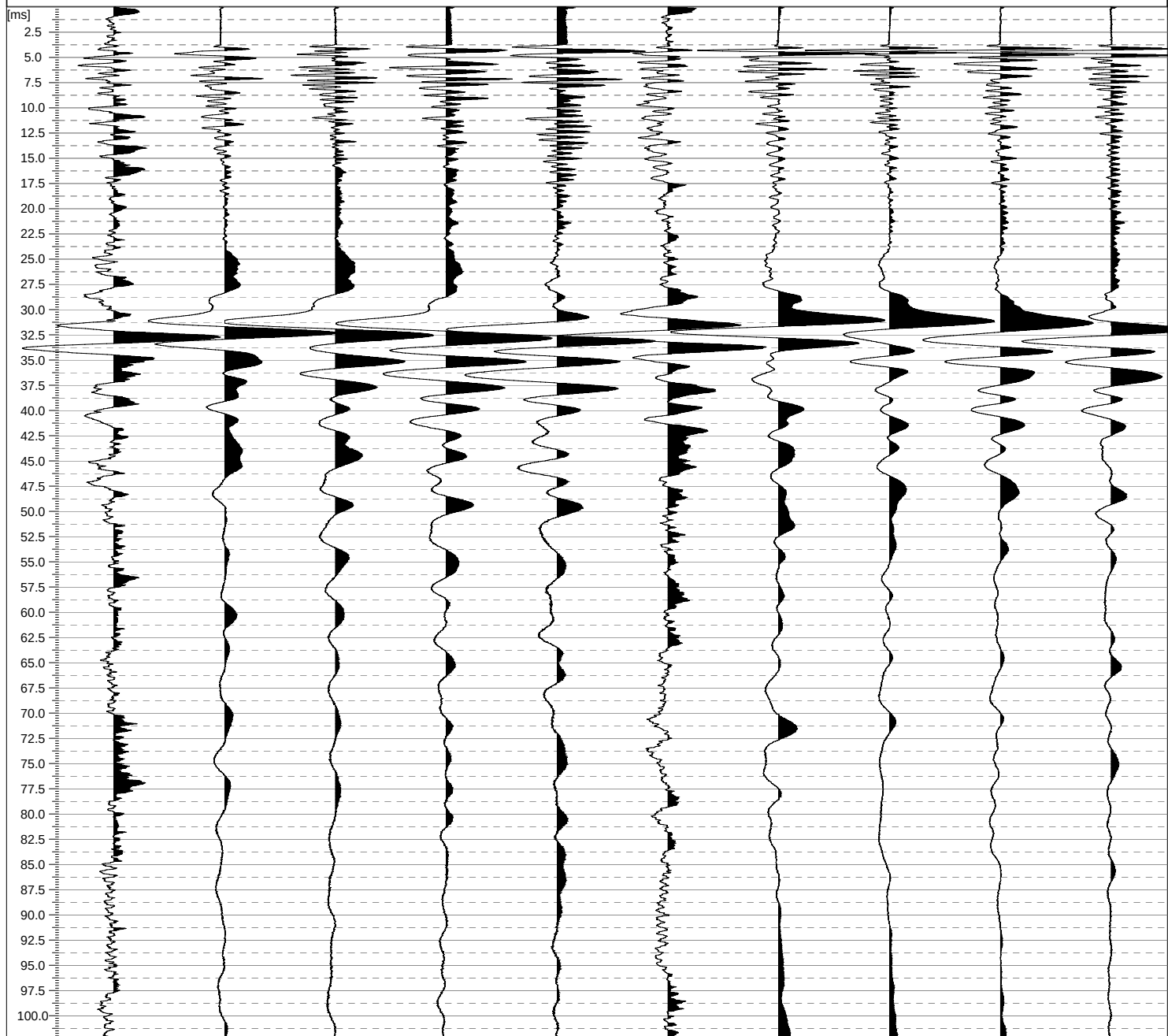


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_16m
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingeneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:

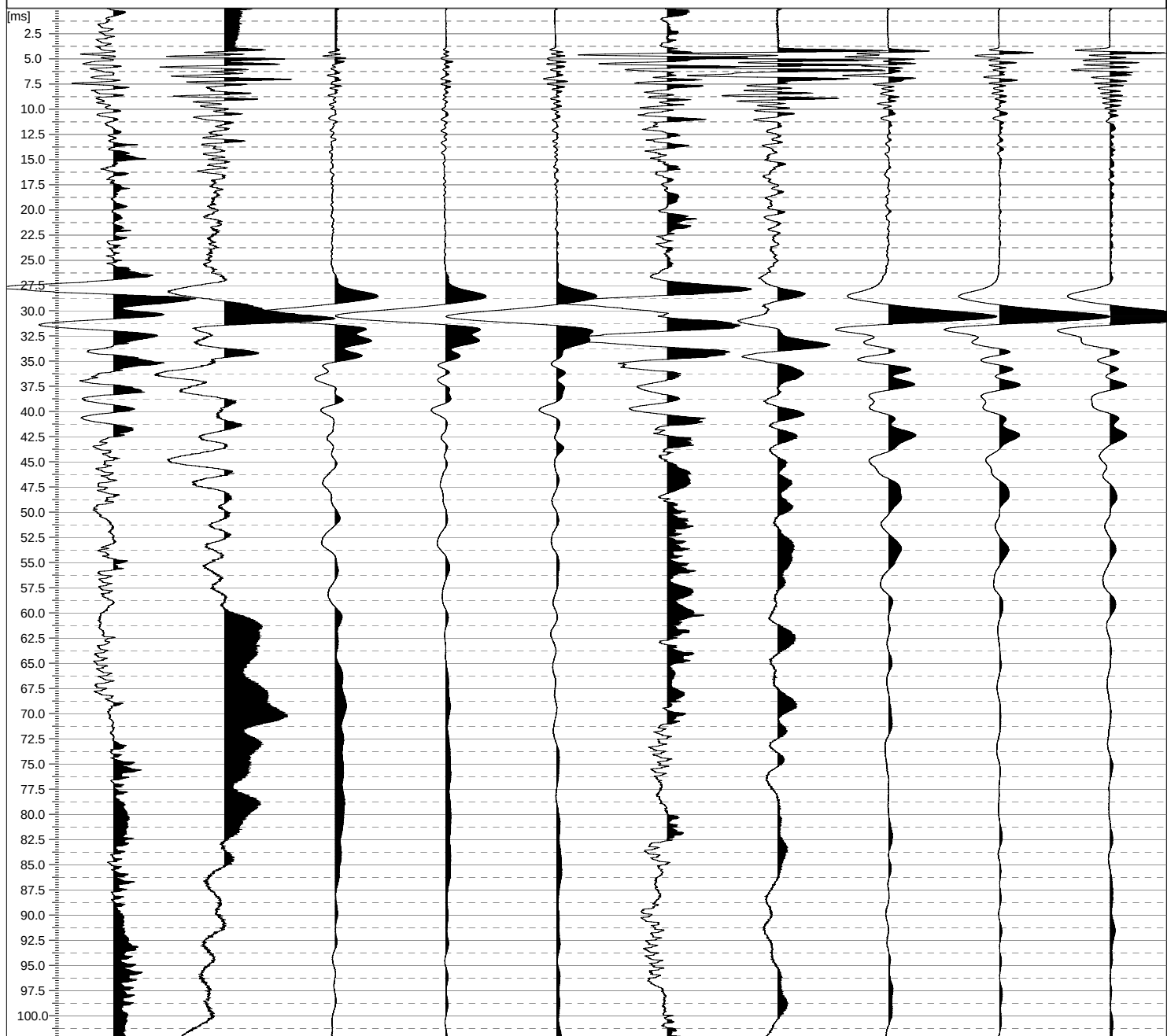


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_17m
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingeneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:

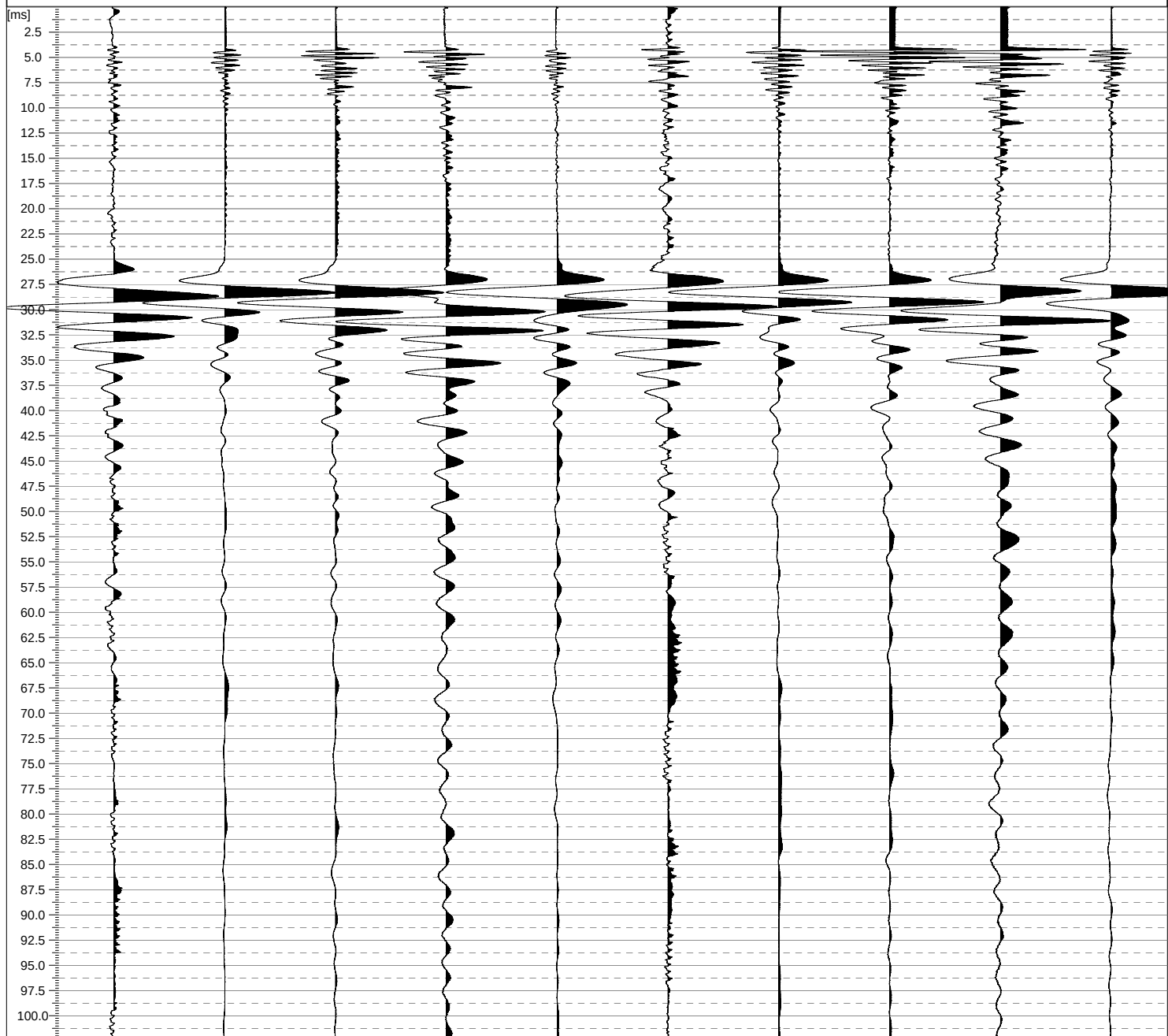


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_18m
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingeneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:

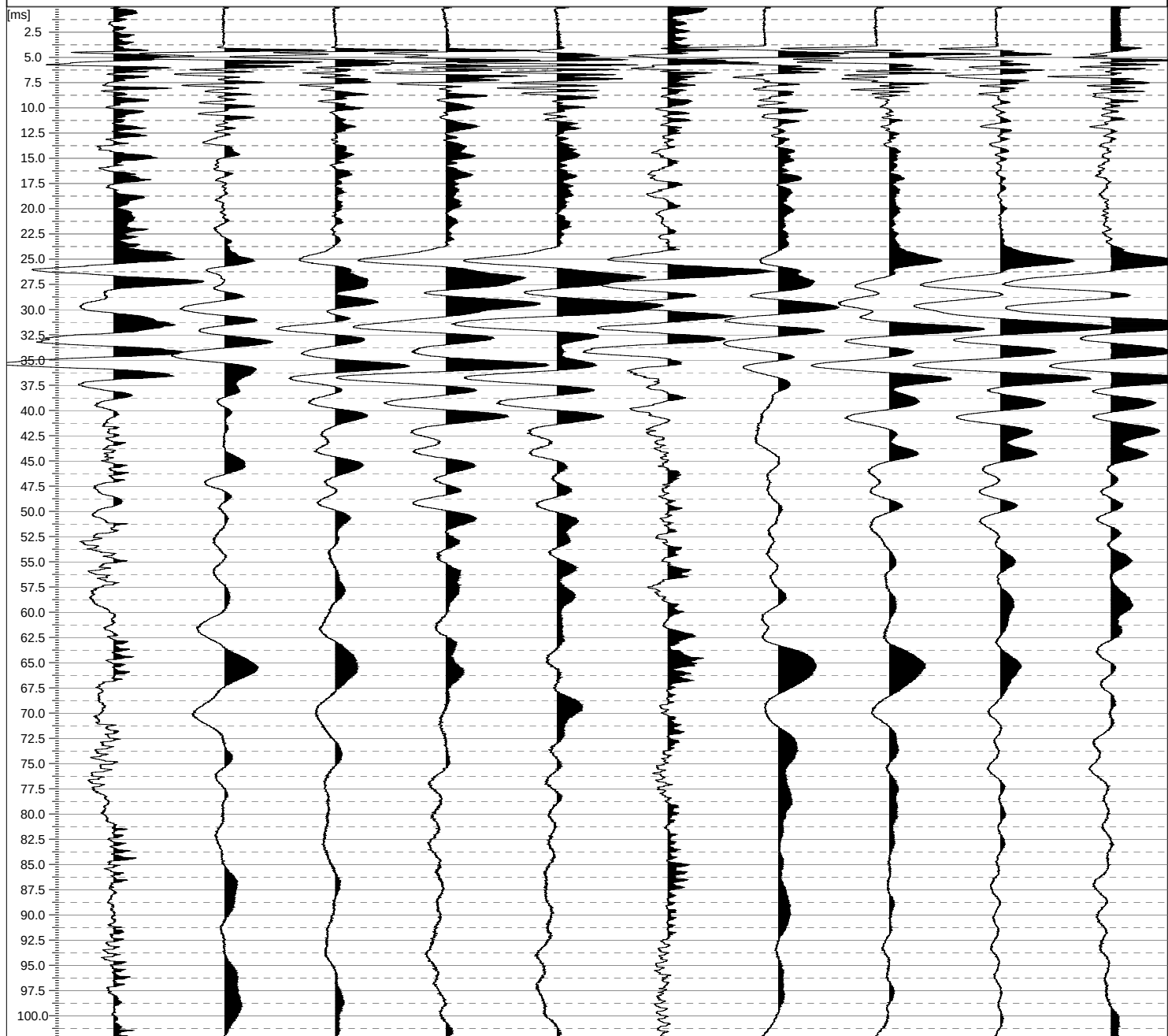


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_19m
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingeneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:

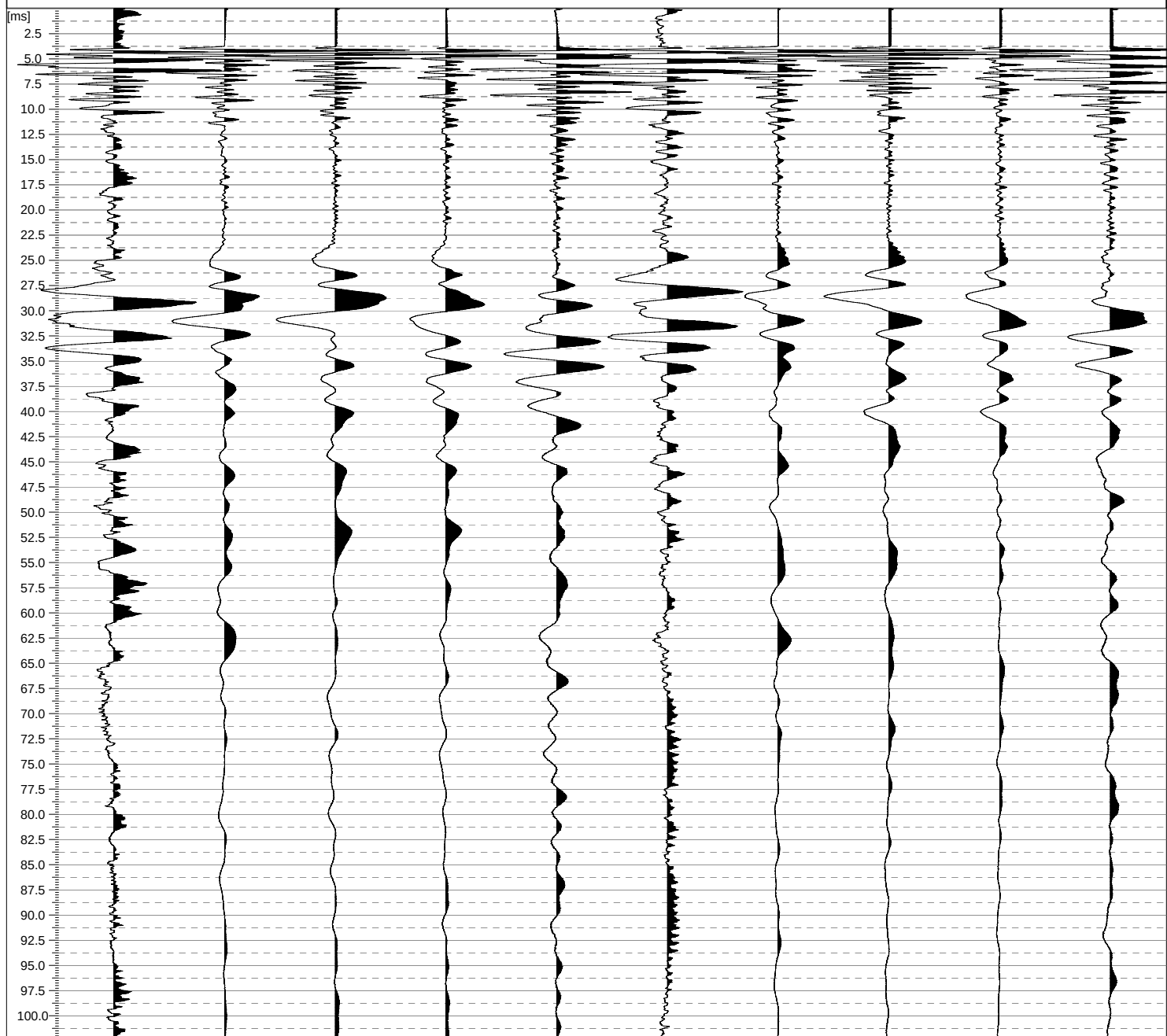


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_20m
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingeneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:

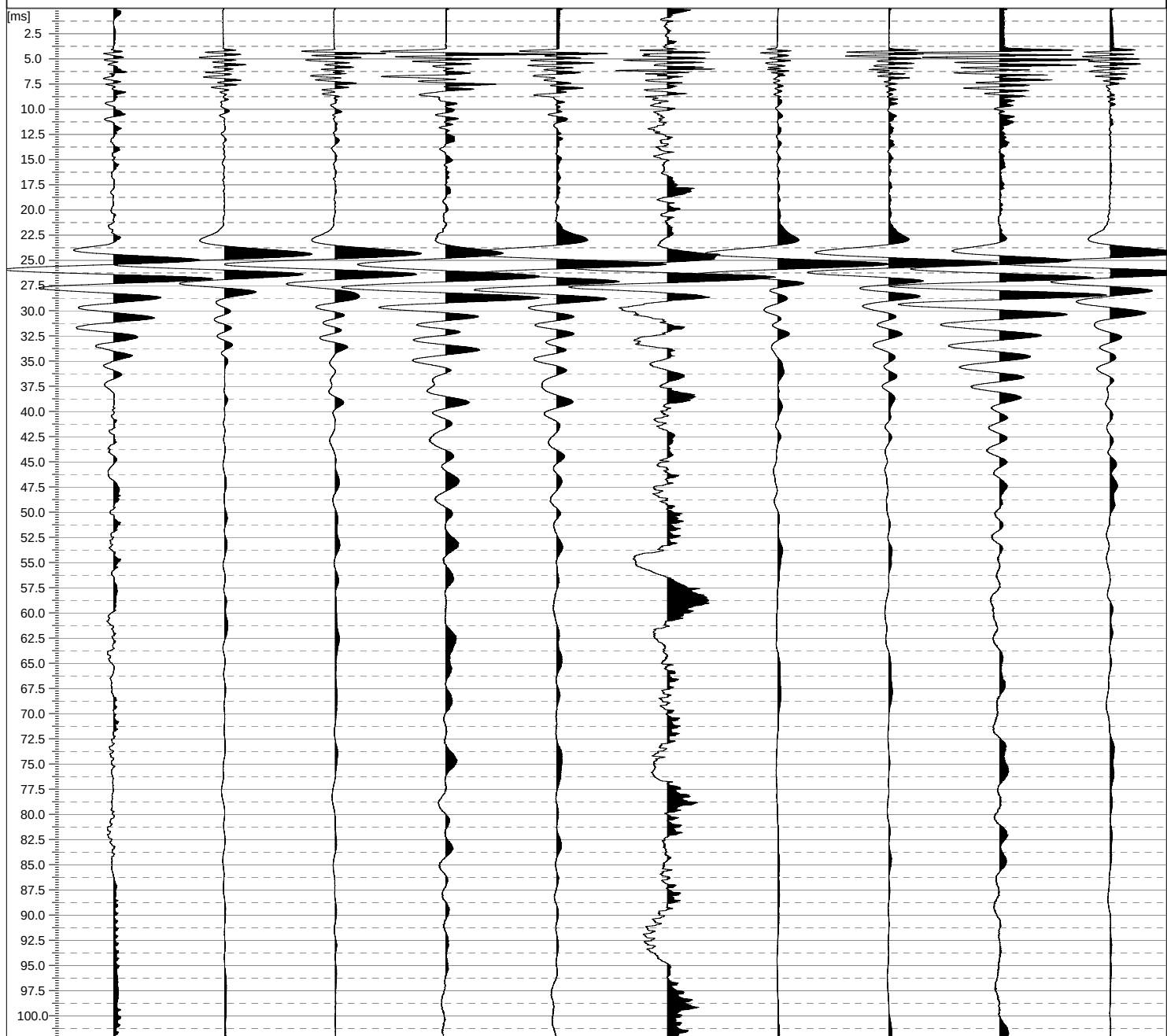


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_21m
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingeneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:

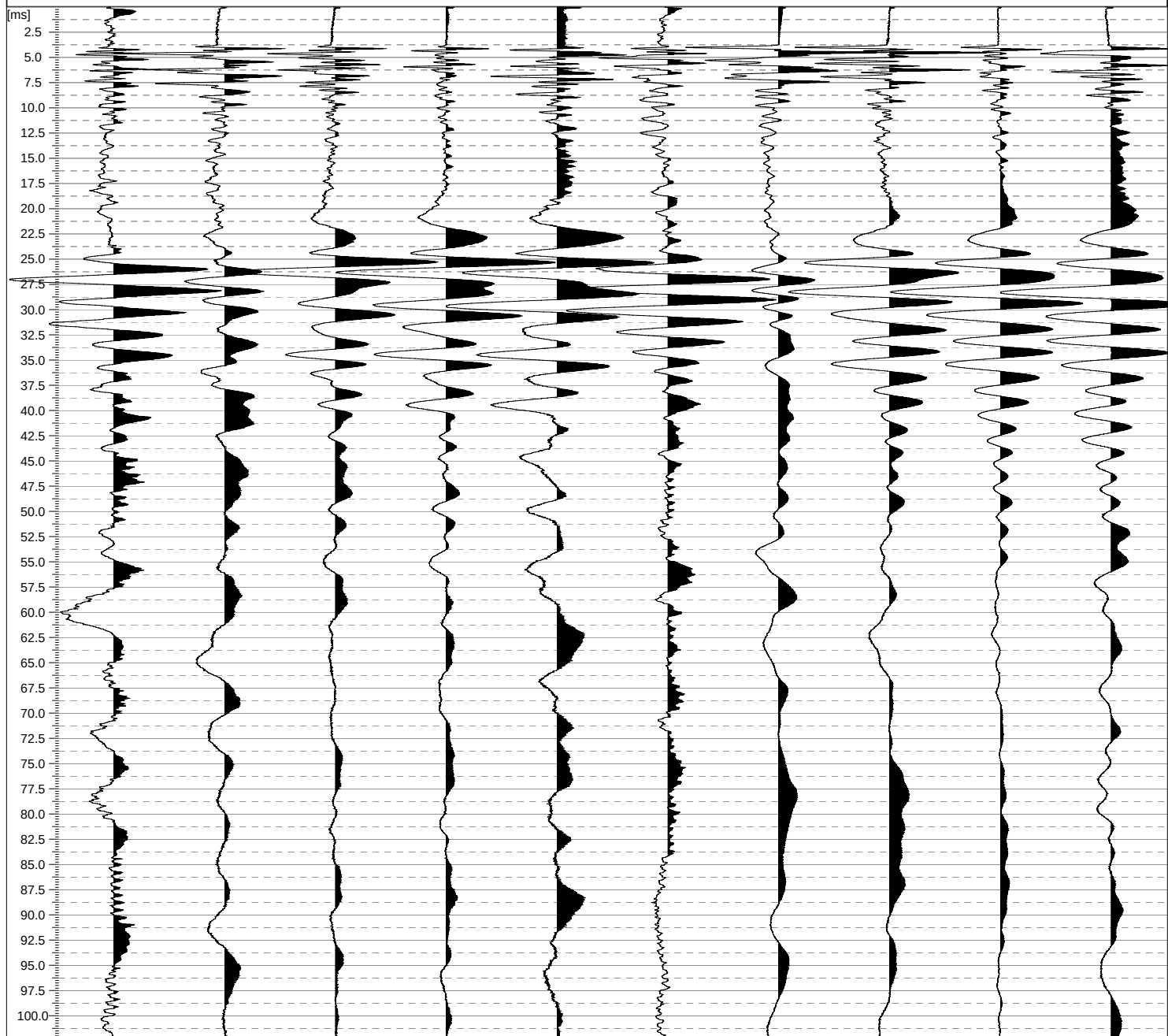


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_22m
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingegneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:

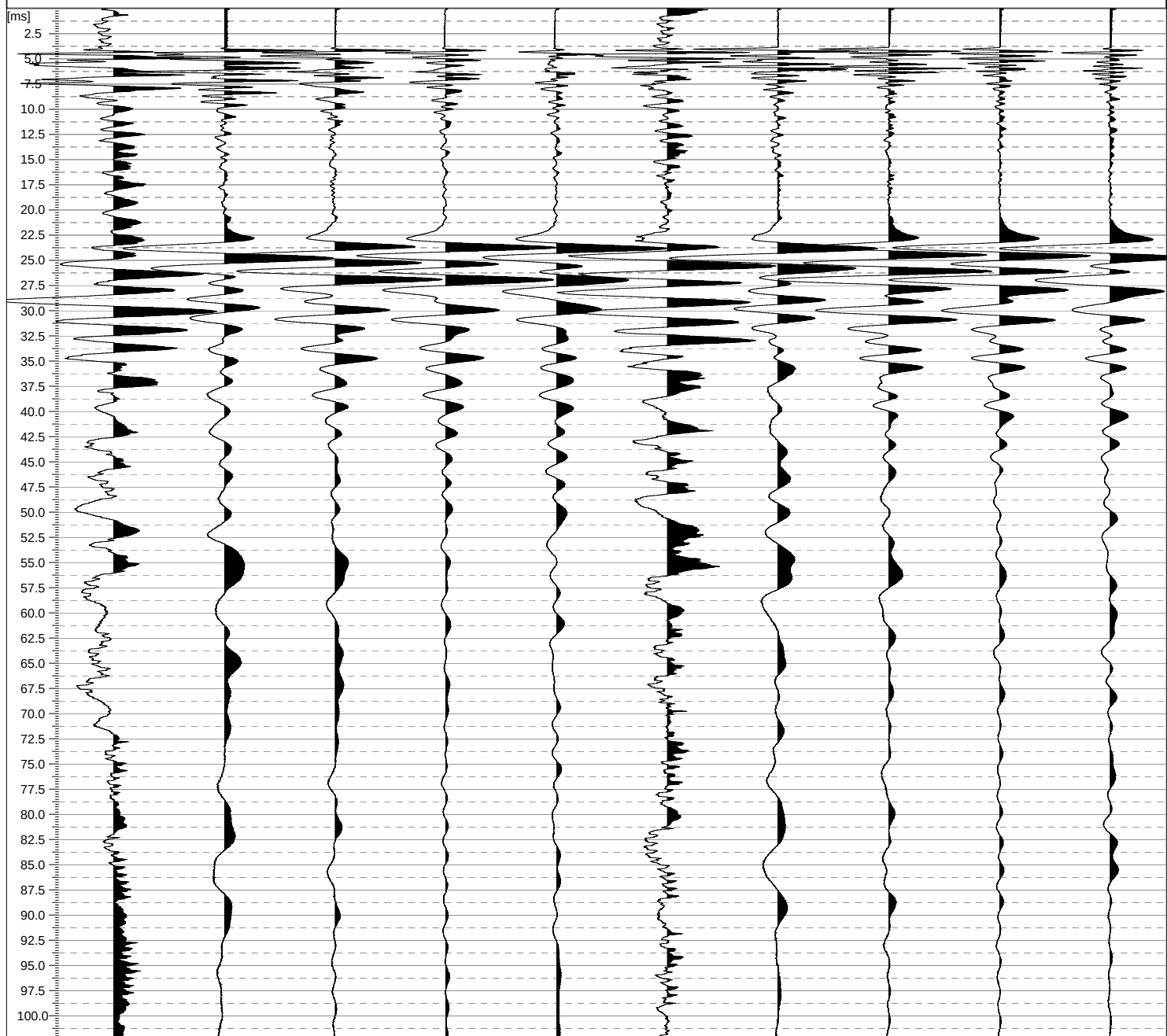


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_23m
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingeneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:

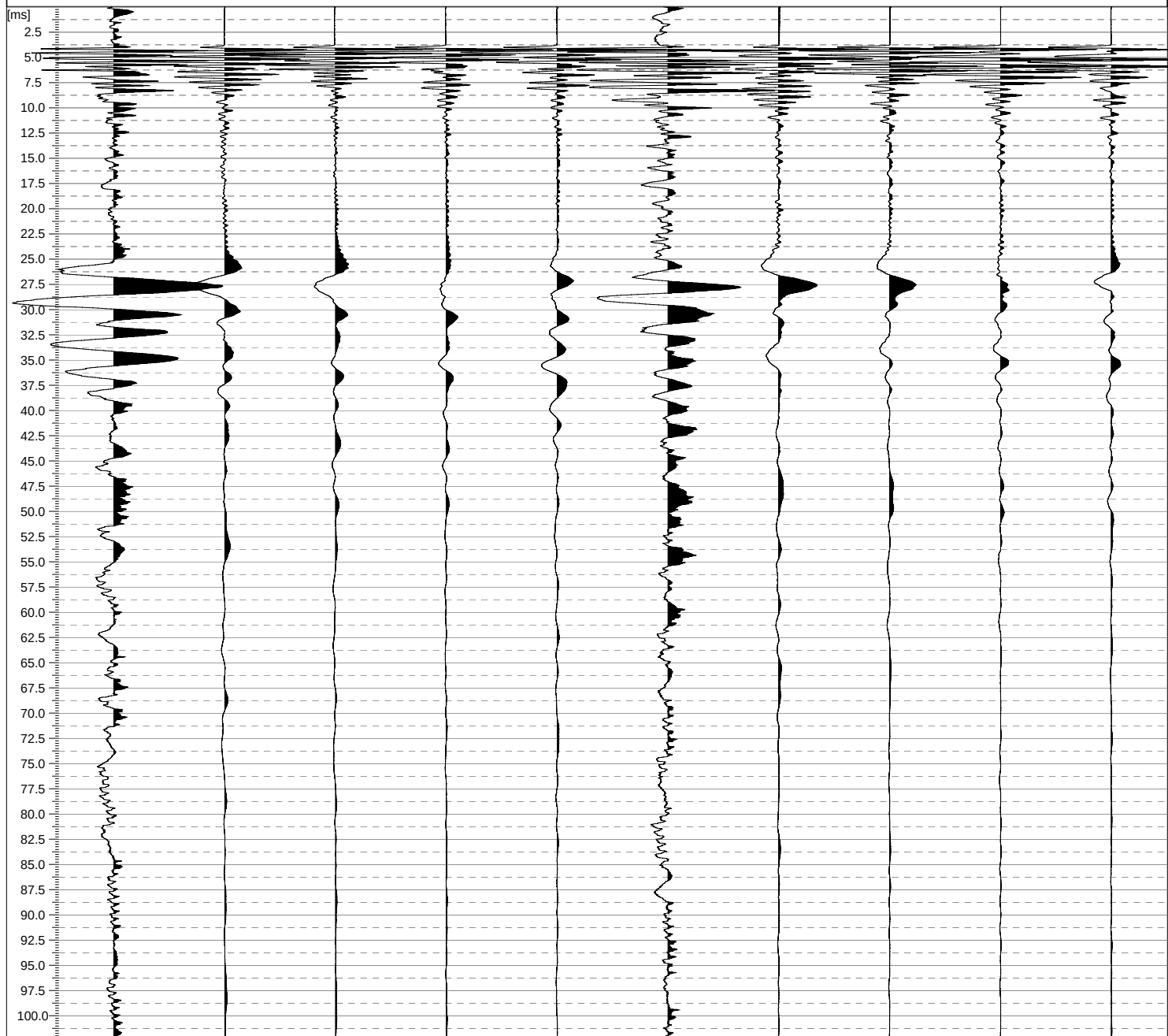


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_24m
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingeneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:

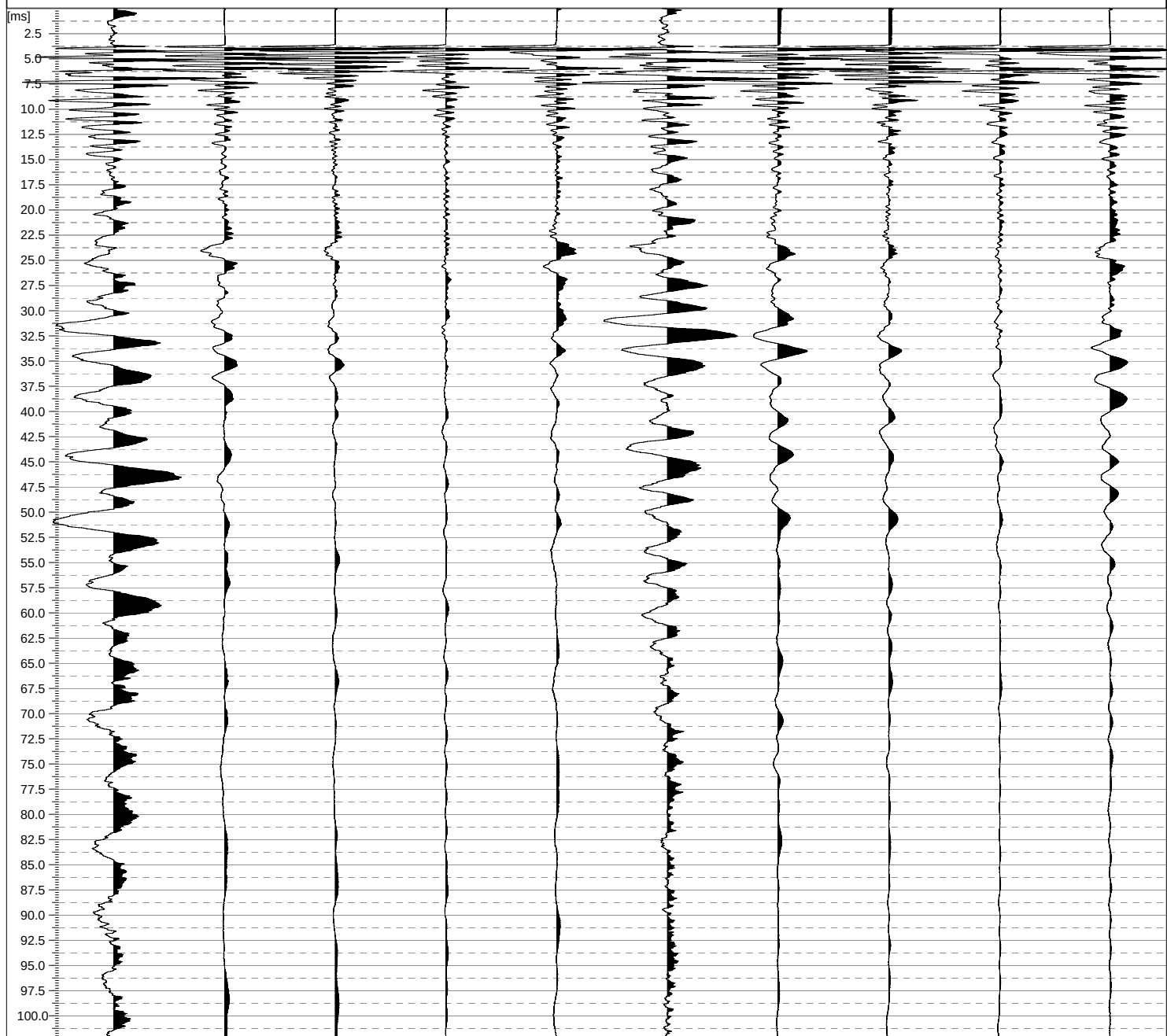


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_25m
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingeneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:

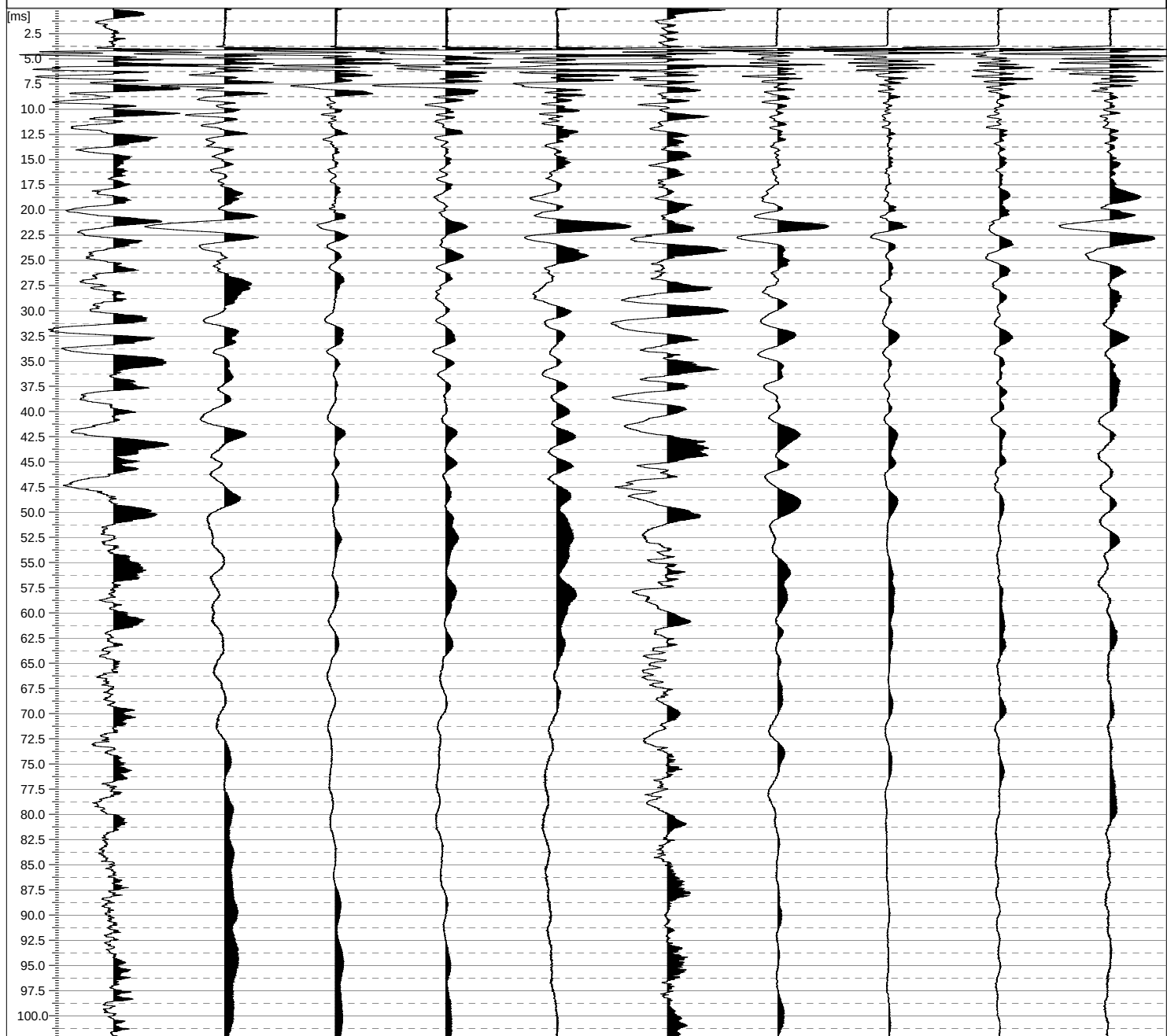


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_26m
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingeneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:

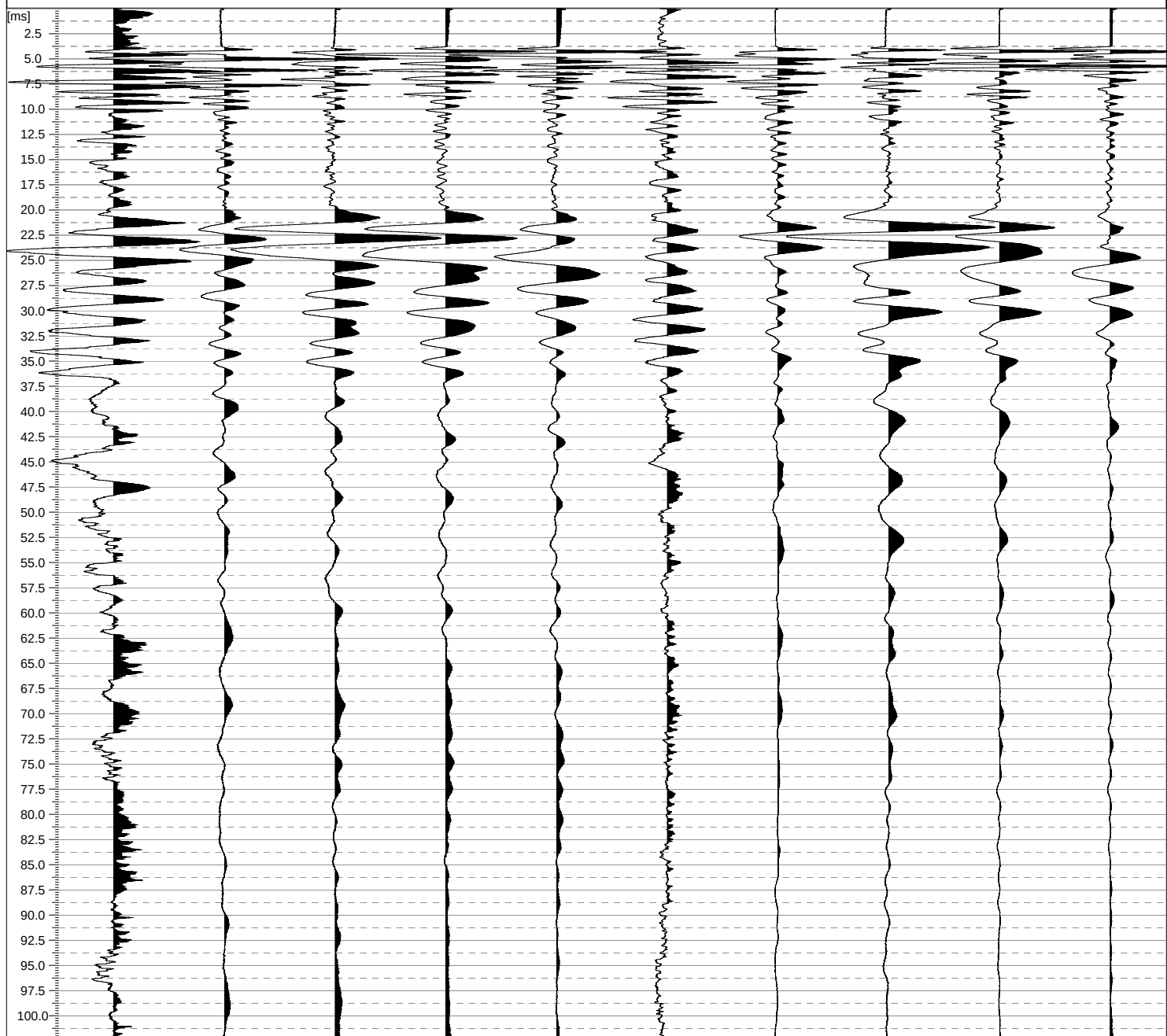


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_27m
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingeneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:

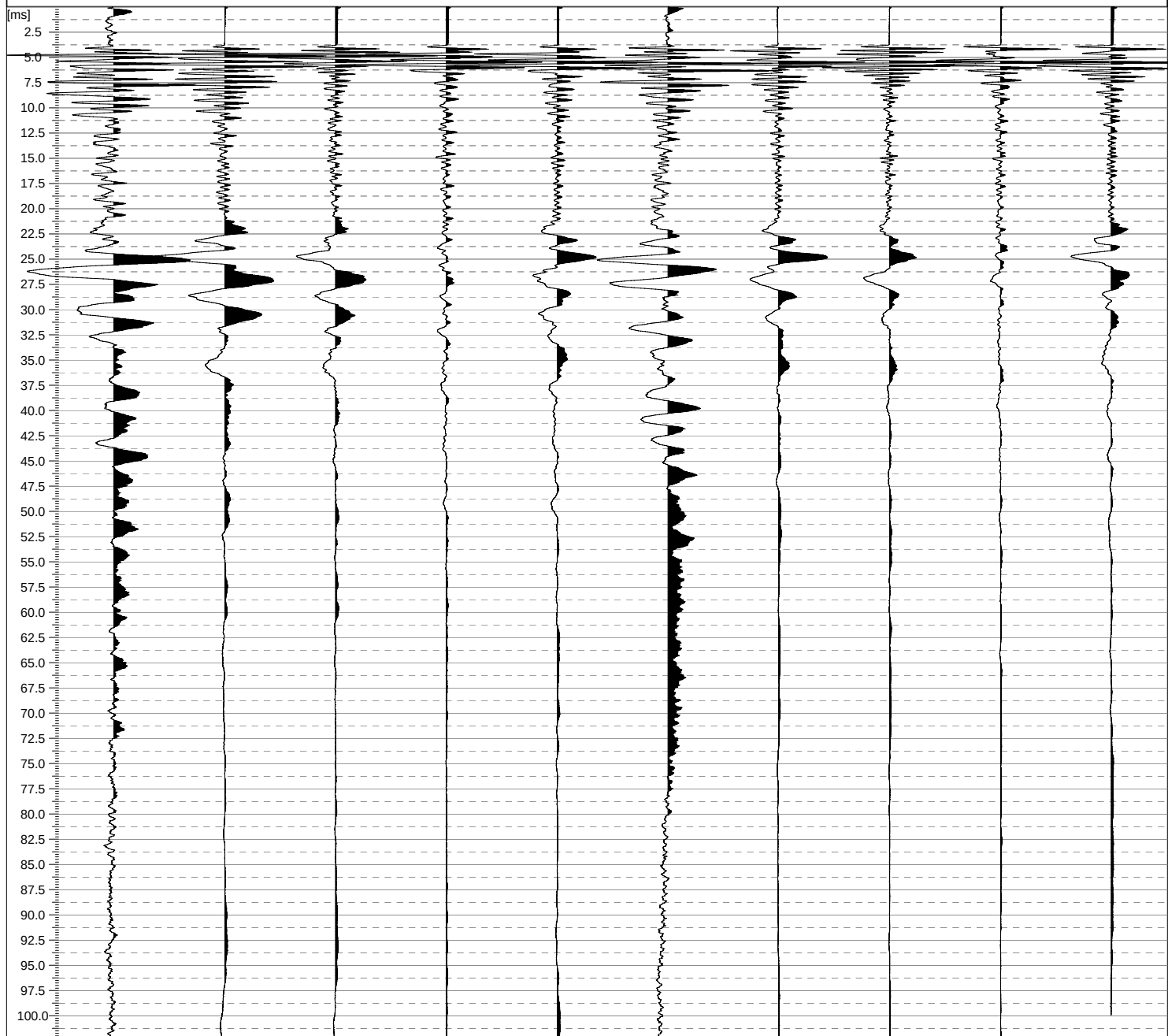


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_28m
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingeneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:

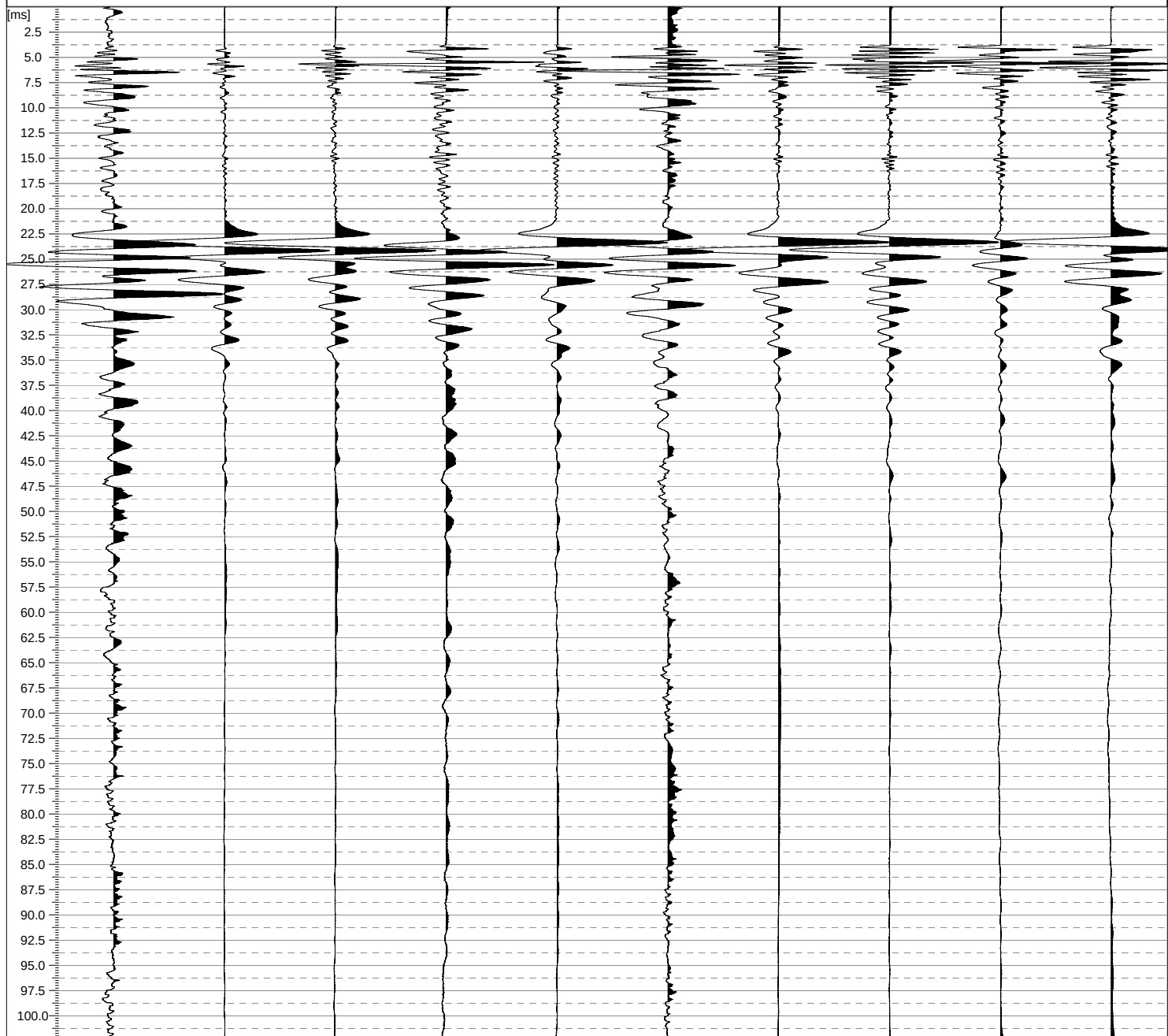


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_29m
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingeneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:

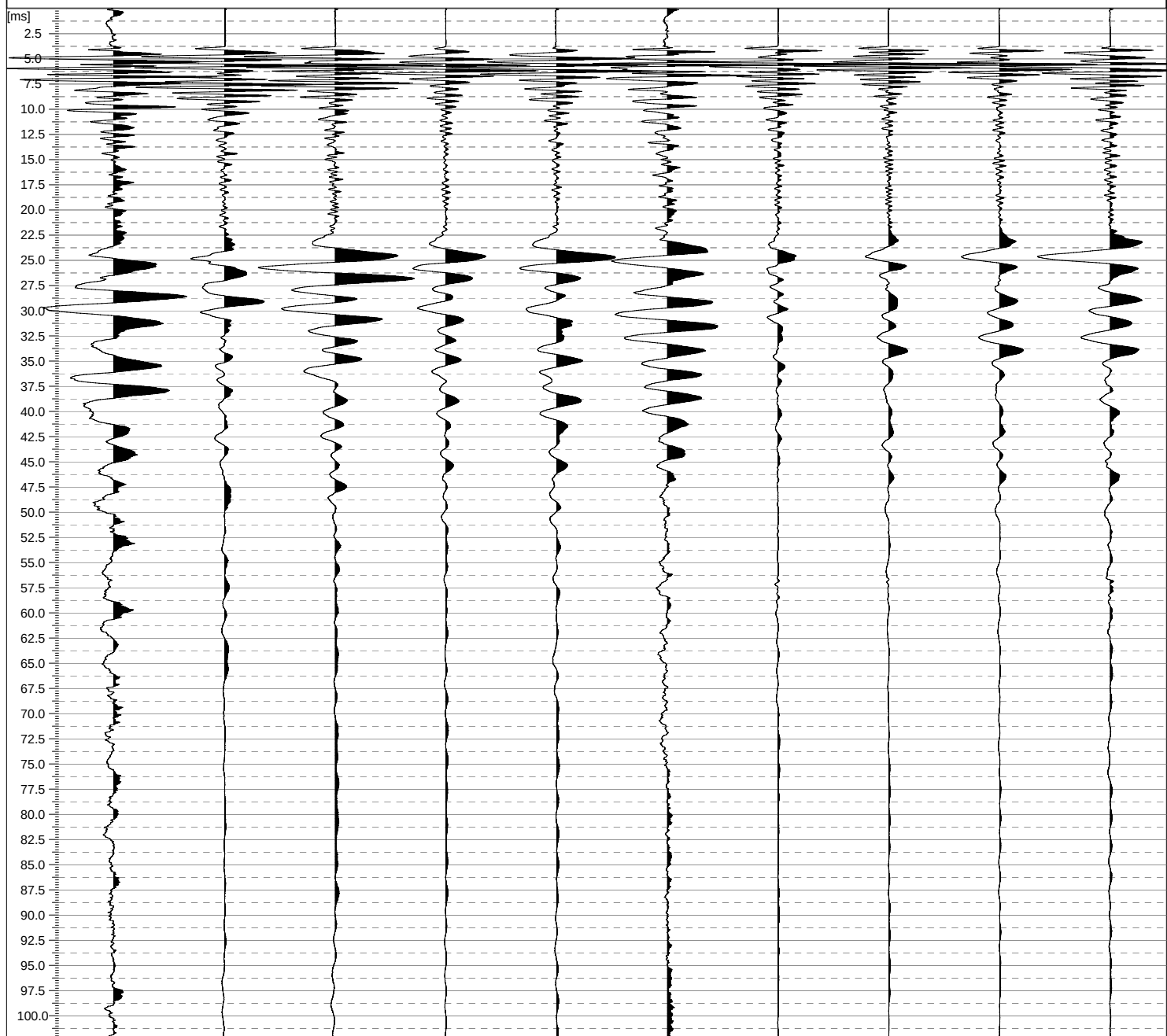


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_30m
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingeneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:

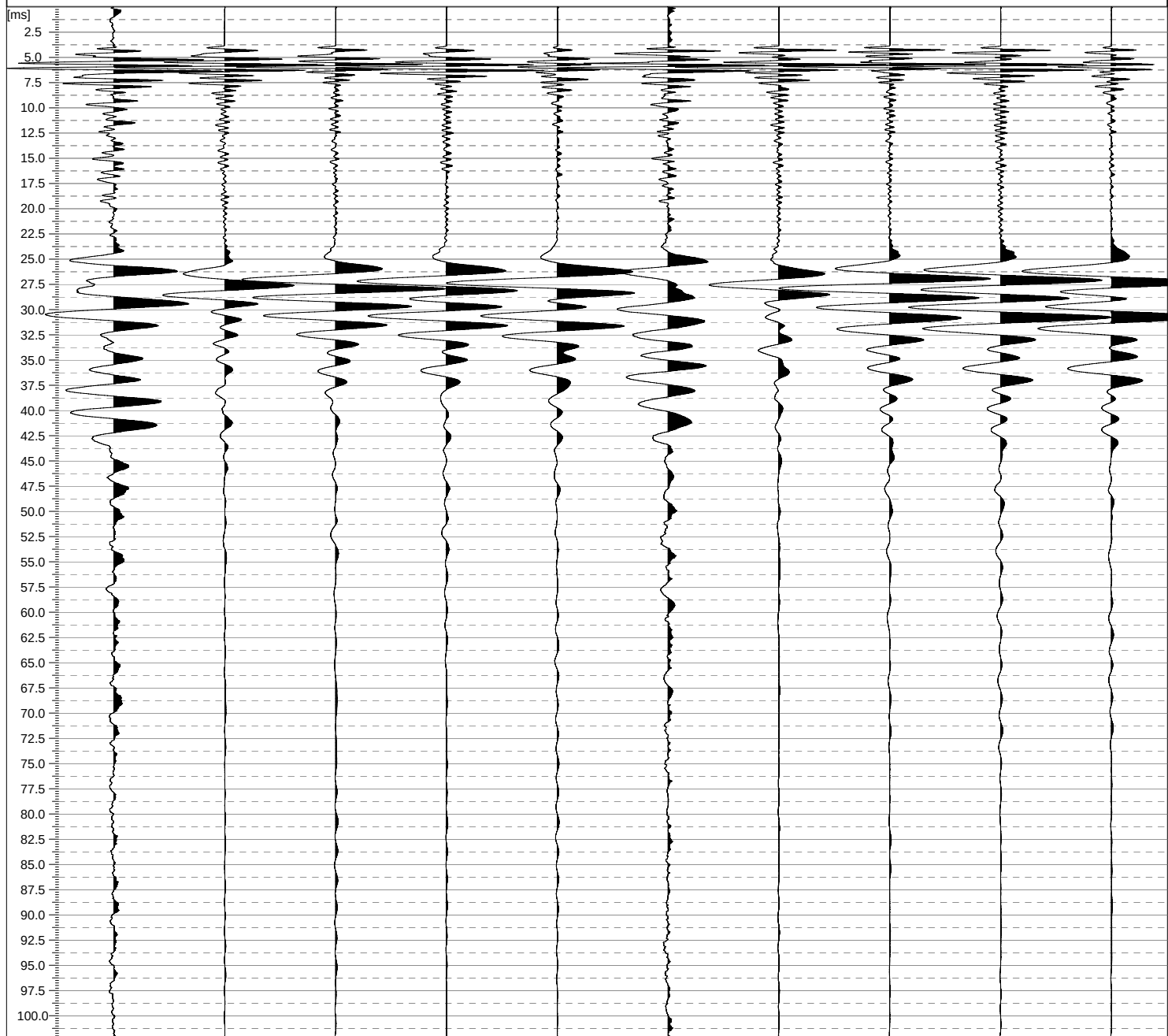


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_31m
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingegneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:

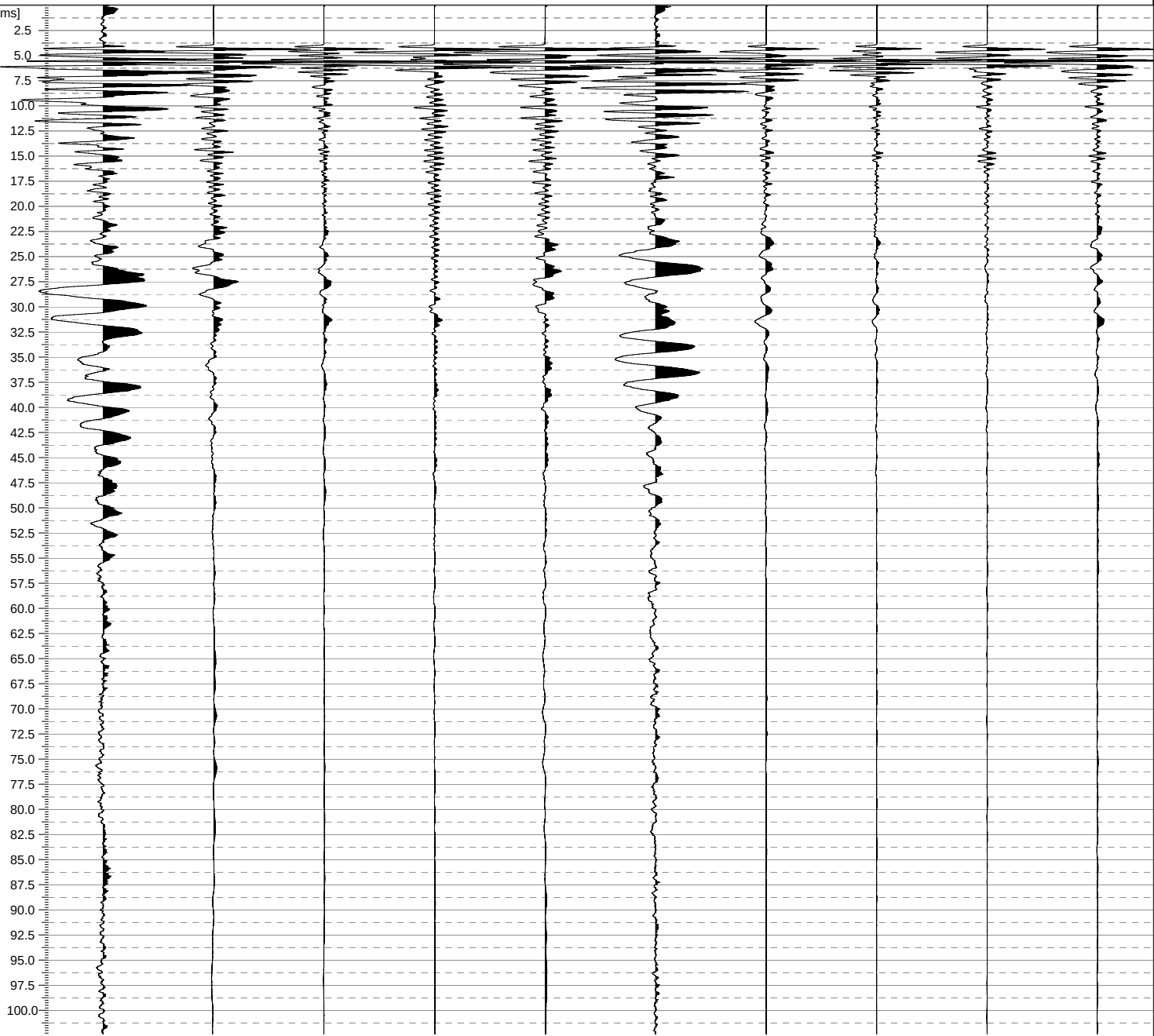


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_32m
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingegneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:

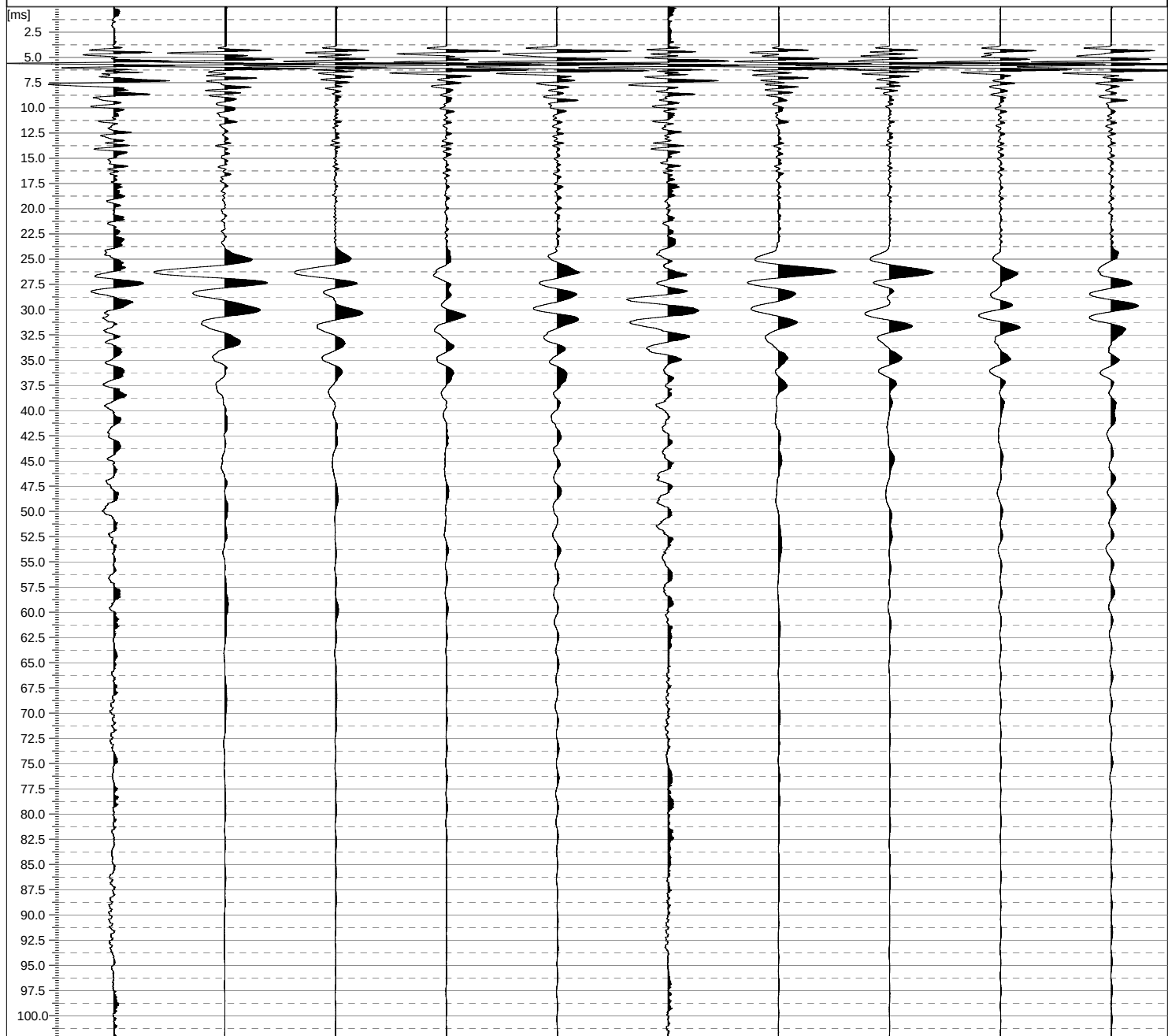


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_33m
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingegneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:

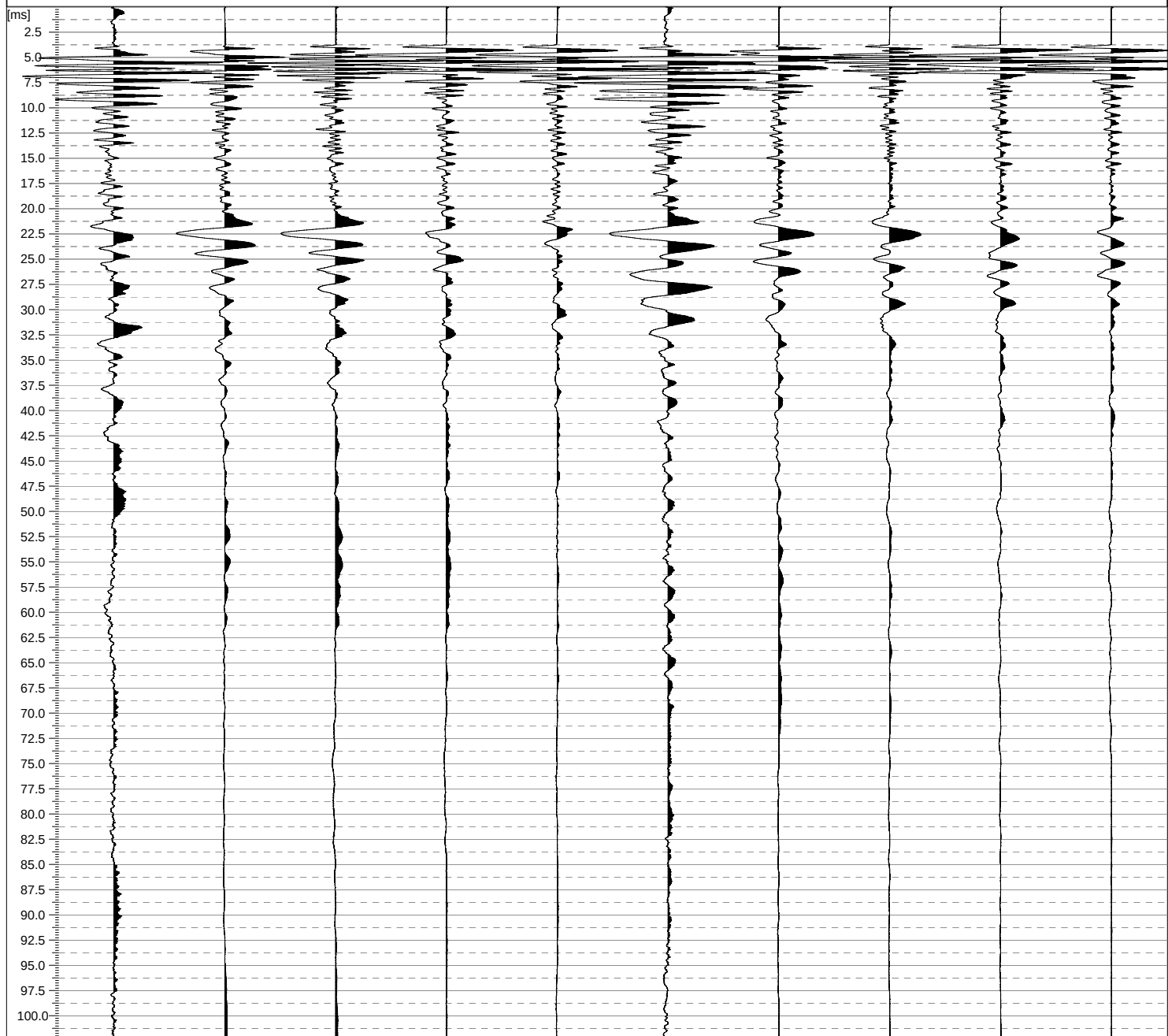


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_34m
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 09:12:47

