

# L'impiego della CAMERA ANECOICA nella progettazione delle antenne

**PARTE PRIMA: com'è fatta una camera anecoica.**

Ing. Francesco Zaccarini

**Q**uesta volta presentiamo un breve focus in tre parti su una delle più importanti attrezzature utilizzate nella ricerca e sviluppo delle antenne: la *camera anecoica*.

## PARTE PRIMA:

Cos'è e come viene realizzata una camera anecoica per la misura dei parametri elettrici delle antenne?

## PARTE SECONDA:

Quali accorgimenti possono essere messi in pratica per ottenere misure affidabili nel corso della progettazione di una nuova antenna?

## PARTE TERZA:

Quali altre attrezzature di laboratorio sono necessarie per le misure dei parametri di radiazione delle antenne?



## 1. Introduzione.

La progettazione di una qualsiasi antenna per impiego professionale deve necessariamente passare attraverso delle fasi, sia intermedie che finali, di verifica e caratterizzazione del prototipo o dei prototipi.

Per un'azienda del settore, diventa quindi molto importante dotarsi di un laboratorio attrezzato, che permetta di eseguire agevolmente delle misure elettriche accurate, affidabili e ripetibili.

L'attrezzatura più costosa, e più importante, per un laboratorio di ricerca e sviluppo è rappresentata dalla *camera anecoica*, consistente in un ambiente controllato nel quale è possibile riprodurre (o quantomeno approssimare) una condizione di propagazione in spazio libero.

Da una banale ricerca su *Google* è possibile trovare numerose immagini di *test facilities*, sia di laboratori di ricerca che di aziende private, che mostrano l'interno di enormi camere anecoiche capaci di contenere interi areoplani o veicoli per misure di compatibilità o suscettibilità elettromagnetica.

Sebbene queste suggestive fotografie si riferiscano ad installazioni dal costo di alcuni milioni di euro, anche la costruzione di camere anecoiche di dimensioni più modeste può rappresentare uno sforzo economico non indifferente, essendo il materiale assorbente con cui è realizzato il rivestimento della camera piuttosto costoso, come del resto la maggior parte dei materiali tecnici ad alta tecnologia che prevedono un uso esclusivo e specifico.

Come per i precedenti articoli tecnici, anche in questa sede cercherò di fornire al lettore un'idea operativa di come è realizzata una camera anecoica per la misura dei parametri di radiazione delle antenne, accennando a come una tale risorsa venga praticamente utilizzata nel lavoro di ricerca e sviluppo di una nuova antenna.

Senza avere la presunzione di trattare esaurientemente un argomento così vasto, farò riferimento alla camera anecoica del nostro laboratorio di ricerca e sviluppo interno all'azienda, così da poter disporre di contenuti ed esperienze personali nella speranza di dare un taglio più interessante all'articolo.

A tal proposito, la figura in prima pagina rappresenta un momento della costruzione della camera anecoica, il cui progetto e realizzazione sono stati condotti in azienda dallo scrivente.

## 2. Tipologie di camere anecoiche.

Con il termine *camera anecoica* si intende una scatola chiusa, realizzata con una struttura portante in materiale dielettrico o conduttore, rivestita all'interno con del materiale assorbente che ha lo scopo di creare una regione di spazio, all'interno della camera stessa, il più possibile esente da riflessioni (*zona di quiete*).

Naturalmente, nel caso di una camera anecoica per applicazioni di elettromagnetismo e non di acustica, il materiale assorbente è realizzato in modo da attenuare la componente riflessa di un'onda elettromagnetica che incide su di esso.

- **Camere anecoiche per EMC.**

Per applicazioni EMC (misure di emissione e/o di immunità elettromagnetica) si utilizzano in genere camere di tipo *schermato* e *semi-anecoico*: in questo caso infatti, all'interno della camera, si ha l'esigenza sia di misurare livelli molto bassi di emissioni radiate sia di generare livelli di campo elettromagnetico molto elevati per le prove di immunità.

