



INGEGNERIA DEI SISTEMI

*Rev. 1.0*

*N°doc.: RT/2014/124*

*Config.: RTW/ANT\_MIS14-PRCS-OUT-RT*

## RAPPORTO TECNICO

Caratterizzazione di un'antenna di tipo “*horn conico ad apertura circolare*” in banda Ka

*Pisa, 01/10/2014*

|          |     |   |
|----------|-----|---|
| Allegati | nr: | 0 |
|----------|-----|---|

**PAROLE CHIAVE:** MISURE, STRUMENTI, TEST, ANTENNE, GUADAGNO, PATTERN

**SOMMARIO**

Il documento riporta la descrizione ed i risultati della caratterizzazione di un'antenna di tipo *"horn conico ad apertura circolare"* in banda Ka, di produzione RTW S.r.l.

Questo documento riporta i risultati della attività di misura del contratto al consumo stipulato con RTW S.r.l. e prevede la fatturazione di un giorno di misura in Far Field ([DA3]) in accordo a quanto riportato in [DA1], [DA2].

**CONCLUSIONI:**

L'attività di misura si conclude con la caratterizzazione dell'AUT.

I risultati sono riportati in Tab. 6.1.

| <i>Evoluzione del documento</i> |            |                            |
|---------------------------------|------------|----------------------------|
| Revisione                       | Data       | Motivazione della Modifica |
| Rev. 1.0                        | 01/10/2014 | Prima edizione             |
|                                 |            |                            |
|                                 |            |                            |

| <i>Registrazione Modifiche al Documento</i> |             |                       |
|---|-------------|-----------------------|
| RNC   | Riferimenti | Descrizione modifiche |
|   |             |                       |
|   |             |                       |
|   |             |                       |

## INDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. Introduzione.....</b>                       | <b>5</b>  |
| <b>1.1 Scopo.....</b>                             | <b>5</b>  |
| <b>1.2 Campo di Applicazione.....</b>             | <b>5</b>  |
| <b>1.3 Riferimenti .....</b>                      | <b>5</b>  |
| 1.3.1 Documenti Applicabili .....                 | 5         |
| <b>1.4 Acronimi, Definizioni e Modelli .....</b>  | <b>5</b>  |
| 1.4.1 Acronimi .....                              | 5         |
| 1.4.2 Definizioni .....                           | 5         |
| <b>2. Descrizione del setup di misura .....</b>   | <b>8</b>  |
| <b>3. Descrizione dell'AUT .....</b>              | <b>10</b> |
| <b>4. Parametri e strumentazione di test.....</b> | <b>11</b> |
| <b>4.1 Parametri di test .....</b>                | <b>11</b> |
| <b>4.2 Strumentazione di test .....</b>           | <b>11</b> |
| <b>5. Risultati delle misure .....</b>            | <b>12</b> |
| <b>5.1 Piano di Azimut .....</b>                  | <b>13</b> |
| 5.1.1 Co-Polare .....                             | 13        |
| 5.1.2 Cross-Polare .....                          | 15        |
| <b>5.2 Piano di Elevazione .....</b>              | <b>18</b> |
| 5.2.1 Co-Polare .....                             | 18        |
| 5.2.2 Cross-Polare .....                          | 20        |
| <b>6. Conclusioni.....</b>                        | <b>23</b> |