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingegneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:

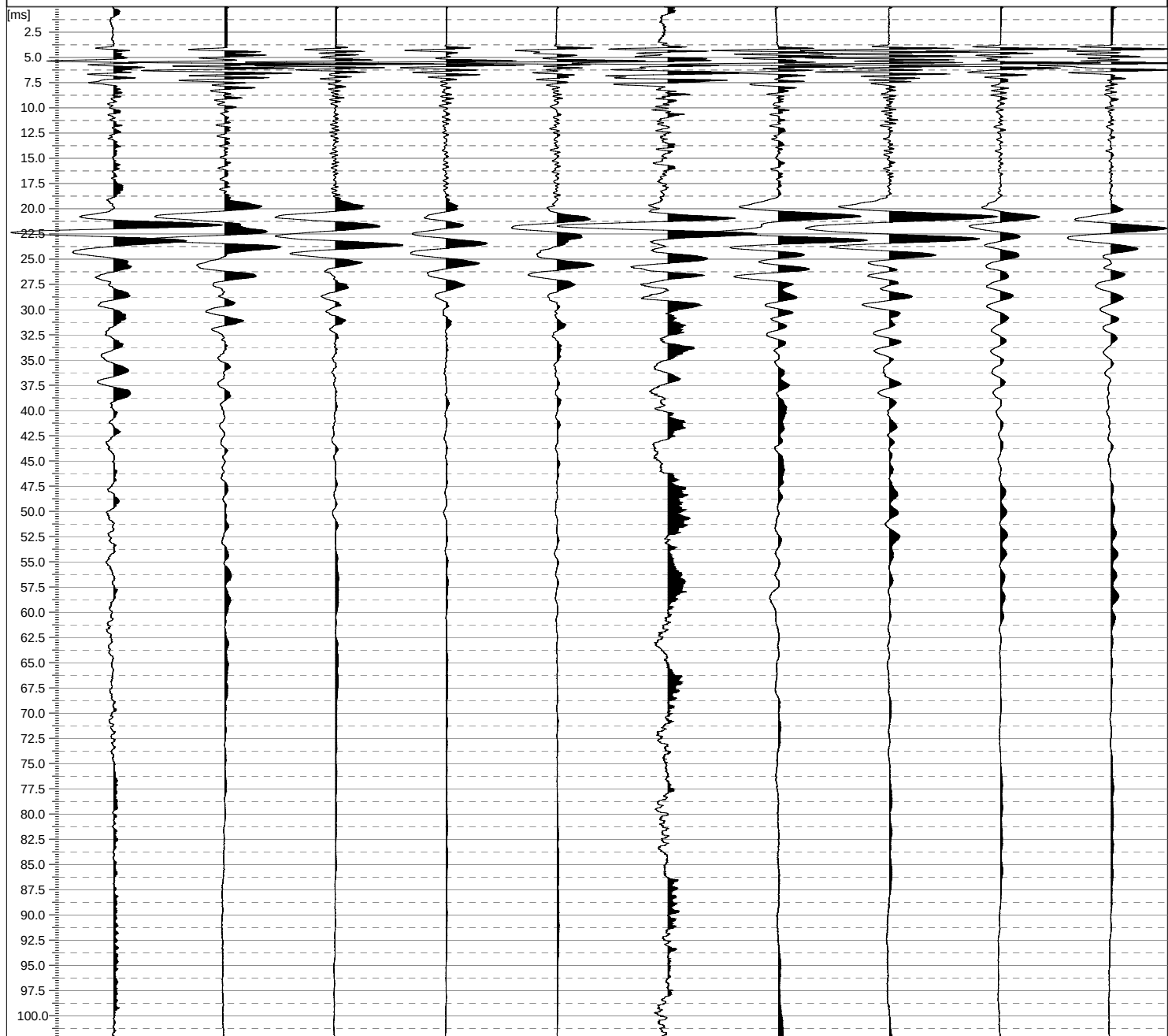


Instrument ID: ABEM Instrument AB Terraloc <Not defined>

Record: A14-OC3S2_35m
Sample interval [ms]: 0.025
No of samples: 4096
Delay [ms]: 0.000
Lowcut filter:
Notch filter:

Date: 2010-12-07
Time: 12:19:13

Job ID: A14 - Raccordo Bologna Ravenna
Client: SPEA Ingegneria Europea S.p.A.
Company:
Observer:



DOWN HOLE Fase 1

PEOPLE MOVER

SIGLA	IMPRESA	ANNO
Sx (DH)	PROGEO	2010



SOGEO[®] S.R.L.

Sondaggi - Indagini geologiche e geotecniche

Via Edison, 1/1 48022 Lugo (RA)

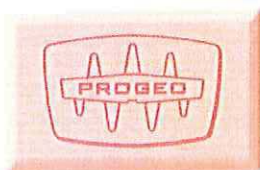
**SOCIETA' TRA
COOP. COSTRUZIONI SOC. COOP.
E
C.E.S.I. SOC. COOP.**

**PROGETTAZIONE E COSTRUZIONE
DI UNA INFRASTRUTTURA
DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA
PER IL COLLEGAMENTO TIPO PEOPLE MOVER
TRA L'AEROPORTO GUGLIELMO MARCONI
E LA STAZIONE CENTRALE FFSS DI BOLOGNA**

PROSPEZIONE GEOFISICA

**PROVE SISMICHE IN FORO
CON TECNICA DOWN-HOLE
(SONDAGGI S1-S3-S6)**

Impresa esecutrice delle indagini



PROGEO S.r.l.

Via Talele 10/8

47100 Forlì

tel. 0543 723580

fax. 0543 721486

Email: mail.progeo@gmail.com

Web www.progeo.info

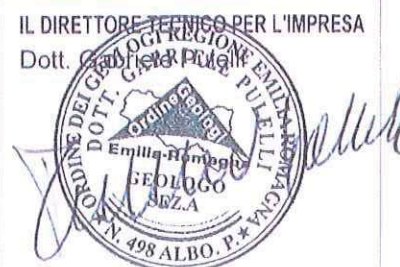


SISTEMA
DI GESTIONE
CERTIFICATO
REG. N. 2619 - A
UNI EN ISO 9001 - 2000

DATA: Gennaio 2010 (archivio 914)

IL DIRETTORE TECNICO PER L'IMPRESA

Dott. *Gabriele Pizzoli*



INDICE

1.	INDICAZIONI GENERALI.....	3
2.	NORMATIVA ANTISISMICA	3
3.	PROVE IN FORO CON TECNICA DOWN HOLE	6
3.1.	<i>Modalità operative.....</i>	6
3.1.1.	Sorgente di energia.....	6
3.1.2.	Apparato di ricezione	6
3.1.3.	Operazioni di campagna.....	7
3.1.4.	Acquisizione dati.....	7
3.2.	<i>Elaborazione dati</i>	8
3.2.1.	Preprocessing	9
3.2.2.	Processing tomografico	12
3.3.	<i>Elaborazione dei log di Vs, Vp e dei moduli elastici dinamici</i>	14
3.4.	<i>Elaborati prove down hole.....</i>	16
4.	CONCLUSIONI	18

SOGEO s.r.l.

**Sondaggi – Indagini geologiche e geotecniche
VIA EDISON 1/1 48022 LUGO (RA)**

**SOCIETA' TRA
COOP.COSTRUZIONI SOC. COOP. E C.E.S.I. SOC. COOP.**

**PROGETTAZIONE E COSTRUZIONE
DI UNA INFRASTRUTTURA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA
PER IL COLLEGAMENTO TIPO PEOPLE MOVER
TRA L'AEROPORTO GUGLIELMO MARCONI
E LA STAZIONE CENTRALE FFSS DI BOLOGNA**

**PROSPEZIONE GEOFISICA
PROVE SISMICHE IN FORO CON TECNICA DOWN HOLE
(SONDAGGI S1-S3-S6)**

1. INDICAZIONI GENERALI

Allo scopo di caratterizzare dal punto di vista elastico i materiali sedimentari su cui si dovranno erigere le nuove infrastrutture di trasporto rapido "People Mover" è stata realizzata a scopo integrativo una indagine geofisica in foro con tecnica down hole.

L'indagine down hole è stata effettuata, fino alla profondità accessibile alla strumentazione (30 m), nei fori di sondaggio denominati S1, S3 e S6.

Per la prova in foro con tecnica down hole è stata utilizzata una sonda Progeo nella quale sono inseriti, ed opportunamente isolati dal corpo della sonda stessa, una tripletta di ricevitori (uno verticale e due orizzontali ortogonali fra loro) determinando così ad ogni step di misura il tempo di arrivo e quindi i singoli valori di velocità sia dell'onda di compressione (per il ricevitore verticale) sia dell'onda di taglio (per i ricevitori orizzontali).

Le indagini geofisiche sono state finalizzate quindi, in funzione della classificazione del suolo di fondazione della struttura, alla determinazione in dettaglio delle variazioni verticali di velocità sismica delle onde di compressione (V_p) e delle onde di taglio (V_{sh}) per ricavare moduli e parametri elastici dinamici (Elasticità E_{din} , Taglio G_{din} , Compressibilità K_{din} , Coefficiente di Poisson ν).

2. NORMATIVA ANTISISMICA

La caratterizzazione dei materiali in oggetto, vista l'elaborazione su tutta la profondità delle onde di taglio S, può quindi soddisfare anche i requisiti relativi all'entrata in vigore della nuova normativa antisismica (P.C.M. – Ordinanza n° 3341 del 14 settembre 2005 e successive modifiche fino al recente D.M. 14 gennaio 2008)) come classificazione dei terreni locali.

Nel particolare, l'oggetto della norma qui di seguito riportata, disciplina la progettazione e la costruzione di opere d'arte soggette ad azioni sismiche, nonché la valutazione della sicurezza e gli interventi di adeguamento su opere esistenti soggette al medesimo tipo di azioni sismiche.

Al § “Categorie di suolo di fondazione” si fa espresso riferimento ad indagini sismiche allo scopo di classificare il suolo di fondazione sulla base del valore di $V_{s,30}$ cioè del valore medio della velocità delle onde di taglio fino a 30 metri di profondità e comunque fino alla profondità significativa.

Riportiamo di seguito il paragrafo 5 d’interesse dell’ordinanza suindicata riferito ai ponti (analogo paragrafo è quello al cap. 3 riferito agli edifici).

2.1 Categorie di suolo di fondazione

Ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l’effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel § 7.11.3. In assenza di tali analisi, per la definizione dell’azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull’individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III).

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo¹, ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio (definita successivamente) entro i primi 30 m di profondità.

Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell’opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata. Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (Standard Penetration Test) SPT_{30N} (definito successivamente) nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$ (definita successivamente) nei terreni prevalentemente a grana fina.

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definite al § 3.2.3 delle presenti norme. Per sottosuoli appartenenti alle ulteriori categorie S1 ed S2 di seguito indicate

(Tab. 3.2.III), è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < e_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

La velocità equivalente delle onde di taglio V_{s30} è definita dall'espressione

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Il sito verrà classificato sulla base del valore di V_{s30} , se disponibile, altrimenti sulla base del valore di NSPT.

3. PROVE IN FORO CON TECNICA DOWN HOLE

3.1. Modalità operative

La tecnica down-hole prevede la misura dei tempi di propagazione delle onde di compressione (P) e di taglio (S) tra il punto di energizzazione in superficie (shot) ed il punto di ricezione mobile in profondità entro il foro di sondaggio.

L'indagine geofisica è finalizzata quindi alla determinazione in dettaglio delle variazioni verticali di velocità sismica delle onde di compressione (V_p) e delle onde di taglio (V_s) in corrispondenza del sondaggio nonché alla determinazione complementare (mediante le relazioni che collegano tra loro i valori di V_p e di V_s) dei moduli elastici dinamici – modulo di elasticità (E_{din}), modulo di taglio (G_{din}) e modulo di compressibilità (K_{din}) – nonché del coefficiente di Poisson (ν), utili per la caratterizzazione dinamica del sottosuolo.

3.1.1. Sorgente di energia

Nei pressi della verticale di misura è stato generato ad ogni step di misura (ogni metro) un treno d'onda polarizzato sia orizzontalmente sia verticalmente.

Infatti, per effettuare le operazioni di acquisizione dati, è necessario utilizzare una sorgente di energia a polarizzazione verticale ed orizzontale: con la prima si generano onde di compressione P mentre con la seconda onde di taglio S.

Nel caso in esame si è scelta una sorgente di energia che potesse garantire una buona risposta sismica in alta frequenza oltre a caratteristiche dinamiche ripetitive simili; il generatore usato e denominato "Hammer Blow" è rappresentato da un maglio di 8 Kg usato da un operatore e lasciato cadere con forza da circa 2 m su una piastra di acciaio per la generazione delle onde di compressione ed orizzontalmente, colpendo un supporto solidale per attrito radente al terreno, (trave in legno con sopra un autocarro) per quelle di taglio.

3.1.2. Apparato di ricezione

E' stata utilizzata una strumentazione appositamente costruita e provvista di un apposito meccanismo di ancoraggio alle pareti del foro che è stata mobilizzata lungo la verticale del sondaggio a partire dalla massima profondità accessibile alla strumentazione stessa.

La sonda calettata in foro contiene un gruppo di sensori noto con il nome di "Geofono 3D".

Lo strumento utilizzato è costituito da 3 sensori a frequenza di 14 Hz disposti tridimensionalmente rispetto all'asse del foro di cui 2 orizzontali (H1 e H2) a 90° ed 1 verticale (V).

Oltre alla sonda calettata entro il foro è stato utilizzato in superficie un accelerometro, applicato all'apparato energizzatore, il quale costituisce il dispositivo di trigger per l'inizio della registrazione e 6 geofoni di riferimento (geofoni del t_0), posizionati nelle vicinanze della bocca del foro che sono rimasti fissi per tutte le misure effettuate nel sondaggio e che costituiscono il dispositivo di controllo affinché tutti gli impulsi sismici siano in fase per le correzioni nella fase di preprocessing.

3.1.3. Operazioni di campagna

Eseguito il collegamento del cavo elettrico per i 3 canali della sonda 3D allo switch di selezione canali posizionato tra il sismografo e la sonda stessa e collegati altresì al medesimo switch i cavi elettrici sia per i 6 geofoni di riferimento in superficie sia per il dispositivo del time break sull'apparato energizzatore si è effettuato il posizionamento della sonda 3D fino alla massima profondità accessibile, ancorandola alle pareti del foro, e si sono realizzati alcuni shot di prova allo scopo di tarare i parametri di acquisizione dello strumento di registrazione dati.

Effettuata la taratura della strumentazione si è proceduto alla prospezione down-hole.

A partire dalla massima profondità accessibile alla sonda 3D entro il foro, si è effettuato quindi lo shot sia in verticale su piastra per acquisizione onde P sia in orizzontale su entrambi gli estremi del supporto solidale per attrito radente al terreno, (trave in legno con sopra un autocarro) per quelle di taglio S, registrando il segnale sull'hard disk del p.c. collegato al sismografo.

Tale procedura è continuata in risalita, con registrazione degli impulsi sismici delle onde di compressione e di taglio ad intervalli di 1 m fino a bocca foro.

3.1.4. Acquisizione dati

Gli impulsi sismici ricevuti dalla sonda in foro sono stati acquisiti utilizzando una apparecchiatura EG&G Geometrics GEODE (a 24 canali) dotata di estremo dettaglio di campionatura (0.018 millisecc) collegata ad un computer portatile Compaq Presario 1500 che ha consentito, dopo amplificazione, conversione analogico/digitale e filtraggio, di trasferire e registrare i dati su supporto magnetico.

Gli impulsi sismici ricevuti dalla sonda in profondità nel foro sono stati acquisiti ad ogni metro di profondità e, dopo amplificazione, conversione analogico/digitale e filtraggio, trasferiti e registrati su P.C.

I files dei dati sono stati così realizzati:

- | | | |
|----------|---|---|
| canale 1 | - | segnale del geofono verticale (V); |
| canale 2 | - | segnale del geofono orizzontale (H1); |
| canale 3 | - | segnale del geofono orizzontale (H2); |
| canale 4 | - | segnale del geofono verticale di riferimento a 0 m dal punto di shot; |
| canale 5 | - | segnale del geofono verticale di riferimento a 1 m dal punto di shot; |
| canale 6 | - | segnale del geofono verticale di riferimento a 2 m dal punto di shot; |
| canale 7 | - | segnale del geofono orizzontale di riferimento a 0 m dal punto di shot; |
| canale 8 | - | segnale del geofono orizzontale di riferimento a 1 m dal punto di shot; |
| canale 9 | - | segnale del geofono orizzontale di riferimento a 2 m dal punto di shot. |

Il punto di shot con l'apparato energizzatore è stato effettuato a distanza di 2 m dal sondaggio stesso.

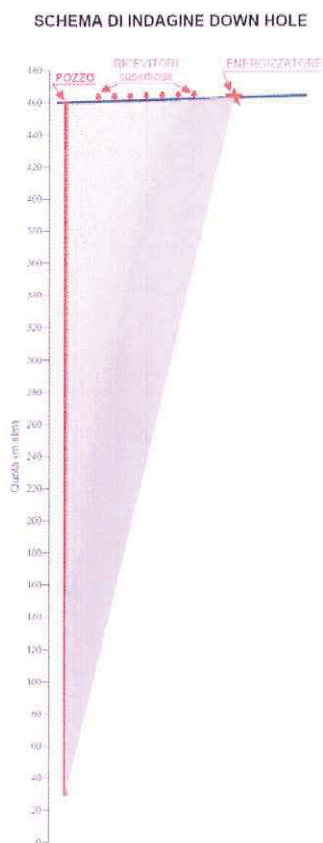
Ad ogni step di misura si sono effettuate due energizzazioni: una ortogonale rispetto alla superficie del piano campagna che ha generato un treno di onde di compressione (P) ed una parallela al piano campagna che ha generato un treno di onde di taglio polarizzate sul piano orizzontale (Sh).