Nelle camere cosiddette *schermate*, la struttura portante è realizzata da pannelli metallici collegati tra loro mediante degli appositi profili, anche questi metallici, imbullonati così da garantire un contatto uniforme tra i vari elementi del guscio esterno. Per limitarne il peso, tali pannelli sono di solito costituiti da un substrato di legno lamellare sul quale, da entrambi i lati, vengono incollate delle lastre di acciaio o rame così da implementare una doppia schermatura. Anche le porte di accesso incorporano degli elementi di contatto (*fingerstock*) lungo tutto il perimetro, realizzati con delle lamine sagomate di bronzo fosforoso od altro conduttore armonico, così da implementare una perfetta *gabbia di Faraday*. Lo schermo metallico della camera viene poi rivestito internamente con il materiale assorbente vero e proprio.

Nelle camere *semi-anecoiche* il pavimento simula un piano perfettamente conduttore e rimane perciò privo di materiale assorbente.

- **Camere anecoiche per la misura di antenne.**

Viceversa, nelle camere anecoiche per la misura di antenne l'esigenza prioritaria è quella di poter disporre di una regione di spazio con assenza pressoché totale di riflessioni, detta *zona di quiete*. Pertanto una struttura metallica schermante, che può rivelarsi un'arma a doppio taglio nel caso di utilizzo della camera in determinate condizioni in cui il materiale assorbente perde di efficacia, nella maggior parte dei casi non risulta essere necessaria.

E' importante sottolineare che queste considerazioni vanno intese anche in funzione del budget che ci si propone di allocare per la realizzazione di una camera anecoica: è ovvio come, potendo disporre di risorse illimitate, sia possibile dotarsi di un setup di misura ideale anche se non *cost-effective* per l'applicazione richiesta.

Nella misura di antenne, le camere anecoiche maggiormente utilizzate sono essenzialmente di tre tipi:

- a) Camere anecoiche per misure in *campo lontano* (*Far Field Measurements*);
- b) Camere anecoiche *Compact Range*;
- c) Misure in *Near Field*.

All'interno di una *camera anecoica per la misura in campo lontano* viene riprodotto un radiocollegamento in spazio libero tra l'antenna sotto misura (detta anche **AUT** o *Antenna Under Test*) ed un'antenna di riferimento **AR**, poste ad una distanza **R** che soddisfa le condizioni di campo lontano. Su questo punto torneremo in seguito dato che verrà descritta in modo più approfondito proprio questa tipologia di camera anecoica.

In una camera anecoica per la *misura in Compact Range* (**Figura 1**) si utilizza un accorgimento per limitare le dimensioni fisiche della camera stessa, nel caso in cui il **AUT** abbia grandi dimensioni rispetto alla lunghezza d'onda  $\lambda$ . In questo sistema di misura il **AUT** e l'antenna di riferimento non si vedono direttamente essendo puntate verso lo stesso lato della camera, ovvero in direzione di un riflettore parabolico che genera un'onda piana verso il **AUT**, come in una condizione di *far field*, partendo da un campo irradiato da una sorgente vicina, costituita dall'antenna di riferimento.