## INDICE DELLE FIGURE

|  |    |
|--|----|
| FIG. 1.1 – RAPPRESENTAZIONE CARTESIANA DEL DIAGRAMMA DI IRRADIAZIONE SUL PIANO DI ELEVAZIONE .....           | 6  |
| FIG. 1.2 – RAPPRESENTAZIONE CARTESIANA DEL DIAGRAMMA DI IRRADIAZIONE SUL PIANO DI AZIMUT .....               | 7  |
| FIG. 2.1 – CAMERA DI MISURA IDS .....  | 8  |
| FIG. 2.2 – SCHEMA DEL SETUP DI MISURA .....  | 8  |
| FIG. 2.3 – ESEMPIO DI MAPPA DI GUADAGNO .....  | 9  |
| FIG. 3.1 – ANTENNA HORN IN BANDA KA AD APERTURA CIRCOLARE .....  | 10 |
| FIG. 4.1 – ANTENNA DI RIFERIMENTO UTILIZZATA PER LA CARATTERIZZAZIONE DELL'AUT .....                         | 11 |
| FIG. 5.1 – GUADAGNO DELL'AUT AL BORESIGHT .....  | 12 |
| FIG. 5.2 – MAPPA DI GUADAGNO “FREQUENZA VS. ANGOLO” SUL PIANO AZIMUT – CO-POLARE .....                       | 13 |
| FIG. 5.3 – MAPPA DI DIRETTIVITÀ NORMALIZZATA A 0DB “FREQUENZA VS. ANGOLO” SUL PIANO AZIMUT – CO-POLARE ..... | 13 |
| FIG. 5.4 – DIAGRAMMA DI IRRADIAZIONE SUL PIANO DI AZIMUT ALLA FREQUENZA DI 24.25GHZ – CO-POLARE .....        | 14 |
| FIG. 5.5 – DIAGRAMMA DI IRRADIAZIONE SUL PIANO DI AZIMUT ALLA FREQUENZA DI 25.00GHZ – CO-POLARE .....        | 14 |

---

|   |    |
|---|----|
| FIG. 5.6 – DIAGRAMMA DI IRRADIAZIONE SUL PIANO DI AZIMUT ALLA FREQUENZA DI 25.25GHZ – CO-POLARE .....             | 15 |
| FIG. 5.7 – MAPPA DI GUADAGNO “FREQUENZA VS. ANGOLO” SUL PIANO AZIMUT – CROSS-POLARE .....                         | 15 |
| FIG. 5.8 – DIAGRAMMA DI IRRADIAZIONE SUL PIANO DI AZIMUT ALLA FREQUENZA DI 24.25GHZ – CROSS-POLARE .....          | 16 |
| FIG. 5.9 – DIAGRAMMA DI IRRADIAZIONE SUL PIANO DI AZIMUT ALLA FREQUENZA DI 25.00GHZ – CROSS-POLARE .....          | 16 |
| FIG. 5.10 – DIAGRAMMA DI IRRADIAZIONE SUL PIANO DI AZIMUT ALLA FREQUENZA DI 25.25GHZ – CROSS-POLARE .....         | 17 |
| FIG. 5.11 – MAPPA DI GUADAGNO “FREQUENZA VS. ANGOLO” SUL PIANO ELEVAZIONE – CO-POLARE .....                       | 18 |
| FIG. 5.12 – MAPPA DI DIRETTIVITÀ NORMALIZZATA A 0DB “FREQUENZA VS. ANGOLO” SUL PIANO ELEVAZIONE – CO-POLARE ..... | 18 |
| FIG. 5.13 – DIAGRAMMA DI IRRADIAZIONE SUL PIANO DI ELEVAZIONE ALLA FREQUENZA DI 24.25GHZ – CO-POLARE .....        | 19 |
| FIG. 5.14 – DIAGRAMMA DI IRRADIAZIONE SUL PIANO DI ELEVAZIONE ALLA FREQUENZA DI 24.75GHZ – CO-POLARE .....        | 19 |
| FIG. 5.15 – DIAGRAMMA DI IRRADIAZIONE SUL PIANO DI ELEVAZIONE ALLA FREQUENZA DI 25.25GHZ – CO-POLARE .....        | 20 |
| FIG. 5.16 – MAPPA DI GUADAGNO “FREQUENZA VS. ANGOLO” SUL PIANO ELEVAZIONE – CROSS-POLARE .....                    | 20 |
| FIG. 5.17 – DIAGRAMMA DI IRRADIAZIONE SUL PIANO DI ELEVAZIONE ALLA FREQUENZA DI 24.25GHZ – CROSS-POLARE .....     | 21 |
| FIG. 5.18 – DIAGRAMMA DI IRRADIAZIONE SUL PIANO DI ELEVAZIONE ALLA FREQUENZA DI 25.00GHZ – CROSS-POLARE .....     | 21 |
| FIG. 5.19 – DIAGRAMMA DI IRRADIAZIONE SUL PIANO DI ELEVAZIONE ALLA FREQUENZA DI 25.25GHZ – CROSS-POLARE .....     | 22 |

