



## Esame con Emissioni Acustiche di Serbatoi in Acciaio

Controlli non Distruttivi  
Trattamenti Termici  
Ispezioni

## AZIENDA:

L'EUROCONTROL è nata nel 1980 per iniziativa di un gruppo di tecnici esperti nel settore dei controlli non distruttivi con il preciso intento di offrire un efficiente, serio, tempestivo e qualitativamente elevato servizio per conto terzi.

Grazie al costante impegno profuso dal nostro staff manageriale e da tutte le maestranze operanti nel contesto aziendale, abbiamo raggiunto e mantenuto nel corso del tempo una posizione di preminenza nel nostro settore di appartenenza. La nostra organizzazione è ormai diffusa su tutto il territorio nazionale con Sedi di coordinamento locali in molte Regioni e attività anche all'estero.

Attualmente l'EUROCONTROL dispone di un organico composto da circa 130 persone, con 115 tecnici operativi dei quali quasi 80 Qualificati e Certificati sia nelle varie metodologie PnD (di II e III Liv.) secondo le Norme UNI EN ISO 9712 e del doc. SNT-TC-1A (ASNT), sia come welding inspector. Inoltre dispone di personale specializzato nell'esecuzione dei trattamenti termici e analisi dei materiali.

Il Laboratorio Eurocontrol è in possesso dell'accreditamento ACCREDIA con il n. 1534.

Il nostro Sistema Qualità è Certificato dal Rina; le problematiche relative alla Sicurezza del Lavoro, l'Igiene Industriale e la salvaguardia dell'Ambiente sono da noi gestite secondo le prescrizioni legislative vigenti, le direttive OIMS e sottoposte a qualifica e sorveglianza da parte del TÜV

Inoltre l'azienda è associata a:



Associazione Italiana  
Prove non Distruttive

## CHE COS'E' L'EMISSIONE ACUSTICA :

L'emissione acustica è una tecnica di controllo non distruttivo, basata sull'acquisizione dei segnali ultrasonori, emessi da un materiale sotto sforzo per effetto di fenomeni irreversibili (danneggiamento, degradazione, corrosione sotto sforzo) che si verificano durante la prova.

I segnali di emissione acustica, che possono essere localizzati sulla struttura in esame, sono rilevati attraverso sensori piezoelettrici. i più diffusi dei quali contengono cristalli di PZT (piombo-zirconato di titanio).

## COME FUNZIONA L'EMISSIONE ACUSTICA :

Il test delle emissioni acustiche funziona montando piccoli sensori su un componente in prova. I sensori convertono le onde di stress in segnali elettrici, che vengono inoltrati a un PC di acquisizione per l'elaborazione. Le onde vengono catturate quando il componente è sottoposto a uno stimolo esterno, come pressioni, carichi o temperature elevate. Man mano che il danno cresce nel componente, c'è un maggiore rilascio di energia. Le velocità con cui viene rilevata l'emissione acustica, l'attività e l'intensità dell'emissione acustica, il volume, vengono monitorate e utilizzate per la valutazione dell'integrità strutturale e per il monitoraggio dello stato di salute dei componenti.

L'emissione acustica può essere considerata come piccoli terremoti che si verificano nel materiale. La tecnica monitora globalmente un componente per i difetti, consentendo il monitoraggio di grandi strutture e macchine durante il funzionamento con interruzioni minime, a differenza dei test distruttivi. Utilizzando più sensori, è possibile localizzare le sorgenti di emissione acustica (e quindi il danno). Attraverso l'analisi del segnale è anche possibile determinare la presenza di diversi meccanismi sorgente.

Esistono due metodi di test AE: transitorio e continuo. Il metodo transitorio acquisisce i burst AE che superano una soglia (livello di sonorità) ed estrae caratteristiche come l'ampiezza del picco, l'energia del segnale e la durata del burst. Queste caratteristiche vengono quindi utilizzate per valutare le condizioni del componente in prova. Questo metodo è adatto per testare strutture per difetti come crepe.

Il metodo continuo acquisisce tutti gli AE entro un determinato periodo di tempo, ad esempio 1/10 di secondo. Quindi, vengono estratte caratteristiche come il livello medio del segnale e i valori RMS (root-mean squared). Questo metodo è adatto per applicazioni in cui c'è molta AE di fondo o l'ampiezza dell'AE è bassa, ad esempio quando si testano i riduttori o si rilevano perdite.