Per ogni energizzazione si è registrato un sismogramma; quindi ci saranno sismogrammi sui quali sarà possibile determinare gli arrivi dell'onda di compressione (P) ed altri sui quali sarà possibile determinare gli arrivi dell'onda di taglio (Sh).

Infatti, per ogni step di misura di 1 m in profondità si sono potuti analizzare i first break imputabili all'arrivo dell'onda di compressione (P) sul geofono del canale 1 (V) mentre sui geofoni (H1) e (H2) dei canali 2 e 3 si è analizzato l'impulso relativo all'onda di taglio (S).

Per evidenziare un ottimo arrivo delle onde di taglio è necessario avere una relativamente bassa amplificazione per i geofoni H; questi avranno una bassa sensibilità alla componente verticale dell'onda di compressione ed invece un'ottima sensibilità per la componente orizzontale dell'onda di taglio.

Vedasi lo schema dell'indagine down hole qui di seguito riportato.



3.2. Elaborazione dati

Il procedimento elaborativo si sviluppa fondamentalmente in due fasi.

1) Elaborazione sismogrammi:

- display sismogrammi,
- fast fourier transform (F.F.T.),
- convoluzione,
- lettura first break.

L'ultimo punto è quello che produce le dromocrone (grafici tempi-distanze) per l'analisi del down-hole.

2) Elaborazione della sezione down-hole:

- analisi delle velocità – generalizzazione tempo-profondità,
- routine di ottimizzazione,
- routine per trasferimento dati in un sistema C.A.D..

Esprimendo in parole i punti sopraindicati si può affermare che una volta ottenute le velocità delle onde di compressione (V_p) e di taglio (V_s) entro il foro di sondaggio vengono calcolate tramite programmi all'elaboratore le distribuzioni areali di V_p e V_s (=variazioni di consistenza del materiale) ottimizzando l'elaborazione mediante assemblaggio delle risultanze di una molteplicità di registrazioni sismiche e tramite trasformazioni dei dati da valori numerici ad informazioni grafiche per plot delle risultanze.

Come si è visto il procedimento elaborativo si sviluppa fondamentalmente in due fasi: la prima è relativa allo studio delle tracce sismiche, la seconda riguarda lo studio delle velocità V_p e V_s lungo la verticale del foro.

Vengono riportati qui di seguito i principali step dell'elaborazione dove viene fatta una differenziazione del materiale in celle unitarie (una cella per ogni sensore).

3.2.1. Preprocessing

In questa fase si utilizzano sia programmi originali all'elaboratore sia routine sviluppate dalla I.C.I. (Interactive Concepts Incorporated) distribuite dal Kansas Geological Survey.

a) Traduzione tracce sismiche

Questa fase di preprocessing permette di convertire il formato con cui i dati sismici sono registrati dal sismografo EG&G GEOMETRICS GEODE in quello dei programmi elaborativi.

b) Gathering dei canali 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

Fase di preprocessing nella quale vengono riunite le tracce omologhe dei sismogrammi acquisiti in un unico file di dati: si realizzano pertanto n° 9 file, ognuno dei quali rappresenta la raccolta di tutte le tracce corrispondenti.

- | | |
|----------|--|
| Gather 1 | traccia 1 (onda di compressione P ricevuta dal geofono verticale V nella sonda 3D alle varie profondità nel foro); |
| Gather 2 | traccia 2 (onda di taglio S ricevuta dal geofono orizzontale H1 nella sonda 3D alle varie profondità nel foro); |
| Gather 3 | traccia 3 (onda di taglio S ricevuta dal geofono orizzontale H2 nella sonda 3D alle varie profondità nel foro); |
| Gather 4 | traccia 4 (onda di compressione P ricevuta dal geofono verticale in superficie a 0 m dal punto di shot = primo riferimento " T_0 " per correzioni time break); |
| Gather 5 | traccia 5 (onda di compressione P ricevuta dal geofono verticale in superficie a 1 m dal punto di shot = secondo riferimento " T_0 " per correzioni time break); |
| Gather 6 | traccia 6 (onda di compressione P ricevuta dal geofono verticale in superficie a 2 m dal punto di shot = terzo riferimento " T_0 " per correzioni time break); |
| Gather 7 | traccia 7 (onda di compressione P ricevuta dal geofono verticale in superficie a 3 m dal punto di shot = quarto riferimento " T_0 " per correzioni time break); |
| Gather 8 | traccia 8 (onda di compressione P ricevuta dal geofono verticale in superficie a 4 m dal punto di shot = quinto riferimento " T_0 " per correzioni time break); |
| Gather 9 | traccia 9 (onda di compressione P ricevuta dal geofono verticale in superficie a 5 m dal punto di shot = sesto riferimento " T_0 " per correzioni time break). |

c) *Analisi dei singoli gather*

Viene scelto, sulla base del migliore segnale, il gather tra i 6 relativi ai geofoni posizionati in superficie sul quale ricavare, traccia per traccia, la correzione da apportare, in millisecondi alle corrispondenti tracce 1, 2 e 3 (della stessa profondità) relative ai diversi shot effettuati in ciascun foro per investigare l'intera profondità.

L'analisi, che si sviluppa con criteri statistici, definisce un termine di riferimento 0 e gli spostamenti positivi o negativi di ciascuna traccia.

d) *Analisi spettrale (F.F.T.)*

Vengono realizzate le analisi spettrali in frequenza (Fast Fourier Transform) di alcune tracce campione relative ai gather 1, 2 e 3 a finestre sia nei settori con rumore di fondo sia in quelli con segnale utile (onda P e onda S).

Note queste frequenze fondamentali si procede alla costruzione di appositi filtri digitali per ridurre il rumore di fondo ed esaltare i segnali utili.

e) *Stacking canali 2 e 3*

Somma dei canali 2 e 3 (orizzontali) con rotazione dell'asse di vibrazione lungo la direzione della massima fase coerente.

Il procedimento viene realizzato mediante elaborazioni statistiche con ricerca automatica delle massime fasi coerenti delle onde di taglio (S).

Si ottiene pertanto un nuovo e unico file di dati (canale 10) delle onde di taglio.

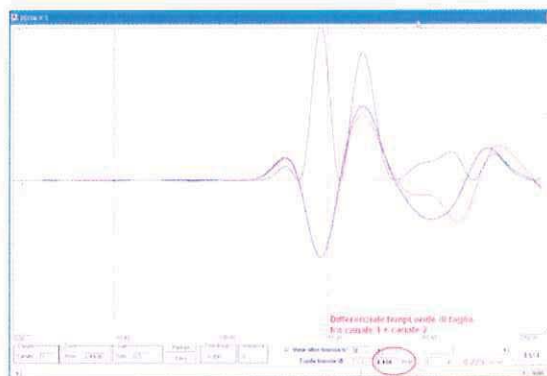
Il procedimento elaborativo dei dati viene sviluppato secondo la tecnica differenziale (cross correlazione).

Tale tecnica viene normalmente impiegata allo scopo di aumentare il grado di affidabilità nella valutazione dei tempi.

Mediante una opzione, realizzata appositamente dalla Progeo, del software di lettura dei sismogrammi (Seisview), si selezionano le due tracce omologhe delle onde S realizzate alla stessa profondità ma con polarità o verso opposto le quali, una volta selezionate, vengono mostrate a monitor sovrapposte; lo step successivo consiste nel far "scorrere" sull'asse dei tempi (asse x) una delle due tracce omologhe e, variando opportunamente l'ampiezza del segnale registrato (asse y), ricercare le migliori analogie di pattern tra le due tracce nel tratto più immediato (dopo la fase di quiete) relativo all'impulso ottenuto dallo shot in superficie.

In pratica, si procede con una serie di passaggi di Cross Correlazione a finestre variabili tra le due tracce selezionate allo scopo di individuare la massima rassomiglianza tra gli arrivi omologhi e determinare quindi la massima verosimiglianza tra le tracce stesse.

Nell'immagine riportata qui a lato è presentato un esempio di tale tecnica elaborativa riferito ad una finestra di analisi relativa alle onde di taglio; in ciano e magenta sono riportate le due tracce sismiche omologhe mentre la traccia in nero è il modulo della somma delle due precedenti e può essere utile nelle operazioni di cross correlazione.



f) **First break peak canali 1 e 10**

Lettura dei primi arrivi dell'onda di compressione P e di taglio S. Nei nuovi files di dati creati al punto b) e al punto e) dall'assemblaggio (merge) delle varie tracce sismiche vengono considerati i files dei canali 1 (assemblaggio onde P) e dei canali 10 (assemblaggio onde S).

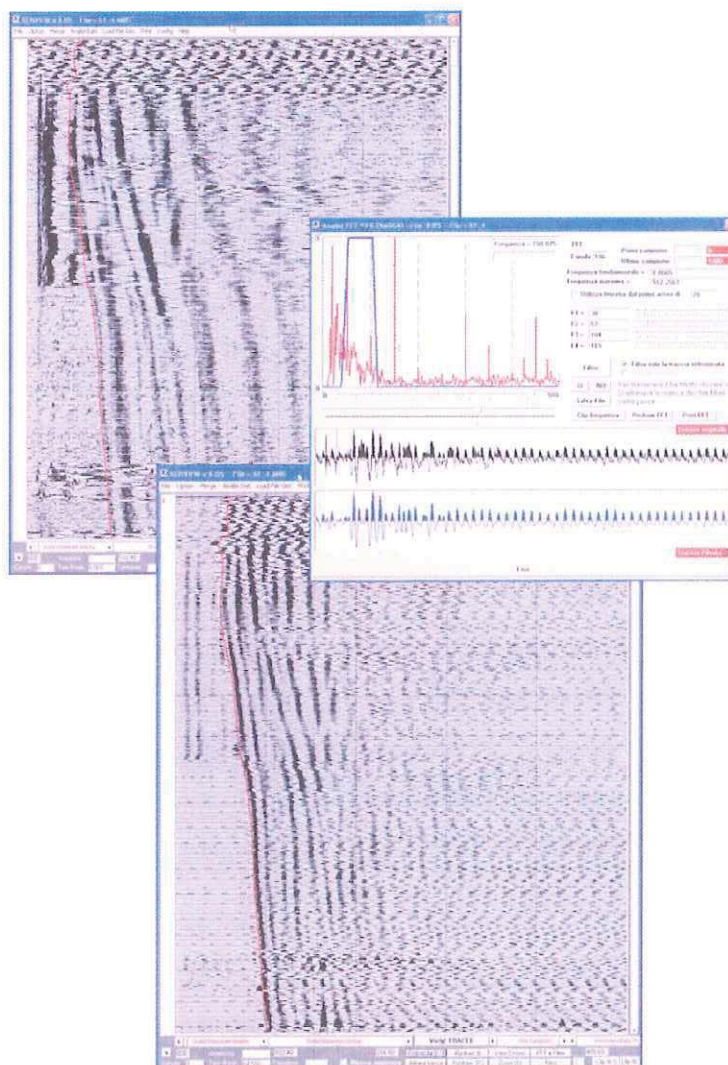
g) **Muting**

Operazione che riduce il segnale sismico dal tempo 0 al time break letto sulle singole tracce al passo (f) e che accentua visivamente i primi arrivi. Viene così ridotto il disturbo aleatorio costituito da rumore di fondo non eliminabile dall'operatore in fase di filtraggio (punto c) in quanto caratterizzato dalle stesse frequenze del segnale utile.

h) **Plot**

Stampa finale delle tracce sismiche relative alle onde di compressione e di taglio.

Qui di seguito è presentato un esempio di assemblaggio di tracce sismiche di una prova down hole prima e dopo la fase di analisi F.F.T. (operazione di filtraggio delle tracce sismografiche).



Processing sismogrammi

3.2.2. Processing tomografico

Questo consiste nell'interpretazione dei tempi di arrivo delle onde di compressione P e di taglio S. Per l'analisi di questi dati sono stati utilizzati programmi al calcolatore di utilità, originali della Progeo. Il procedimento di calcolo si sviluppa secondo i seguenti step.

i) Definizione della geometria della ricerca

- coordinate del sensore in pozzo (3D),
- posizionamento punto di shot.

l) Input tempi di arrivo onde P e onde S

Realizzazione dei file dei dati relativi ai tempi di arrivo delle onde P ed S associate alle coordinate spaziali delle stazioni di misura.

m) Input modello di velocità

In base alle conoscenze stratigrafiche e sismiche vengono definiti degli intervalli a velocità costante lungo l'asse del foro in funzione dei quali viene realizzato il ray tracing (step n).

n) Ray tracing

Vengono create le traiettorie dei raggi sismici in base ai modelli di velocità definiti allo step m). Per il calcolo si sono utilizzati i seguenti parametri:

- anisotropia ellittica (massima velocità in senso verticale)
- tolleranza lineare (.05%)
- tolleranza angolare (1")
- numero di iterazioni (500)
- multi pathing (on)
- plane layer (on)

o) Definizione dei parametri di calcolo

Il programma utilizzato necessita, per il calcolo della sezione in profondità lungo la verticale del foro e in funzione dei valori di velocità, dei seguenti parametri di calcolo:

- definizione tipo di griglia (1 cella ogni 1 metro)
- tipo di anisotropia del mezzo investigato (verticale)
- numero di iterazioni (500)
- algoritmo di calcolo (S.I.R.T.)

L'algoritmo S.I.R.T. (Simultaneous Iterative Reconstruction Technique) crea un'immagine di velocità apprezzabile, sufficientemente stabile e che converge velocemente verso i valori sperimentali.

p) Analisi delle risultanze

Queste vengono inizialmente valutate dal punto di vista statistico attraverso gli scarti quadratici e le varianze dei tempi calcolati rispetto a quelli definiti in input.

In base a tali valori possono essere modificati i parametri di calcolo per una migliore ottimizzazione.

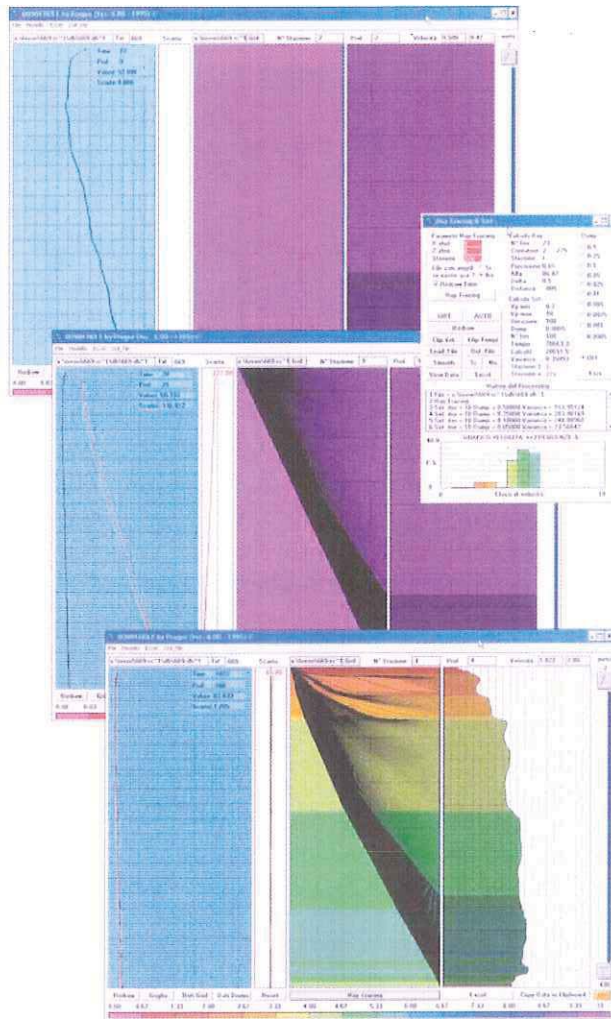
Si passa in seguito all'analisi delle velocità intergeofoniche relative alle onde P ed S dalla quale si ricava un modello di velocità più adeguato (a tale modello si farà riferimento in seguito come velocità intervallari).

Il calcolo riprende perciò dallo step m) con l'input del nuovo modello di velocità e si procede fino a quando gli scarti e le varianze divengono minimi.

q) *Predisposizione tabelle e grafici dei dati*

I dati calcolati al punto p) vengono riportati in un foglio elettronico appositamente predisposto allo scopo di calcolare i moduli elastici relativi e graficizzare le risultanze.

Qui di seguito è riportato un esempio dei vari step di analisi ed elaborazione dei dati.



Processing tomografico Down Hole

3.3. Elaborazione dei log di Vs, Vp e dei moduli elastici dinamici

Dopo aver inserito nel programma elaborativo le geometrie di ricerca (distanza punto di energizzazione in superficie, coordinate della sonda in profondità) ed elaborato per ciascun canale di ricezione i tempi di arrivo dell'energia sismica prodotta dalla superficie topografica, sono state realizzate tabelle e diagrafie (per step di misura di metro) relative ai parametri sismici cinematici Vp e Vs ed ai corrispondenti moduli elastici dinamici che si possono ottenere dalle interrelazioni che collegano le velocità delle onde di compressione e quelle di taglio.

Infatti, per la caratterizzazione del sito e del terreno in esame, specialmente in termini di deformabilità dei materiali in associazione ai dati geotecnici e/o di prove di laboratorio su campioni prelevati nei sondaggi geognostici, può essere opportuno fornire al Committente altri parametri (oltre ai singoli valori di velocità sismica) che la prova down hole è in grado di fornire contemporaneamente alla rilevazione delle velocità di propagazione delle onde sismiche (Vp e Vs) nel sottosuolo.

Si tratta dei Moduli elastici dinamici del terreno i quali possono contribuire ad una migliore definizione dei carichi e delle spinte da parte del manufatto sul terreno di fondazione.