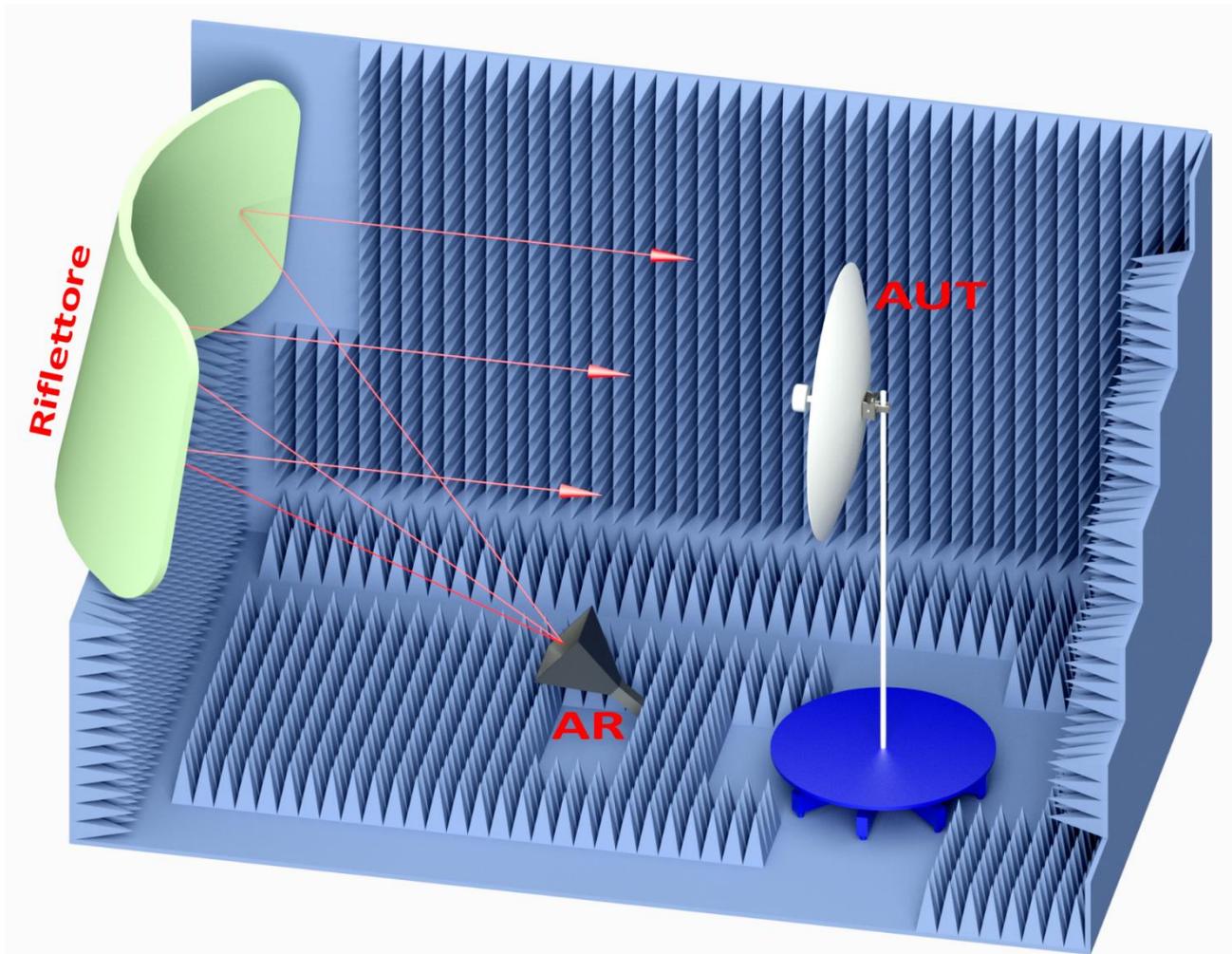


Figura 1  
Setup di misura in Compact Range.

Il riflettore, illuminato dall'antenna di riferimento, viene utilizzato in campo vicino, anche se il diagramma di radiazione di questo intero sistema approssima una condizione di campo lontano nei riguardi dell'antenna sotto misura (AUT). Un setup di misura in *Compact Range* diventa quindi un sistema molto complesso, costituito non solo dalla camera anecoica vera e propria ma anche da un elaborato sistema di acquisizione che permette di produrre un'onda piana, con caratteristiche note, nella regione di spazio della camera nella quale viene posta l'AUT.

Un'altra tecnica di caratterizzazione di antenne è rappresentata dalle **misure in campo vicino** (*Near Field Measurements*). Questi metodi dipendono dalla tipologia di AUT, il cui campo irradiato viene acquisito, sia in ampiezza che in fase, su di una determinata superficie di riferimento. Da questa misura, che possiamo identificare in prima approssimazione con l'illuminazione dell'antenna, viene ricavato il campo lontano mediante algoritmi matematici.