I test delle emissioni acustiche possono essere condotti in laboratorio, così come in condizioni sul campo, sia per durate relativamente brevi, come poche ore, sia per durate più lunghe, come alcuni mesi. I metodi di trasmissione dati wireless consentono di analizzare i dati in remoto.

## QUALI SONO I VANTAGGI E LE LIMITAZIONI?

L'emissione acustica presenta molti vantaggi rispetto ad altri metodi. Questi includono:

- Capacità di rilevare una serie di meccanismi di danno inclusi, a titolo esemplificativo, rotture delle fibre, attrito, urti, crepe, delaminazione e corrosione nelle loro fasi iniziali, prima che diventino problemi significativi
- Può essere condotto durante il funzionamento, durante i test di qualificazione (prova) o i test di sviluppo
- Può individuare le fonti di danno e differenziarle in base alle firme acustiche
- Monitoraggio globale di una struttura
- Valuta la struttura o la macchina in condizioni operative reali
- Un metodo non invasivo
- Operativo in ambienti pericolosi, comprese alte temperature, alte pressioni e ambienti corrosivi e nucleari
- Può essere condotto a distanza
- È in grado di rilevare danni in difetti a cui è difficile accedere con le tecniche convenzionali di controllo non distruttivo

Tuttavia, il metodo ha anche alcune limitazioni:

- Limitata alla valutazione dell'integrità strutturale o dello stato di salute della macchina individuando i problemi, in genere sono necessarie ulteriori ispezioni per diagnosticare completamente i problemi
- Non è in grado di rilevare difetti che possono essere presenti, ma che non si muovono o non crescono
- Può essere più lento di altre tecniche di test non distruttivi

## PROCEDURA OPERATIVA EUROCONTROL PER L'ESAME CON EMISSIONI ACUSTICHE DI SERBATOI DI STOCCAGGIO

### SCOPO:

Scopo della prova con Emissione Acustica è la localizzazione ed il monitoraggio di sorgenti acustiche nei serbatoi di stoccaggio concomitanti ad una prova di riempimento o durante il normale servizio del tank, ossia l'individuazione di processi corrosivi che sono attivi al momento della prova. I risultati della prova forniscono un rapporto qualitativo relativo alle condizioni della prova e una raccomandazione relativa alla massima durata possibile prima di ripetere il controllo, basato sulle indicazioni emerse e dalle loro caratteristiche.

## DOCUMENTI DI RIFERIMENTO:

La procedura è in accordo con i seguenti Norme/Codici:

- ASTM E 1930 STANDARD TEST METHOD FOR EXAMINATION OF LIQUID-FILLED ATMOSPHERIC AND LOW-PRESSURE METAL STORAGE TANKS USING ACOUSTIC EMISSION
- UNI EN 13554 – ACOUSTIC EMISSION – GENERAL PRINCIPLES
- UNI EN 13477-1 – ACOUSTIC EMISSION – EQUIPMENT
- UNI EN 15856 – ACOUSTIC EMISSION – GENERAL PRINCIPLES OF AE TESTING FOR THE DETECTION OF CORROSION WITHIN METALLIC SURROUNDING FILLED WITH LIQUID
- TABELLE EEMUA 183 indicate dal Cliente per la valutazione dei risultati dei controlli/TABLE EEMUA 183 (Prevention of tank bottom leakage) indicated by the Customer for the evaluation of the results of the AT checks performed.
- I documenti elencati sono da ritenersi applicabili nella loro ultima edizione e/o revisione in corso di validità.

## QUALIFICA DEL PERSONALE:

Il personale che esegue prove di EA deve essere in possesso della necessaria esperienza e formazione. La prova sarà eseguita da almeno due tecnici di cui almeno uno certificato di Liv. 2 secondo le Norme UNI EN ISO 9712.

## RIEMPIMENTO E STATO DEL LIQUIDO STOCCATO:

Il valore del carico verticale sul fondo del tank sarà incrementato secondo una delle seguenti modalità:

- Riempiendo fino al 105% della capacità nominale;
- Aumentando il livello del 5% dell'altezza del battente di lavoro degli ultimi sei mesi.