## INDICE DELLE TABELLE

|   |    |
|---|----|
| TAB. 4.1 – STRUMENTAZIONE UTILIZZATA PER L’ESECUZIONE DELL’ATTIVITÀ DI MISURA ..... | 11 |
| TAB. 6.1 – CARATTERIZZAZIONE DELL’ANTENNA.....                                      | 23 |

## 1. INTRODUZIONE

### 1.1 Scopo

Il documento riporta la descrizione ed i risultati della caratterizzazione di un'antenna di tipo “horn conico ad apertura circolare” in banda Ka, di produzione RTW S.r.l.

### 1.2 Campo di Applicazione

Il campo di applicazione del documento è quello relativo alle misure di caratterizzazione di antenne.

### 1.3 Riferimenti

I sotto citati documenti si intendono applicabili nella versione ufficialmente rilasciata al momento dell'emissione del presente documento.

#### 1.3.1 Documenti Applicabili

- [DA1] Quotazione IDS n° PI/0514/2014
- [DA2] Ordine RTW S.r.l. n° 140602 del 16/06/2014
- [DA3] Conferma dell'ordine per un giorno di misura in Far Field del 11/07/2014 a mezzo mail di RTW S.r.l.

### 1.4 Acronimi, Definizioni e Modelli

#### 1.4.1 Acronimi

|      |                         |
|------|-------------------------|
| AUT  | Antenna Under Test      |
| HPBW | Half Power Beam Width   |
| IDS  | Ingegneria Dei Sistemi  |
| N.A. | Non Applicable          |
| RF   | Radio Frequenza         |
| RTW  | Ride The Wave S.r.l.    |
| S/N  | Serial Number           |
| VNA  | Vector Network Analyzer |

#### 1.4.2 Definizioni

**Guadagno [dBi]:** Guadagno dell'antenna riferito al guadagno di un antenna isotropica:

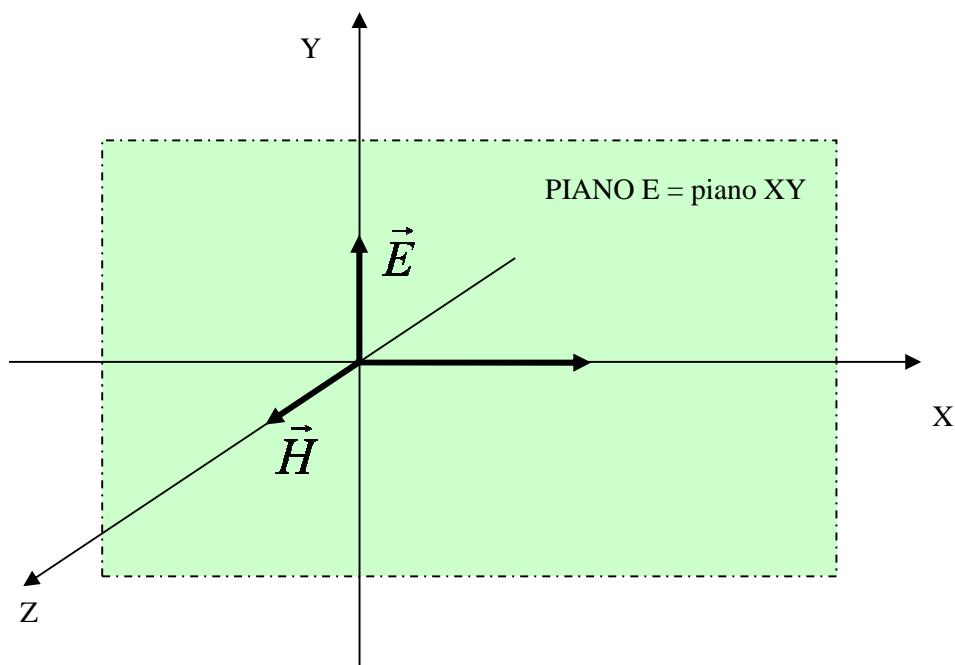
$$G[dBi] = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{G_{antenna}}{G_{isotropica}} \right)$$