Similmente al metodo *Compact Range*, anche le misure in campo vicino di solito si applicano ad antenne ad alto guadagno, fortemente direttive e caratterizzate da una radiazione trascurabile verso determinate direzioni. La forma e le dimensioni della superficie di acquisizione delle misure di campo vicino sono comunque fortemente dipendenti dalla tipologia di AUT.

### 3. I materiali assorbenti.

I materiali assorbenti impiegati nella costruzione delle camere anecoiche sono essenzialmente di due tipi: le *ferriti* e gli *assorbitori piramidali*.

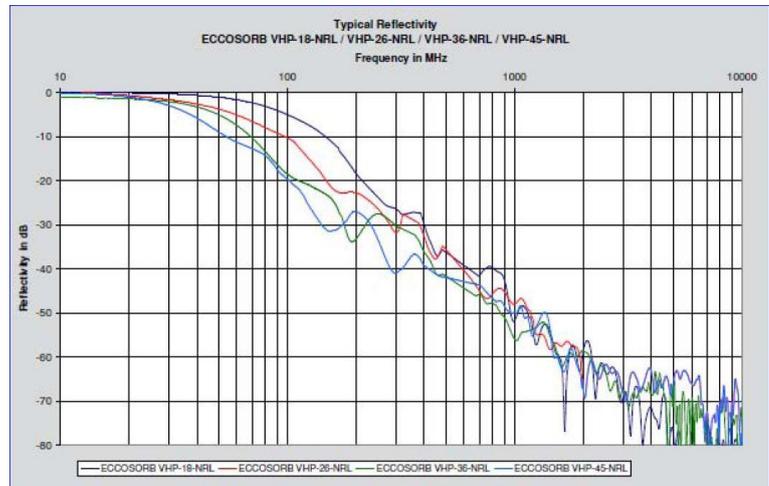
- Le **ferriti** sono delle piastrelle realizzate in un particolare materiale ceramico con delle ottime caratteristiche di assorbimento da circa 30 MHz fino a 500 MHz. Hanno una dimensione di 100×100 mm ed uno spessore di alcuni millimetri e possono essere fornite singole o già montate su quadrotti da 300×300 mm oppure 600×600 mm. Di solito vengono utilizzate insieme agli assorbitori piramidali per estendere le prestazioni della camera alle frequenze più basse.

- Gli **assorbitori piramidali** (“coni”) sono dei pannelli, realizzati in materiale rigido od espanso (tipicamente schiuma uretanica) impregnato di carbone o grafite colloidale, ovvero di una sostanza resistiva in grado di assorbire le onde elettromagnetiche (**Figura 2**).

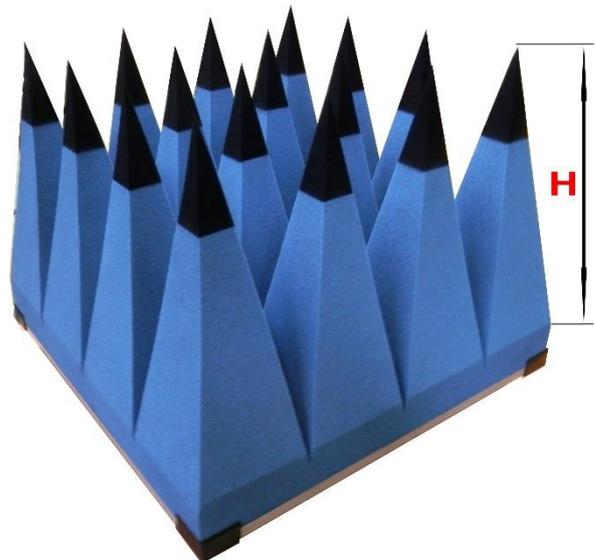
La loro forma particolare, consistente in elementi piramidali a sezione quadrata uniti alla base in modo da formare un *quadrotto* di 610×610 mm, è concepita per intrappolare il raggio elettromagnetico incidente, che viene riflesso molte volte tra le pareti dei coni stessi dissipando sotto forma di calore l’energia associata.