Su richiesta e necessità del Cliente può essere adottato un valore di carico diverso dai precedenti appena elencati purchè il battente idrostatico non sia inferiore a 5,0 metri in altezza. Dopo aver scelto una condizione praticabile si deve attendere un tempo necessario per stabilire la calma del fluido che dipende dalla grandezza del serbatoio e dal tipo di fluido stesso. Solitamente questo tempo varia dalle 12 alle 24 ore. Dopo aver verificato la temperatura di parete del serbatoio (per verificare la necessità d'installare eventualmente guide d'onda alettate per lo smaltimento termico) il test può aver inizio.

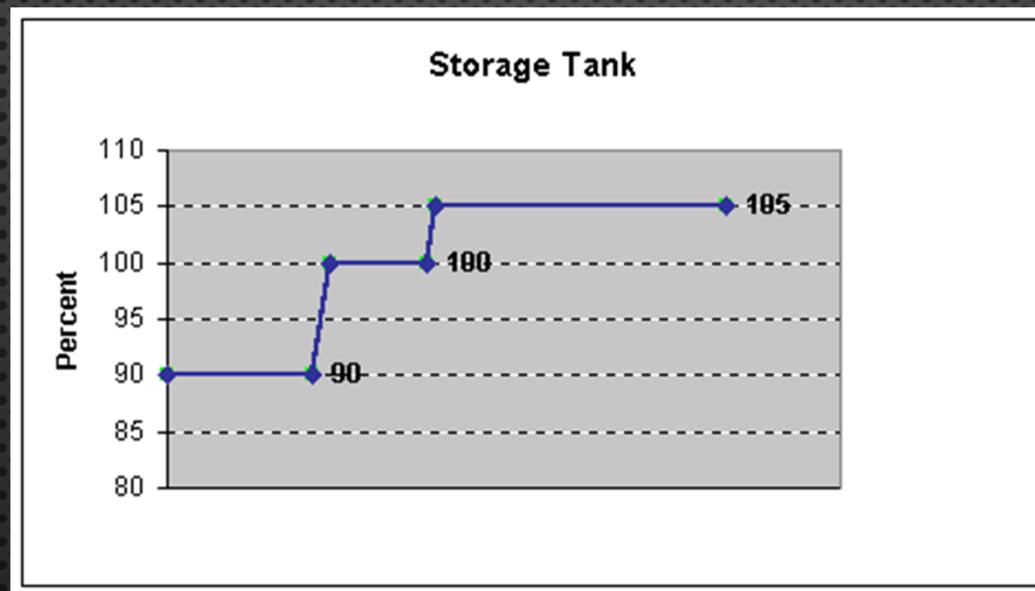
## RIDUZIONE DEI RUMORI DI FONDO:

Il rumore di fondo derivante da sorgenti esterne quali il vento, pioggia, oggetti che poggiano sulla superficie del mantello, dovrà essere monitorato per almeno 30 minuti antecedenti l'inizio dell'acquisizione.

Il massimo livello del rumore di fondo affinché il test abbia valore è di 45dB. Qualora il livello della soglia d'esame sia prossimo a questo dato, il tecnico dovrà cercare un settaggio ottimale attraverso la regolazione dei filtri di passa-banda.

## SEQUENZA DI CARICO:

Nel caso in cui sia possibile incrementare l'altezza del battente idrostatico, tale incremento sarà quello indicato nella figura sottostante:



Per questa sequenza di carico, il tempo di stasi dopo ogni incremento sarà determinato in base al diametro del tank, in modo da garantire che il liquido non sia in movimento.

Diversamente, per il caso di controllo con livello inferiore al 105% (A) della massima capacità, ma comunque incrementato al 105% del massimo livello degli ultimi sei mesi (B), il periodo di monitoraggio risulterà pari alla seguente formula:

$T=A/B$  espresso in ore, con un minimo di due ore.