Attraverso la determinazione sia delle velocità delle onde di compressione sia delle velocità delle onde di taglio è possibile ricavare i seguenti parametri (per ulteriori dettagli si veda, tra i più recenti, "The rock physics handbook – tools for seismic analysis in porous media" di G. Mavko, T. Mukerji e J. Dvorkin, Cambridge University Press, UK, pp. 1-329, 1998):

- Coefficiente di Poisson	(ν)	
- Peso di volume	(γ_{din})	in t/m ³
- Modulo di Elasticità dinamico	(E_{din})	in Kg/cm ²
- Modulo di Taglio dinamico	(G_{din})	in Kgcm ²
- Modulo di Compressibilità dinamico	(K_{din})	in Kgcm ²

Il Coefficiente di Poisson (ν), noto come la costante che lega le deformazioni in un corpo, può essere collegato, da un punto di vista bidimensionale, ad uno sforzo di trazione, che causa nel corpo stesso un allungamento in una direzione e un raccorciamento nell'altra, o ad uno sforzo di compressione che, analogamente, determina una contrazione in una direzione e una dilatazione nella direzione opposta.

Tale parametro, pur essendo complicata una sua completa valutazione in quanto si riferisce ad un mezzo trifasico (solido + acqua + gas) di cui normalmente non sono note le percentuali, può presentare un range di variazione compreso tra un massimo di 0.5 ed un minimo di 0.

A livello indicativo il valore di 0.5 è caratteristico di materiali che si deformano senza cambiamenti di volume (es. acqua) e principalmente materiali saturi, valori leggermente inferiori (0.47 - 0.49) sono tipici di argille o materiali molto saturi; valori inferiori sono indicativi di materiali da poco consolidati a sovraconsolidati.

Per le rocce si presentano range di variazioni molto ampi collegati in particolare sia al grado di fratturazione sia alla presenza di cavità, stratificazioni e litologie e comunque tra (0.46 e 0.20).

In funzione di Vp e di Vs il parametro è definito dalla seguente relazione:

$$\text{Coefficiente di Poisson} \quad \nu = \frac{V_p^2 - 2 \cdot V_s^2}{2 \cdot (V_p^2 - V_s^2)}$$

Il *Peso di volume* (γ_{din}) del terreno può essere indicativamente ricavato, in via empirica, anche dalla velocità delle onde di compressione sulla base della seguente relazione:

$$\text{Peso di volume} \quad \gamma_{din} = 0.51 \cdot V_p^{0.19} \quad (\gamma_{din} \text{ in T/m}^3).$$

Da tale relazione si può ottenere anche la densità geofisica, intesa come:

$$\text{Densità geofisica} \quad \delta_{din} = \frac{\gamma}{g} \quad (g = 9.8 - \text{accelerazione di gravità m/sec}),$$

la quale viene utilizzata come parametro nelle formule per ricavare i moduli di elasticità e di taglio.

Il *Modulo di Young* o di *Elasticità normale* E_{din} definisce la *deformazione longitudinale* di un corpo, intesa come il rapporto tra l'allungamento (o l'accorciamento) e la lunghezza originale del corpo stesso; in funzione dei valori della velocità delle onde di compressione V_p , della densità geofisica e del coefficiente di Poisson il parametro è definito dalla seguente relazione:

$$\text{Modulo di Elasticità} \quad E_{din} = V_p^2 \cdot \delta_{din} \cdot \frac{(1 + \nu) \cdot (1 - 2\nu)}{(1 - \nu)} \quad (E_{din} \text{ in Kg/cm}^2).$$

Il *Modulo di Taglio* o di *Rigidità* G_{din} definisce invece la *deformazione tangenziale* di un corpo, intesa come l'angolo di cui ruota il corpo stesso in seguito ad uno sforzo di taglio; in funzione dei valori della velocità delle onde di taglio V_s e della densità geofisica il parametro è definito dalla seguente relazione:

$$\text{Modulo di Taglio} \quad G_{din} = \delta_{din} \cdot V_s^2 \quad (G_{din} \text{ in Kg/cm}^2).$$

Infine, il *Modulo di Compressibilità* o *Modulo di Volume* è quel parametro ottenibile se lo sforzo viene applicato tridimensionalmente (lungo tutti i tre assi cartesiani) generando una pressione idrostatica uniforme con la quale si avranno componenti dello sforzo uguali e con deformazione rappresentata da una variazione di volume la quale può essere indicata numericamente dall'inverso del coefficiente di compressibilità; utilizzando i valori del modulo di elasticità e del coefficiente di Poisson il parametro è definito dalla seguente relazione:

$$\text{Modulo di Compressibilità} \quad K_{din} = \frac{E_{din}}{3 \cdot (1 - 2 \cdot \nu)} \quad (K_{din} \text{ in Kg/cm}^2).$$

I moduli dinamici così calcolati risultano comunque sempre più elevati di quelli statici forniti da prove di carico in situ in quanto gli impulsi sismici sono di breve durata e le sollecitazioni ad essi associate sono relativamente modeste e rientrano nel campo delle deformazioni istantanee.

Il modulo di taglio G_{din} , oltre ad essere utilizzato nel campo geotecnico per lo studio delle resistenze al taglio dei materiali detritici e lapidei, viene impiegato nello studio di microzonazioni sismiche in particolare nel calcolo delle seguenti relazioni relative alla valutazione dei parametri caratteristici sia di spessori (H) sia di interfacce stratigrafiche (nel qual caso vengono utilizzati i parametri elastici di G_{din} dei due strati):

Rigidità sismica

$$R = \gamma_t \cdot V_s \equiv \delta_{din} \sqrt{\frac{G_{din}}{\delta_{din}}} \quad (R \text{ in t/(m}^2 \cdot \text{sec)})$$

Periodo proprio

$$T = \frac{4H}{\sqrt{\frac{G_{din}}{\delta_{din}}}} \quad (T \text{ in sec})$$

Rapporto di Impedenza

$$\lambda = \frac{\delta_{din1} \cdot G_{din1}}{\delta_{din2} \cdot G_{din2}} \quad (\lambda \text{ adimensionale})$$

Il modulo di compressibilità K_{din} o di deformabilità volumetrica è confrontabile con quello ottenuto da prove di compressione idrostatica realizzabili mediante prove triassiali non drenate nella fase iniziale del carico (fase elastica) e quindi è comparabile al modulo idrostatico di compressibilità geotecnico B o, inversamente, al coefficiente o indice di compressibilità C_c .

3.4. Elaborati prove down hole

Nella documentazione down hole riportata al termine della presente relazione sono presentate in 3 tavole distinte i sismogrammi, le tabelle e i grafici relativi ai parametri geosismici e moduli elastici dinamici analizzati.

Nell'ordine e in dettaglio sono riportati in ciascuna delle 3 Tavole:

Sismogrammi

Sono rappresentati i sismogrammi delle onde di compressione (P) e di taglio (S), opportunamente trattati con operazioni di filtraggio e muting per evidenziare il segnale sismico utile ed eliminare i disturbi di fondo, con riportati gli f.b.p. dei primi arrivi (barretta rossa su ciascuna traccia dei sismogrammi) suddivisi in:

- sismogrammi onde di compressione P;
- sismogrammi onde di taglio S.

Tabelle

Sono rappresentate le tabelle numeriche dei parametri geofisici intergeofonici rilevati ogni 1 m di profondità ed intervallari medi per livelli stratigrafici principali con descrizione stratigrafica sintetica di riferimento.

Più in dettaglio, sono riportati in tabella numerica i seguenti dati distinti per colonna:

1. Profondità (step di misura 1 m);
2. V_p velocità onde di compressione (km/sec);
3. V_s velocità onde di taglio (km/sec);
4. ν coefficiente di Poisson;
5. γ peso di volume (t/m³);
6. E_{din} modulo di elasticità dinamico -Young- (kg/cm²);
7. G_{din} modulo di taglio dinamico (kg/cm²);
8. K_{din} modulo di compressibilità dinamico (kg/cm²);

Grafici

Sono rappresentati i grafici dei parametri elastici dinamici relativi ai valori di velocità delle onde di compressione (P) e di taglio (S) nonché ai valori dei moduli elastici dinamici (elasticità o di Young, taglio, compressibilità) e del coefficiente di Poisson; i log dei valori rilevati ogni metro di profondità lungo la verticale del foro sono riportati nel seguente ordine:

- velocità onde P e onde S;
- coefficiente di Poisson;
- modulo di elasticità E_{din} ;
- modulo di taglio G_{din} ;
- modulo di compressibilità K_{din} .

4. CONCLUSIONI

Per il progetto delle nuove infrastrutture di trasporto rapido "People Mover" a seguito della entrata in vigore della nuova normativa antisismica (NTC 2008 – D.M. del 14 gennaio 2008 http://www.ingegneriasoft.com/NTC2008_Norme_tecniche_per_le_costruzioni.htm) si sono eseguite indagini geofisiche per valutare le caratteristiche elastiche e di consistenza del sottosuolo in esame.

Le indagini geofisiche sono consistite nella realizzazione di tre prove in foro eseguita con tecnica down hole e spinta fino alla profondità massima raggiungibile dalla strumentazione (30 m) nei sondaggi S1, S3 e S6 realizzati allo scopo. L'indagine in oggetto ha consentito di ottenere una distribuzione nel sottosuolo, con partizioni ogni metro, delle velocità delle onde di taglio S nei primi 30 metri di profondità dal piano campagna.

E' stato determinato il valore di V_{s30} a partire dal un metro dal p.c. fino a fondo foro 30 m. da cui si ricava:

S1	$V_{s30} = 304 \text{ m/sec}$	Cat C
S3	$V_{s30} = 254 \text{ m/sec}$	Cat C
S6	$V_{s30} = 238 \text{ m/sec}$	Cat C

La caratterizzazione dei materiali in oggetto può quindi soddisfare i requisiti relativi alla entrata in vigore del nuovo decreto ministeriale.

PROGEO
Dott. Gabriele Pulelli



COMMITTENTE	Sogeo
DOWN HOLE	S1
Località	Bologna
Data acquisizione	28/01/2010

Codice lavoro 914

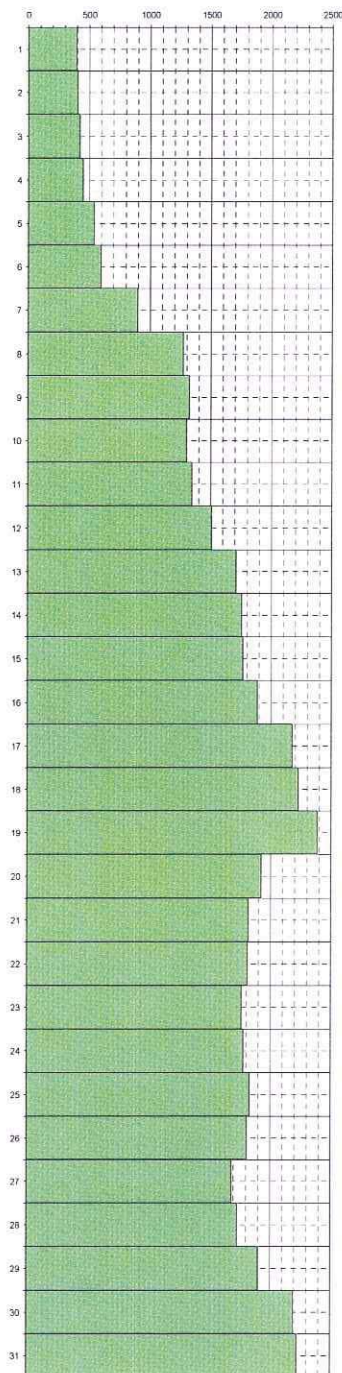


Profondità	Vp	Vs	v	γ	E _{din}	G _{din}	K _{din}
m/sec.	m/sec.			T/m³	Kg/cm²	Kg/cm²	Kg/cm³

0	395	110	0.46	1.59	571	196	2265
1	403	114	0.46	1.59	615	211	2358
2	423	118	0.46	1.61	666	228	2630
3	446	167	0.42	1.63	1311	462	2680
4	538	201	0.42	1.68	1968	694	4045
5	594	240	0.40	1.72	2827	1008	4829
6	896	256	0.46	1.86	3609	1240	13533
7	1269	345	0.46	1.98	7024	2405	29338
8	1321	382	0.45	2.00	8644	2972	31575
9	1298	427	0.44	1.99	10653	3701	29262
10	1343	442	0.44	2.00	11488	3991	31524
11	1506	418	0.46	2.05	10639	3648	42488
12	1709	431	0.47	2.10	11648	3973	57164
13	1756	412	0.47	2.11	10734	3649	61419
14	1765	437	0.47	2.11	12059	4109	61552
15	1888	434	0.47	2.14	12086	4105	72213
16	2174	428	0.48	2.20	12137	4101	100336
17	2223	432	0.48	2.21	12422	4196	105502
18	2384	420	0.48	2.23	11927	4019	124121
19	1923	306	0.49	2.15	6090	2048	78145
20	1814	316	0.48	2.12	6412	2160	68293
21	1810	267	0.49	2.12	4590	1541	68775
22	1762	283	0.49	2.11	5123	1723	64484
23	1777	296	0.49	2.11	5609	1888	65516
24	1829	319	0.48	2.13	6544	2204	69529
25	1805	349	0.48	2.12	7794	2632	66893
26	1681	385	0.47	2.09	9305	3160	56028
27	1726	444	0.46	2.10	12372	4224	58198
28	1902	480	0.47	2.14	14743	5028	72249
29	2187	584	0.46	2.20	22344	7644	97002
30	2221	590	0.46	2.21	22879	7824	100445
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							

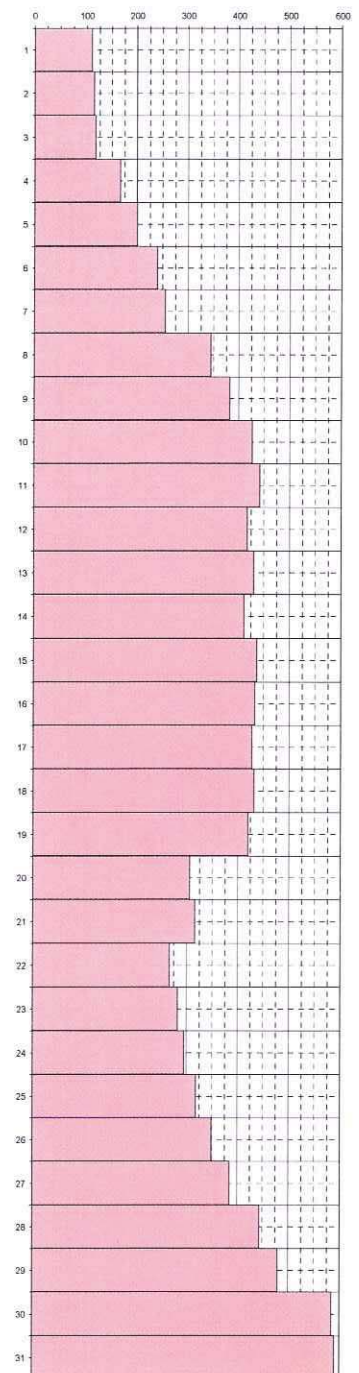
VELOCITA' ONDE DI COMPRESSIONE

m/sec



VELOCITA' ONDE DI TAGLIO

m/sec



Legenda parametri dinamici

Tp	Tempi onde di compressione	millisecondi	γ	Peso di volume	T/m³
Ts	Tempi onde di taglio	millisecondi	E _{din}	Modulo di Elasticità dinamico	Kg/cm²
Vp	Velocità onde di compressione	m/sec	G _{din}	Modulo di Taglio dinamico	Kg/cm²
Vs	Velocità onde di taglio	m/sec	K _{din}	Modulo di Compressibilità dinamico	Kg/cm³
v	Coefficiente di Poisson				

CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI (D.M. del 14/01/2008)

$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}} \quad Vs_{30} = 304 \quad \text{m/sec}$$