La **Figura 2** mostra uno dei pannelli da 610×610 mm, prodotti dalla nota azienda *Emerson & Cuming*, utilizzati in azienda nella costruzione della camera anecoica. Qui appare in evidenza la quota principale **H**, ovvero la dimensione dei coni, dalla quale dipende la minima frequenza di funzionamento a parità di riflettività di questi ultimi, ovvero una specie di *frequenza di taglio*.

Ovvio ricordare che, maggiore è il valore di **H**, minore sarà la “frequenza di taglio”.



**Figura 3**  
Riflettività degli assorbitori piramidali ECCOSORB VHP-NRL  
(Fonte: Emerson & Cuming).



**Figura 2**  
Assorbitori piramidali ECCOSORB VHP-NRL  
prodotti dall’azienda Emerson & Cuming.

In letteratura vi sono varie espressioni matematiche che stimano i valori di riflettività di un certo materiale assorbente, sia in funzione del suo spessore che dell'angolo di incidenza. Inoltre sono disponibili, dai vari produttori di assorbitori, delle curve di riflettività, ovvero di attenuazione di un raggio riflesso rispetto ad un'onda incidente in direzione normale ai pannelli stessi, simili a quelle riportate in **Figura 3**.

Per la nostra particolare applicazione sono stati scelti degli assorbitori con  $H=420\text{ mm}$  (*ECCOSORB VHP-18*) che, avendoli già utilizzati sul campo anni addietro, rappresentano un ottimo compromesso tra ingombro meccanico e prestazioni elettriche.

#### 4. Costruzione della camera anecoica.

La costruzione della camera anecoica interna alla nostra azienda ha fatto tesoro di tutte le precedenti esperienze dello scrivente che, negli anni di professione, ha avuto modo di vedere ed utilizzare svariate camere, sia piccole che grandi.

Pertanto nel progetto sono state prese in considerazione le seguenti raccomandazioni, con l'intento di realizzare un sistema di misura in campo lontano, idoneo alla caratterizzazione di antenne dalle V/UHF in su:

- Utilizzo di assorbitori piramidali di marca, con specifiche elettriche ben definite e garantite;
- Utilizzo di una struttura portante in materiale dielettrico (legno lamellare), con una costruzione che minimizzi l'impiego di elementi di connessione metallici (camera non schermata);
- Progetto di pareti mobili, ovvero completamente e facilmente spostabili mediante ruote, sia per effettuare della manutenzione sia per poter entrare nella camera con oggetti voluminosi;
- Pavimento ricoperto con assorbitori piramidali "a vista", ovvero non di tipo sopraelevato (flottante) con i coni posizionati al di sotto di esso.

In questa sede non è possibile dilungarsi troppo sui dettagli costruttivi di tale struttura, né spiegare il perché delle scelte costruttive intraprese.

Questi argomenti da soli riempirebbero infatti ben più di un articolo.

In **Figura 4** è mostrata la ricopertura della struttura del tetto mediante i pannelli di materiale assorbente: ogni quadrotto è stato incollato, mediante un adesivo specifico della stessa *Emerson & Cuming*, ad un supporto in legno lamellare provvisto di sedi fresate o di golfare per permetterne l'installazione rispettivamente sulle pareti verticali e sul soffitto.

Alla fine della realizzazione sono stati posti in opera circa 400 pannelli di materiale assorbente, sia sotto forma di "coni" che di lastre piane, queste ultime utilizzate in prossimità degli spigoli.



**Figura 4**

Particolare della camera anecoica in costruzione: montaggio degli assorbitori sulla struttura del tetto.

... l'articolo continua nella [SECONDA PARTE.](#)

Hai bisogno di **un supporto tecnico per la misura e caratterizzazione delle tue antenne** oppure  
per **la progettazione di una camera anecoica?**

Scrivi a [bollini@elettromagneticservices.com](mailto:bollini@elettromagneticservices.com) oppure chiama il 338 16.66.122

*Grazie per il tempo che hai dedicato alla lettura di questo articolo. Se vuoi leggerne altri, trovi  
l'elenco completo qui:*

<https://www.elettromagneticservices.com/news>

*ElettroMagnetic Services*  
SRL  
*Trasmetti la tua eccellenza!*