Entrambe queste condizioni richiedono di installare almeno due file di sensori ;

- una fila in prossimità del trincarino o del fondo piano (circa a 1000mm)

- una seconda ad un'altezza variabile caso per caso (in funzione del fluido stoccato, dall'attenuazione e dal rumore di fondo), per meglio caratterizzare i rumori trasmessi dai tetti galleggianti, dal vento e dalla pioggia (con una distanza minima di 4000mm dal trincarino ridotta a 2400mm in casi particolari come descritto al paragrafo n.12, e ad ogni modo sempre al di sotto del livello del fluido di almeno 1000mm).

Nel caso non sia possibile incrementare il battente idrostatico secondo una stabilita sequenza di carico, il tempo minimo di acquisizione sarà di 1 ora.

La distanza di posizionamento sensori , sarà determinata in funzione di:

- Tipo di fluido stoccato;
- Presenza di sedimenti sul fondo;
- Velocità del suono nel metallo;
- Tipo di onda sonora scelta;
- Dimensioni del serbatoio;
- Frequenza dei sensori impiegati (maggiore è il diametro del tank, minore sarà la frequenza da scegliere).

## APPARECCHIATURA:

Il sistema di EA consiste di sensori, preamplificatori, controllo del processo del segnale, monitor e unità di registrazione.

Di norma le apparecchiature impiegate per questi controlli consentono la disponibilità simultanea di almeno 38 canali, separatamente o in serie. Nel caso specifico verranno utilizzate apparecchiature marca VALLEN, tipo Amsy 6 o equivalenti di altre marche.

Durante l'acquisizione, saranno registrati:

- numero di impulsi oltre la soglia dei rumori di fondo;
- Tempo di arrivo;
- Energia(Marse);
- Amplificazione di picco;
- Durata dell'evento;
- Ritardo di arrivo sulla curva di inviluppo del transiente, in funzione dell'amplificazione della soglia d'esame.

Tabella settaggi standard

Numero di canali:	From 38
Banda larga : (Khz)	Da 20 a 80 (per la propagazione di onde attraverso il liquido) Da 100 a 300 (per la propagazione di onde attraverso il metallo)
Soglia di valutazione:	42dB
Soglia di acquisizione:	30dB

## SENSORI:

I sensori per l'EA sono di due tipi:

- Sensori con preamplificatore integrato;
- Sensori con preamplificatore separato.

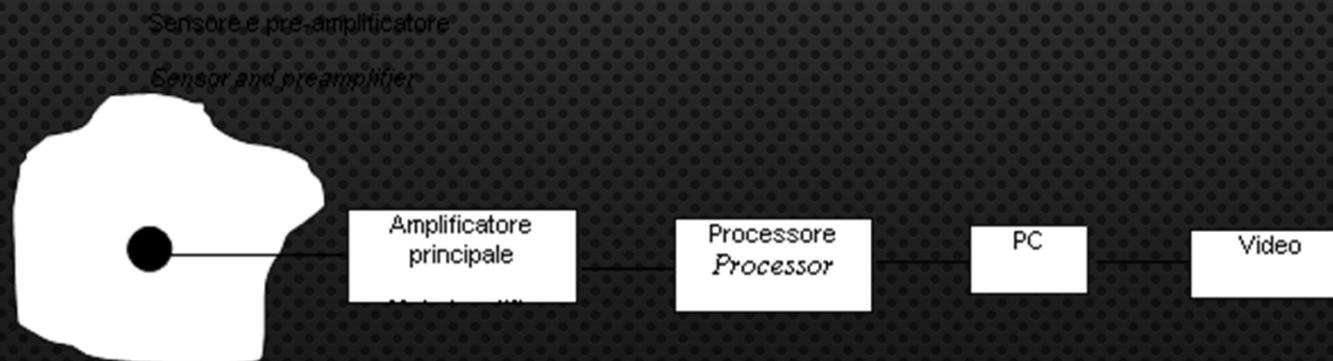
Prima di ogni test il tecnico deve verificare la risposta di ogni sensore impiegando una sorgente di rumore noto, adottando la tecnica faccia a faccia.

L'amplificazione dovrà essere compresa in 2dB massimo.