**Boresight:** asse in corrispondenza del quale si ha il guadano massimo (ovvero il massimo della potenza irradiata) di un'antenna direzionale

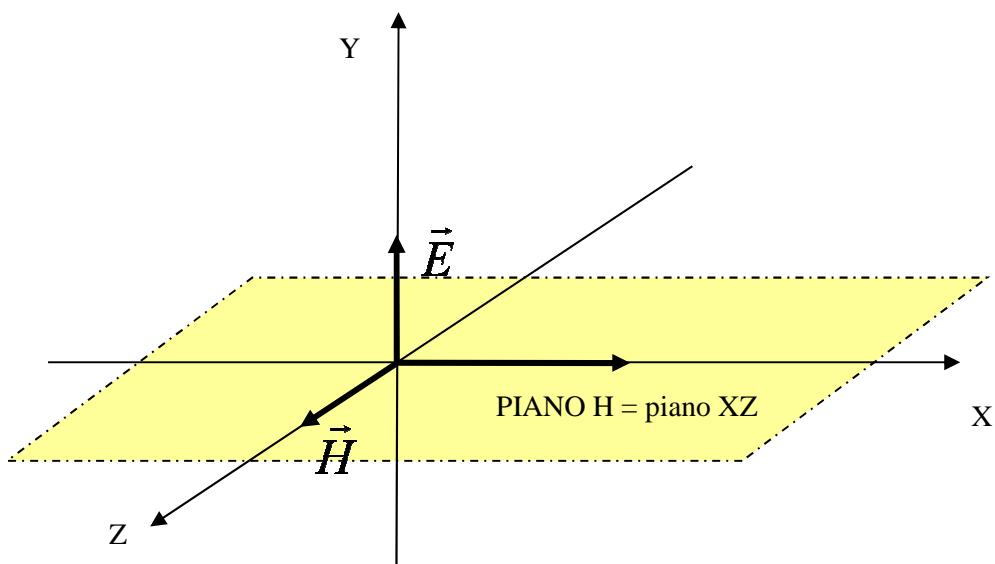
**Diagramma di irradiazione:** rappresentazione tridimensionale del guadano dell'antenna. Considerando un sistema di riferimento cartesiano e fissando l'asse x come direzione di boresight, si definiscono i diagrammi di irradiazione sul piano E (Piano di Elevazione) e sul piano H (Piano di Azimut)

**Piano E (diagramma di irradiazione sul piano di Elevazione):** taglio del diagramma di irradiazione tridimensionale in corrispondenza del piano contenente il vettore campo elettrico ( $\vec{E}$ ) ed il vettore di boresight (piano XY di Fig. 1.1).

**Piano H (diagramma di irradiazione sul piano di Azimut):** taglio del diagramma di irradiazione tridimensionale in corrispondenza del piano contenente il vettore campo magnetico ( $\vec{H}$ ) ed il vettore di boresight (piano XZ di Fig. 1.2).