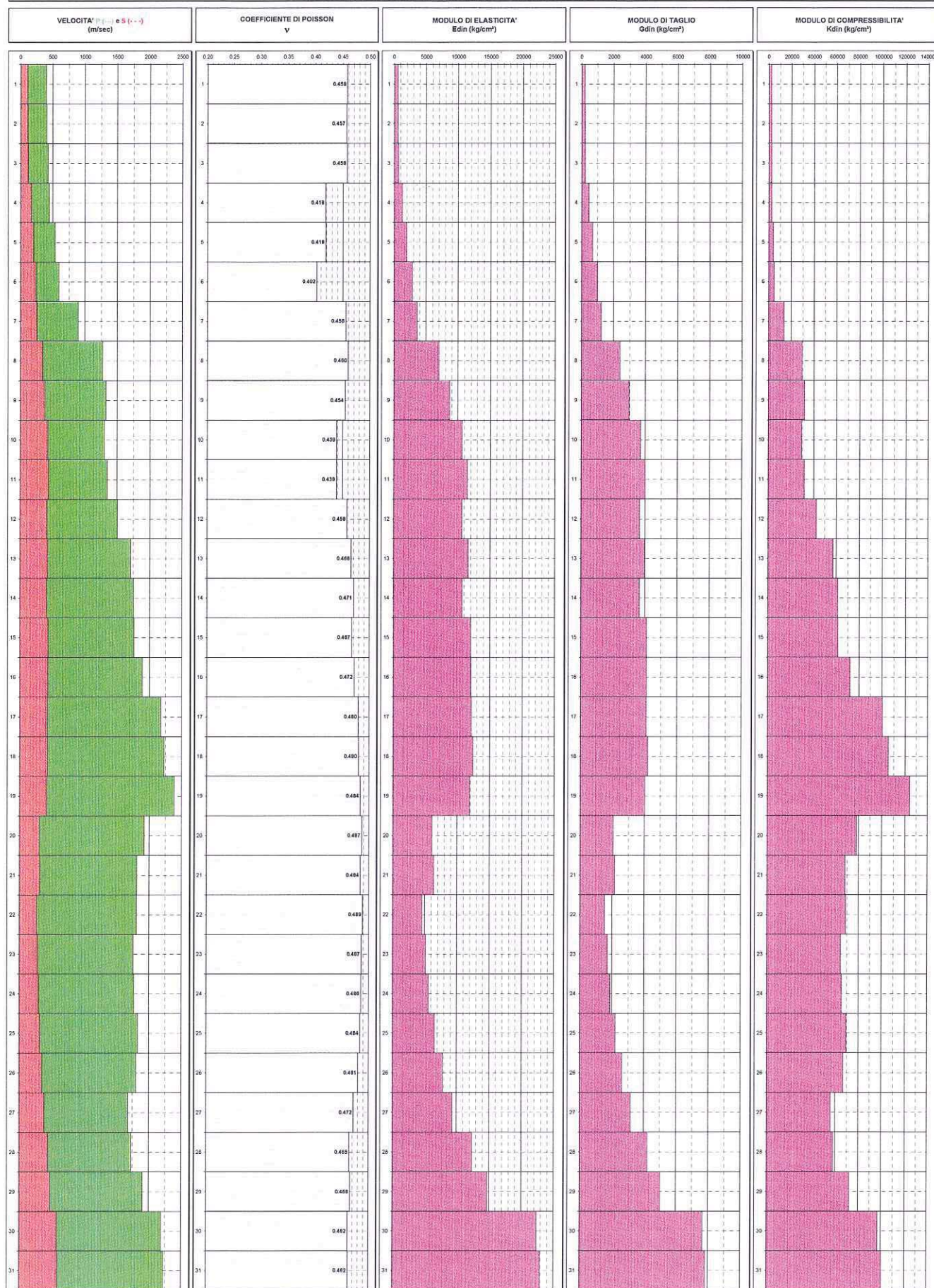
CATEGORIA SUOLO

= C

COMMITTENTE	Sogeo
DOWN HOLE	S1
Località	Bologna
Data acquisizione	28/01/2010



GRAFICI DEI PARAMETRI ELASTICI DINAMICI



COMMITTENTE	Sogeo
DOWN HOLE	S3
Località	Bologna
Data acquisizione	28/01/2010

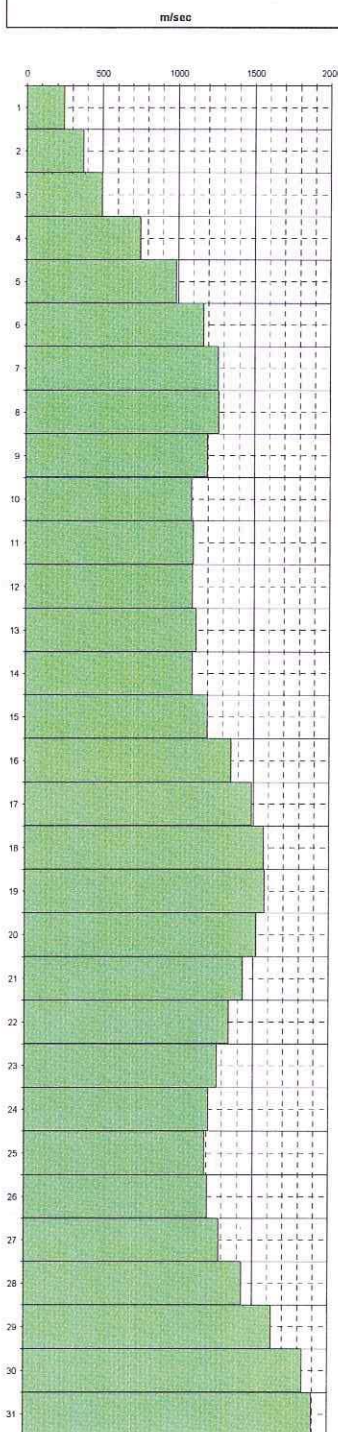
Codice lavoro 914



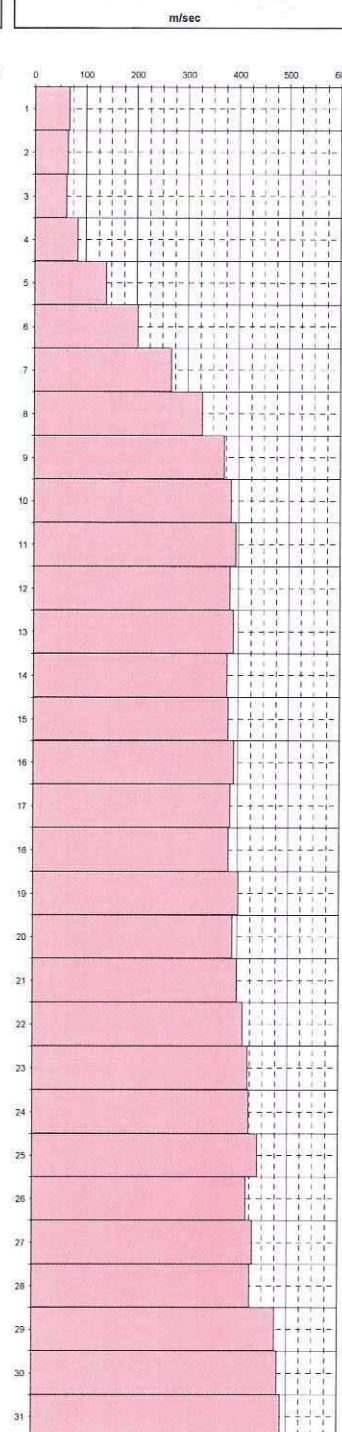
Profondità	Vp	Vs	v	γ	Edin	Gdin	Kdin
	m/sec.	m/sec.		T/m³	Kg/cm²	Kg/cm²	Kg/cm²

0	245	68	0.46	1.45	199	68	796
1	371	65	0.48	1.57	201	68	2112
2	497	63	0.49	1.66	200	67	4088
3	752	85	0.49	1.79	395	132	10171
4	987	140	0.49	1.89	1125	378	18266
5	1167	202	0.48	1.95	2410	812	26006
6	1263	268	0.48	1.98	4282	1450	30275
7	1265	329	0.46	1.98	6400	2186	29406
8	1195	372	0.45	1.96	7998	2765	24846
9	1092	386	0.43	1.93	8361	2926	19519
10	1103	395	0.43	1.93	8759	3070	19847
11	1098	384	0.43	1.93	8294	2899	19838
12	1124	391	0.43	1.94	8642	3019	20925
13	1098	379	0.43	1.93	8091	2824	19938
14	1196	381	0.44	1.96	8375	2901	24717
15	1352	392	0.45	2.01	9141	3143	33198
16	1488	386	0.46	2.04	9087	3104	41983
17	1568	382	0.47	2.06	9016	3070	47633
18	1575	402	0.47	2.07	9971	3403	47696
19	1521	391	0.46	2.05	9367	3198	44127
20	1433	399	0.46	2.03	9601	3293	38080
21	1342	411	0.45	2.00	9994	3450	32185
22	1265	421	0.44	1.98	10294	3580	27547
23	1211	423	0.43	1.97	10254	3584	24597
24	1187	441	0.42	1.96	11021	3881	22941
25	1205	418	0.43	1.96	10011	3497	24396
26	1283	431	0.44	1.99	10807	3762	28320
27	1429	426	0.45	2.03	10888	3751	37209
28	1625	475	0.45	2.08	13891	4779	49561
29	1832	481	0.46	2.13	14670	5014	66044
30	1896	488	0.46	2.14	15214	5194	71483
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							

VELOCITA' ONDE DI COMPRESSIONE



VELOCITA' ONDE DI TAGLIO



Legenda parametri dinamici

Tp	Tempi onde di compressione	millisecondi	γ	Peso di volume	T/m³
Ts	Tempi onde di taglio	millisecondi	Edin	Modulo di Elasticità dinamico	Kg/cm²
Vp	Velocità onde di compressione	m/sec	Gdin	Modulo di Taglio dinamico	Kg/cm²
Vs	Velocità onde di taglio	m/sec	Kdin	Modulo di Compressibilità dinamico	Kg/cm²
v	Coefficiente di Poisson	-			

CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI (D.M. del 14/01/2008)

$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{V_i}} \quad Vs_{30} = 254 \quad \text{m/sec}$$

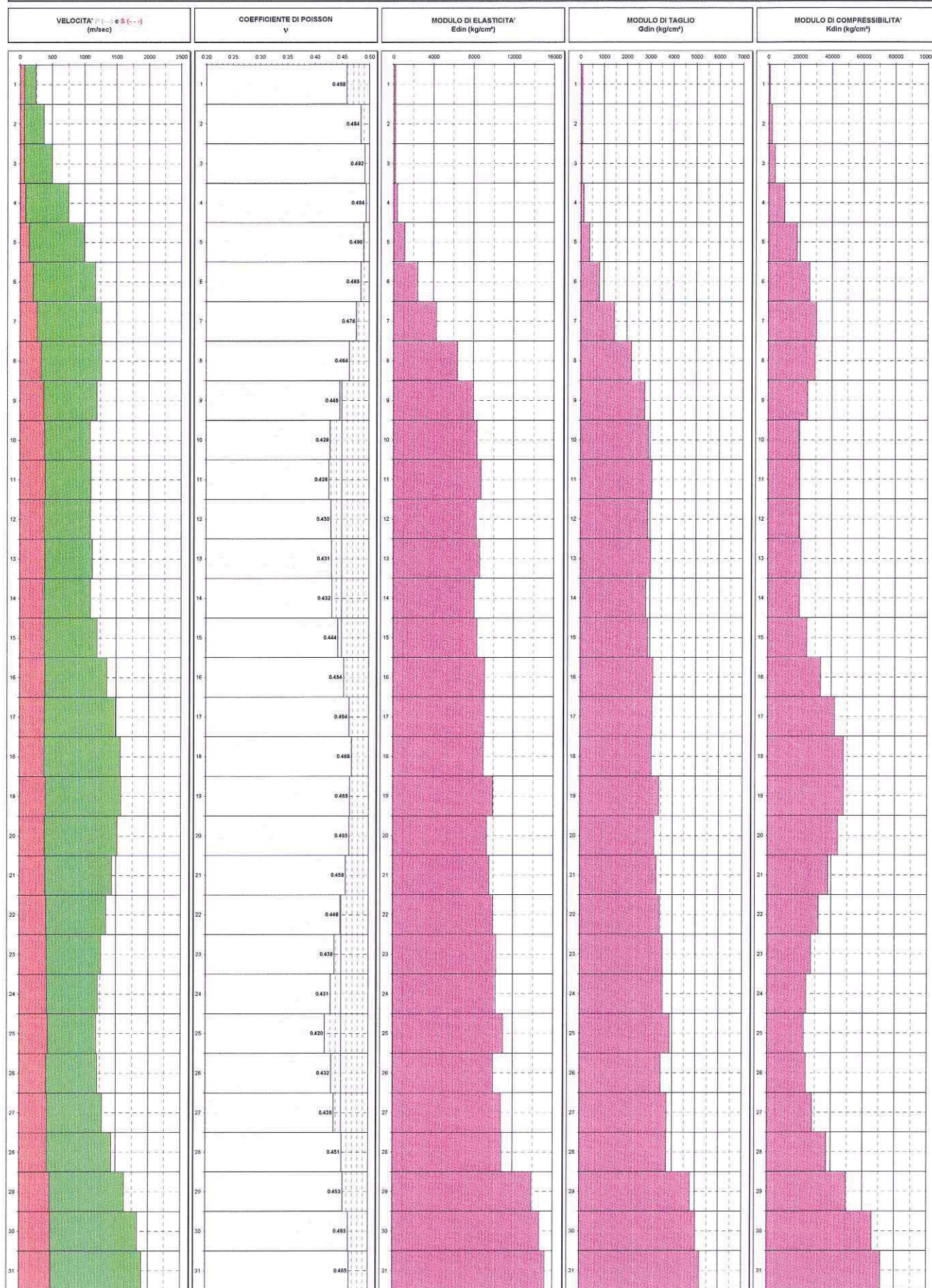
CATEGORIA SUOLO

= C

COMMITTENTE	Sogeo
DOWN HOLE	S3
Località	Bologna
Data acquisizione	28/01/2010



GRAFICI DEI PARAMETRI ELASTICI DINAMICI



COMMITTENTE	Sogeo
DOWN HOLE	S6
Località	Bologna
Data acquisizione	28/01/2010

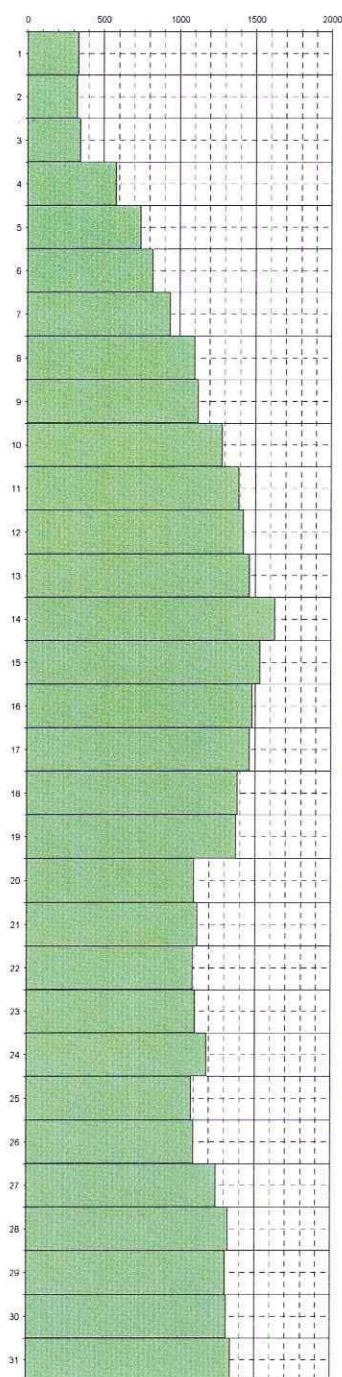
Codice lavoro 914



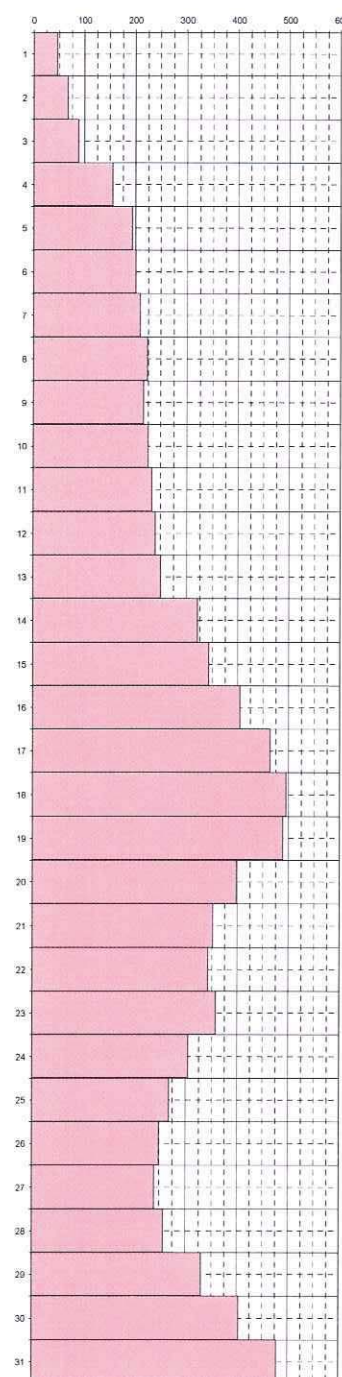
Profondità	Vp	Vs	v	γ	E _{din}	G _{din}	K _{din}
m/sec.	m/sec.			T/m ³	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²

0	331	47	0.49	1.54	103	35	1669
1	323	67	0.48	1.53	207	70	1532
2	345	88	0.47	1.55	358	122	1715
3	581	156	0.46	1.71	1239	424	5316
4	742	194	0.46	1.79	2010	687	9132
5	824	201	0.47	1.83	2209	752	11638
6	936	209	0.47	1.87	2456	833	15600
7	1102	224	0.48	1.93	2919	987	22577
8	1124	216	0.48	1.94	2729	921	23722
9	1282	225	0.48	1.99	3043	1025	31913
10	1391	233	0.49	2.02	3317	1116	38303
11	1421	240	0.49	2.03	3533	1189	40109
12	1462	251	0.48	2.04	3884	1308	42631
13	1628	321	0.48	2.08	6462	2183	53248
14	1531	343	0.47	2.05	7262	2464	45805
15	1482	405	0.46	2.04	9967	3414	41163
16	1463	464	0.44	2.04	12911	4470	38481
17	1385	496	0.43	2.02	14422	5055	32676
18	1374	489	0.43	2.01	14007	4906	32193
19	1098	398	0.42	1.93	8872	3114	19551
20	1120	352	0.45	1.94	7068	2445	21496
21	1093	342	0.45	1.93	6644	2298	20405
22	1105	358	0.44	1.93	7273	2523	20672
23	1182	305	0.46	1.96	5432	1855	25384
24	1083	269	0.47	1.92	4164	1419	21108
25	1098	249	0.47	1.93	3591	1219	22079
26	1244	240	0.48	1.98	3434	1160	29611
27	1326	258	0.48	2.00	4016	1357	34023
28	1308	330	0.47	1.99	6490	2214	31824
29	1316	403	0.45	2.00	9573	3305	30836
30	1341	478	0.43	2.00	13320	4666	30504
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							

VELOCITA' ONDE DI COMPRESSIONE
m/sec



VELOCITA' ONDE DI TAGLIO
m/sec



Legenda parametri dinamici				
Tp	Tempi onde di compressione	millisecondi	γ	Peso di volume
Ts	Tempi onde di taglio	millisecondi	E _{din}	Modulo di Elasticità dinamico
Vp	Velocità onde di compressione	m/sec	G _{din}	Modulo di Taglio dinamico
Vs	Velocità onde di taglio	m/sec	K _{din}	Modulo di Compressibilità dinamico
v	Coefficiente di Poisson	-		

CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI (D.M. del 14/01/2008)

$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}} \quad Vs_{30} = 238 \text{ m/sec}$$

CATEGORIA SUOLO = C

COMMITTENTE	
DOWN HOLE	
Località	
Data acquisizione	

Sogeo
S6
Bologna
28/01/2010



GRAFICI DEI PARAMETRI ELASTICI DINAMICI