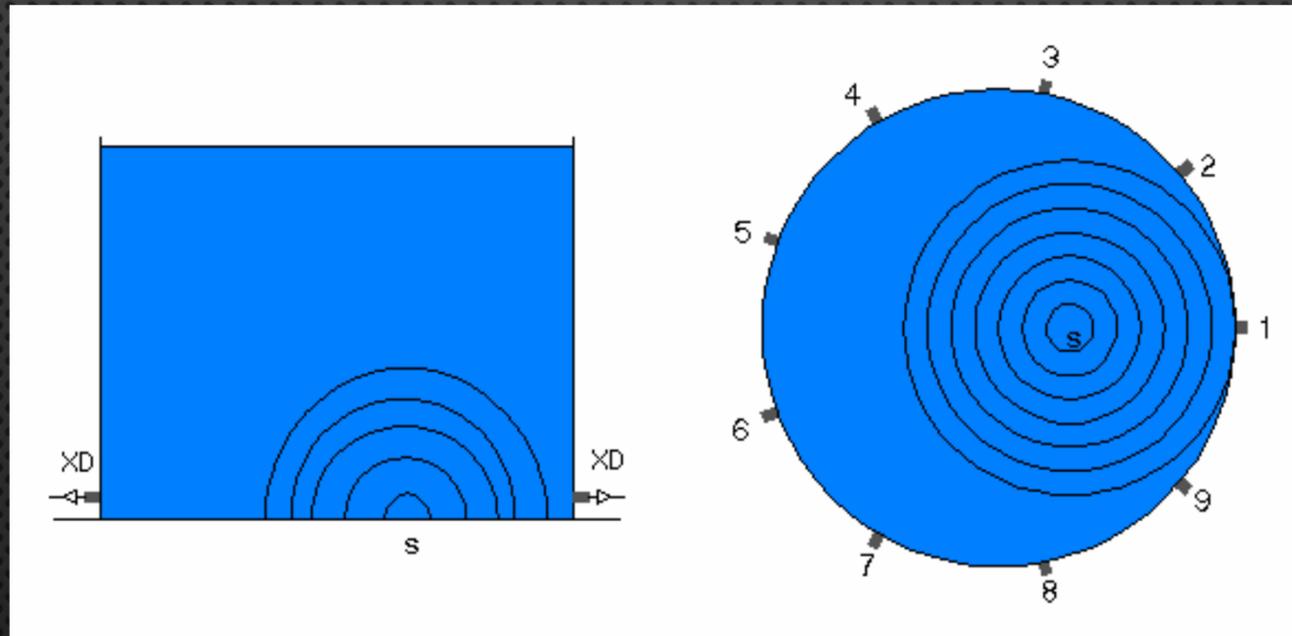
## FREQUENZA:

La frequenza dei sensori impiegabili per questa tipologia di costruzioni è compresa tra i 25 ed i 150 kHz.

## POSIZIONAMENTO DEI SENSORI:



## ESAMPIO DI POSIZIONAMENTO DEI SENSORI:



Principio di localizzazione della Sorgente, propagazione di un'onda sferica dalla sorgente S sul fondo del serbatoio nel liquido stoccato, XD...sensore sul mantello del serbatoio, 1,2,...,9 designazione dei sensori.

Per il controllo del fondo dei serbatoi di stoccaggio, si sfrutta la legge di propagazione delle onde attraverso il fluido. Per tal motivo i sensori devono essere equidistribuiti lungo la superficie del mantello non eccedendo ad una distanza massima di 15 m, che sarà ridotta a 13 m nel caso in cui vi siano molti impedimenti sulla suddetta superficie, quali saldature di bocchelli o elementi strutturali vari. La distanza minima tra un sensore e questi eventuali impedimenti sarà di almeno 200 mm.

Saranno usate due file di sensori con almeno 6 sensori per ciascuna fila, senza però doverne installare necessariamente lo stesso numero. La prima fila di sensori sarà posizionata a circa 1000 mm dal trincarino, mentre la seconda sarà posizionata ad almeno 4000 mm dal trincarino, variata a 2400mm solo in particolari casi di eccessivo disturbo esterno, e comunque sempre al di sotto di almeno 1000 mm dal livello del fluido.

## **PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI:**

Prima di posizionare il sensore, una porzione circolare di mantello avente diametro 50mm circa, sarà preparata con attrezzi manuali per la rimozione della vernice protettiva e con carta abrasiva di grana 120  $\mu\text{m}$ .

Nel caso di superfici calde potranno essere impiegate guide d'onda.  
Tutti i sensori avranno un supporto magnetico.

## **ACCOPPIANTE:**

Per garantire il migliore contatto possibile tra piezoelettrico e superficie del serbatoio, sarà impiegato un accoppiante a base di bisolfuro di molibdeno.

## **CAVI DI SEGNALE:**

I cavi dei segnali sono presenti solamente nei sensori che non hanno il preamplificatore integrato. Questi cavi avranno lunghezza massima di 1,8m.

## **PREAMPLIFICATORI:**

Se non integrati nel sensore, i preamplificatori saranno installati in prossimità del relativo sensore. La risposta in frequenza non supererà di 3dB il valore nominale.

## FILTRI:

I filtri saranno di bassa banda e di alta banda. Dovranno garantire un minimo di 24dB per ogni ottava di attenuazione del segnale.

## CAVI DI POTENZA DEI SEGNALI:

I cavi devono essere in grado di trasferire energia dal processore principale al preamplificatore. La caduta di segnale non dovrà essere superiore a 3dB ogni 100m, con un massimo di 5dB.

## CONTROLLO DELLA CALIBRAZIONE:

Prima d'iniziare l'acquisizione deve essere eseguita una verifica della calibrazione. Questa avverrà mediante una sorgente calibrata di rumore che sarà posizionata in prossimità di un sensore. Tutti i sensori dovranno registrare l'amplificazione del segnale artificiale in una fascia compresa in 4dB

## PARAMETRI DI VALUTAZIONE:

I parametri di validazione del test sono:

- Il livello dei rumori di fondo;
- La stabilità delle emissioni durante le soste;
- Il livello di acquisizione.

## INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI:

I criteri principali da applicare per l'interpretazione dei dati sono i seguenti:

- Livello del rumore di fondo prima e durante il test;
- Distribuzione dell'amplificazione;
- Evoluzione dell'amplificazione degli eventi;
- Valutazione dell'effetto Kaiser;
- Numero degli eventi sopra la soglia d'esame;
- Fenomeni di Cluster di eventi.

\*La presente Procedura è redatta in conformità alle prescrizioni delle Normative di riferimento di cui al par. 4 le quali non contemplano nessuna specifica valutazione all'effetto Kaiser peraltro di comune accezione in letteratura tecnica. Ciò per il motivo che nelle condizioni di applicabilità di tali Norme e della citata Procedura Eurocontrol, le condizioni di sollecitazioni e rilascio di energia non è significativamente influenzata dalla ripetizione del ciclo di carico dei serbatoi di stoccaggio in acciaio a differenza di quanto può avvenire, ad es. per i contenitori in materiali compositi per i quali tale effetto può avere -in certe condizioni- qualche significativo effetto di riduzione della sensibilità d'esame.

Nel caso specifico di serbatoi atmosferici in acciaio al carbonio l'ipotesi della riduzione di sensibilità dell'esame determinata per effetto Kaiser, si limita comunque ad indicare come buona prassi che "La EA non può essere generalmente ripetuta prima di un anno".

## VALUTAZIONE:

Tutti i dati raccolti da ogni sensore saranno verificati e valutati in accordo alle Norme di riferimento indicate anche al par. 4 della presente Procedura: TABELLE Engineering Equipment and Materials Users Association (EEMUA) 183 indicate dal Cliente per la valutazione dei risultati dei controlli.

Le zone acustiche saranno classificate come segue:

- Amplificazione VS tempo;
- Energia cumulativa VS tempo;
- Posizione degli eventi.

In accordo a questi parametri si potranno avere le seguenti classificazioni:

CLASSE	Grado dell'attività di EA
1	Sorgenti aventi bassa energia rilasciata in rapporto al tempo
2.1	Discrete attività acustiche (eseguire controlli aggiuntivi localizzati)
2.2	Sorgenti aventi alta energia (eseguire controlli aggiuntivi localizzati)
3	Aree affette da grossi rilasci di energia con ridottissimo tempo. Fermare il test

La valutazione dei dati emersi dalla prova sarà fatta secondo un prestabilito sistema che assegnerà un ulteriore livello al componente in esame che terrà conto della velocità di degrado del componente stesso come risultato di una corrosione secondo la seguente tabella.

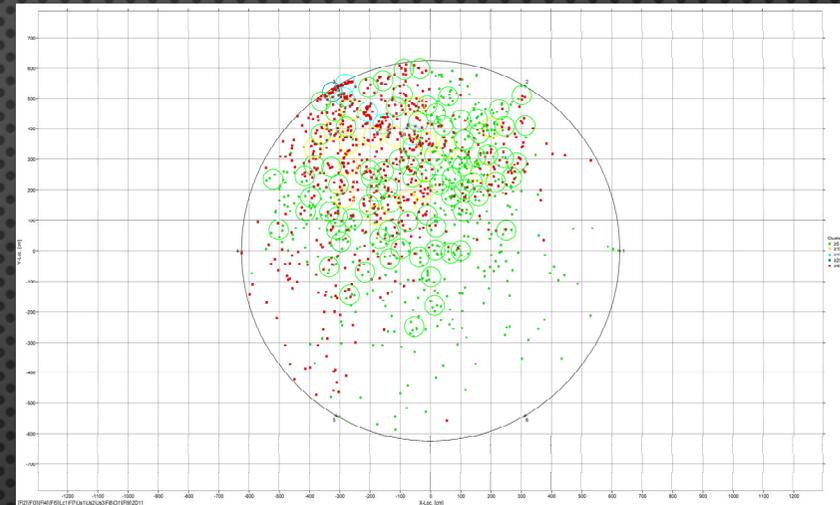
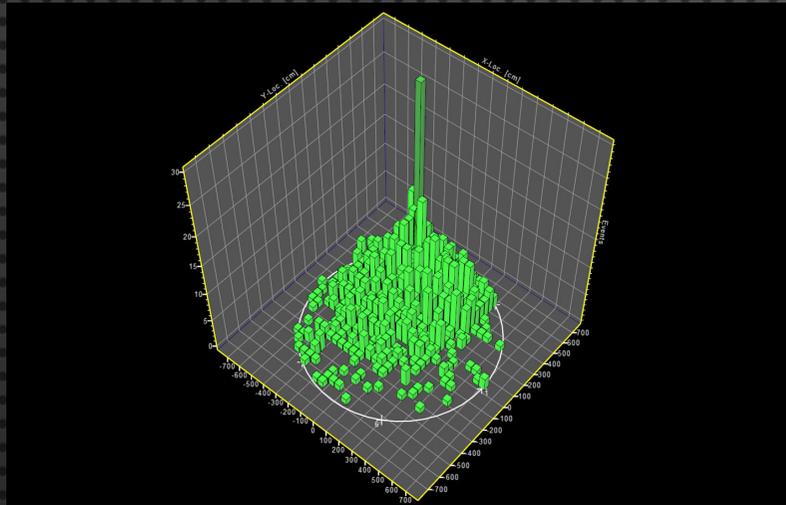
Livello	Grado dell'attività corrosive in atto
A	Nessuna attività corrosiva
B	Attività corrosiva di bassa entità
C	Attività corrosiva di media entità
D	Attività corrosiva di rilevante entità
E	Attività corrosiva di severa entità

Le zone interessate da fenomeni corrosivi in atto presentano un errore di locazione tollerabile fino al 10-15% del diametro del serbatoio.

Dalla combinazione della classe assegnata al componente in esame e al suo livello di attività di corrosione in atto, seguendo la sottostante tabella, verrà stabilito il periodo (anni) entro il quale si consiglia di ripetere il controllo. Nel caso di assenza di attività corrosiva, si assegnerà il massimo periodo in cui si consiglia la ripetizione della prova, mentre nel caso in cui vi fosse un'attività di corrosione di severa entità si consiglia l'apertura del serbatoio per verificare le zone suddette con eventuali ulteriori controlli non distruttivi.

Livello	Grado dell'attività corrosive in atto				
	A	B	C	D	E
1	5	5	3	3	3
2.1	3	3	1	1	1
2.2	2	1	1	Ulteriori Ispezioni	Ulteriori Ispezioni
3	1	1	Ulteriori Ispezioni	Ulteriori Ispezioni	Ulteriori Ispezioni

## ESEMPIO DI VISUALIZZAZIONE DEL FONDO IN 2d E 3d:



## ESEMPIO DI VISUALIZZAZIONE DELL'ENERGIA E DEGLI HITS:



## TABULATI DEGLI HITS A SEGUITO DELL'ANALISI (CLUSTER LIST):

Cluster	Elements	X-Loc. [cm]	Y-Loc. [cm]	mean(Amp [dB])	mean(Energy [eu])	mean(Counts)	mean(Casc Counts)	User Attribute
41	25	-324.75	522.51	50.68	3856	386.2	396.1	0.00
24	22	-157.95	414.97	50.61	4251	397.1	408.3	0.00
16	19	-285.83	504.67	50.63	3604	353.6	382.9	0.00
66	18	-281.70	548.54	52.10	4159	407.9	407.9	0.00
74	17	-208.37	454.37	50.01	3538	375.6	393.5	0.00
11	15	-62.45	378.64	51.81	3881	372.8	391.0	0.00
102	14	55.37	336.60	27.92	1429	140.8	140.8	0.00
8	13	-12.28	355.72	50.88	4272	420.0	420.0	0.00
63	12	-51.91	475.92	50.87	4380	411.8	411.8	0.00
98	12	-273.56	280.06	53.08	4109	399.0	399.0	0.00
19	12	-264.98	462.04	50.70	3742	356.0	356.0	0.00
78	12	-321.17	394.42	53.25	3577	384.4	384.4	0.00
20	11	-285.89	173.59	47.84	3473	347.2	347.2	0.00
195	11	-78.99	162.87	52.90	3196	380.5	380.5	0.00
5	11	-384.36	334.87	50.61	3965	369.8	391.6	0.00
13	11	199.23	403.78	16.62	449.7	41.91	41.91	0.00
49	10	-22.66	198.57	53.53	4092	384.1	384.1	0.00
64	10	-118.45	375.55	50.64	3798	361.4	396.8	0.00
148	10	164.30	259.33	25.14	1370	127.4	127.5	0.00
47	10	-179.41	116.67	42.08	2499	272.8	301.3	0.00
116	10	-190.51	373.67	50.74	4543	427.7	427.7	0.00
9	10	-269.39	352.43	50.01	3616	352.5	352.5	0.00
40	9	41.43	410.07	26.16	1471	140.7	140.7	0.00
108	9	-59.36	339.31	51.83	4253	407.2	407.2	0.00
51	9	15.35	2.29	18.16	299.9	40.78	40.78	0.00
95	9	28.64	216.39	18.61	304.3	40.67	40.67	0.00
134	9	149.77	306.46	27.16	1272	128.0	128.0	0.00
38	9	-70.96	279.42	52.12	3851	388.4	388.4	0.00
111	9	105.06	276.09	13.76	0.05	0.56	0.56	0.00
52	9	-157.11	559.14	52.04	4548	424.4	424.4	0.00
132	9	268.19	240.43	44.13	2389	288.4	288.4	0.00
01	8	-268.10	-143.79	27.70	1676	156.9	156.9	0.00
29	8	-17.45	258.70	45.49	2246	275.4	308.0	0.00
25	8	-307.30	112.84	41.03	3212	311.0	311.0	0.00
17	8	108.09	127.82	18.97	262.0	36.88	36.88	0.00
34	8	189.38	315.29	38.32	2452	248.9	248.9	0.00
30	8	68.82	180.07	18.02	646.3	58.88	58.88	0.00
189	8	110.46	201.06	27.77	1301	148.0	148.0	0.00
43	8	-132.01	158.69	52.47	3582	375.9	375.9	0.00
169	8	-279.23	406.60	52.05	3778	403.1	403.1	0.00
201	8	-204.17	150.29	52.75	3868	401.4	401.4	0.00
44	8	-413.00	129.55	25.10	1409	126.1	138.6	0.00
135	8	-314.60	455.83	52.00	4084	412.3	412.3	0.00
91	8	58.31	506.41	14.16	0.06	0.63	0.63	0.00
123	8	-415.89	244.20	38.16	2799	258.1	258.1	0.00
35	7	-304.56	215.93	53.19	4337	412.1	412.1	0.00
33	7	-98.90	6.14	31.12	1544	163.3	163.3	0.00