**Fig. 1.1 – Rappresentazione cartesiana del diagramma di irradiazione sul piano di Elevazione**



**Fig. 1.2 – Rappresentazione cartesiana del diagramma di irradiazione sul piano di Azimut**

## 2. DESCRIZIONE DEL SETUP DI MISURA

L'intera attività di caratterizzazione dell'antenna è stata eseguita nella Camera di Misura IDS con misure a trasmissione in spazio libero, si veda Fig. 2.1.

La misura del diagramma di irradiazione è stata eseguita facendo ruotare l'AUT su un apposito posizionatore e durante il movimento, con cadenza variabile in funzione del campionamento angolare impostato, è stato acquisito con un VNA l'accoppiamento diretto (parametro S21 in modulo e fase) tra l'AUT e l'antenna di riferimento che illuminava al boresight l'AUT.

In Fig. 2.2 si riporta uno schema del setup per questa tipologia di misure.

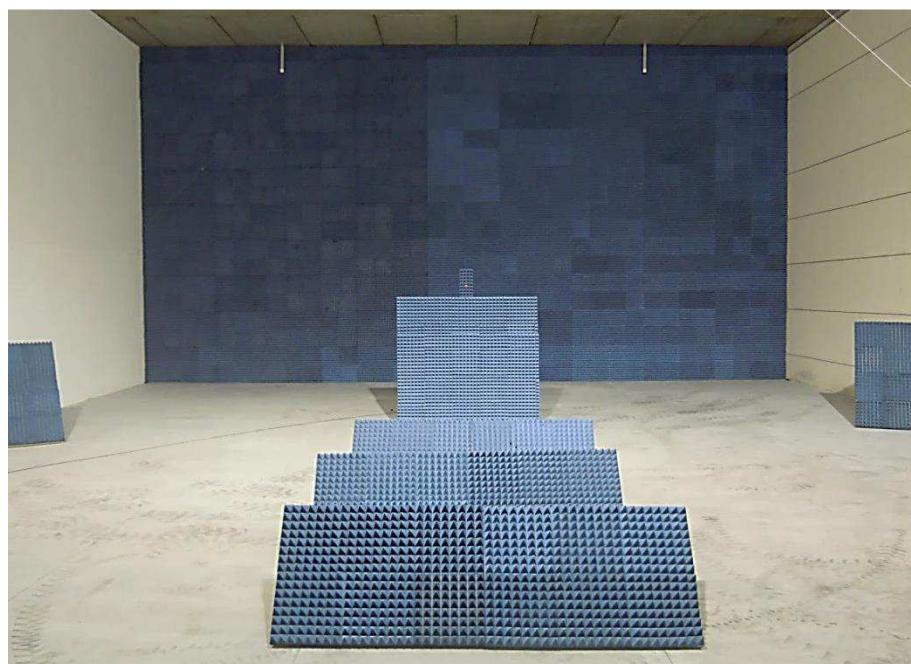


Fig. 2.1 – Camera di Misura IDS

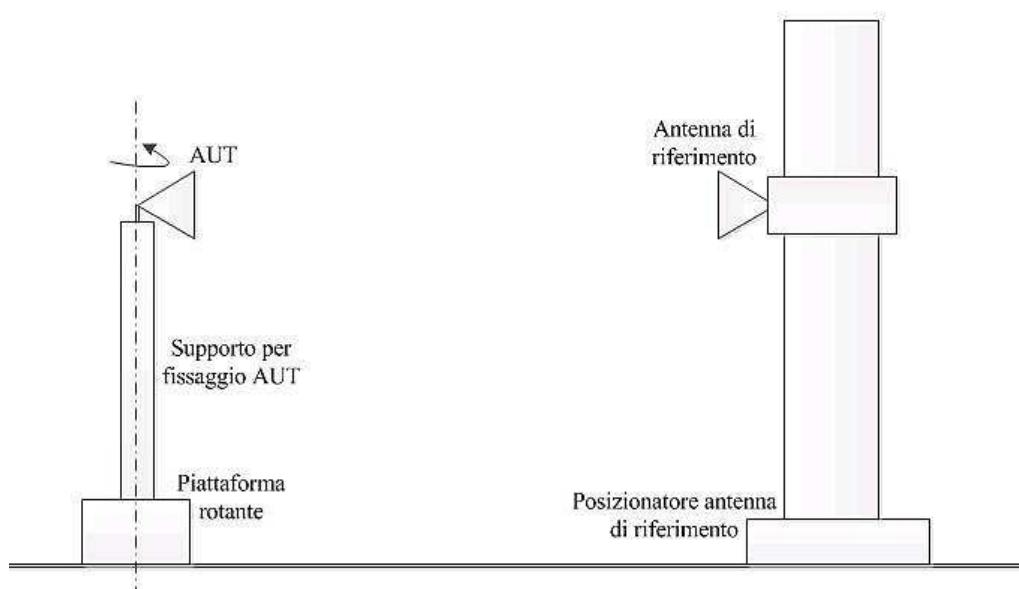


Fig. 2.2 – Schema del setup di misura

Tutte le misure sono state condotte in condizioni di campo lontano, in accordo alla seguente equazione:

$$\text{Eq. 2.1} \quad R \geq \frac{2D^2}{\lambda}$$

dove:

- $R$  è la distanza di campo lontano
- $D$  è la dimensione massima dell'AUT
- $\lambda$  è la lunghezza d'onda in corrispondenza della massima frequenza di esercizio dell'antenna.

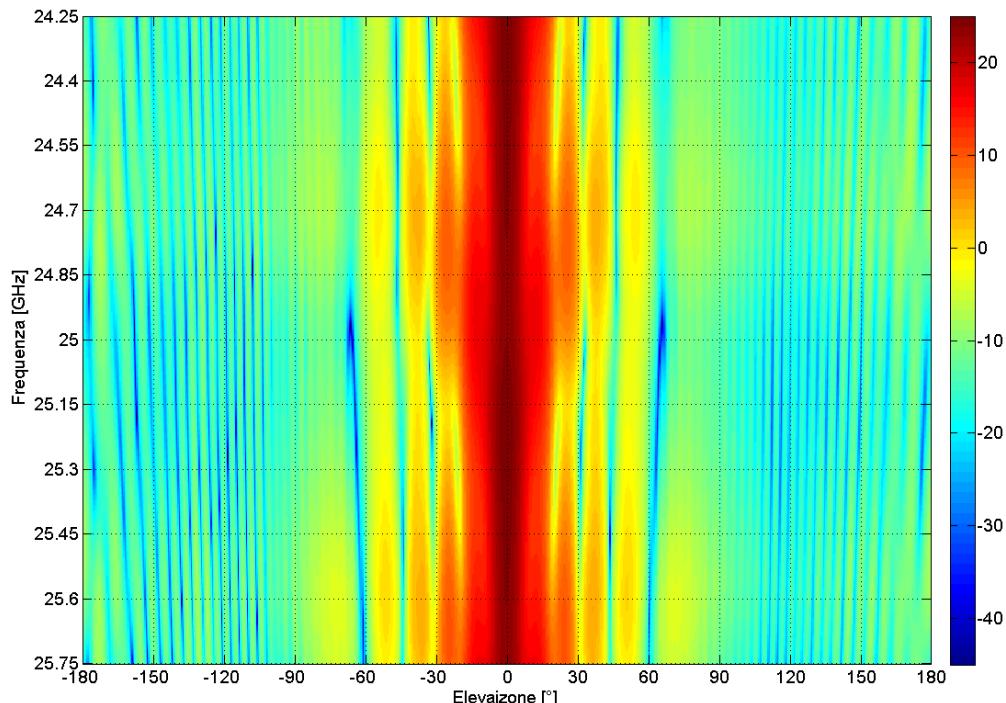
Dal dato misurato con il VNA (parametro S21) è stato eseguito il calcolo del guadagno per ciascun campione in frequenza acquisito secondo la seguente equazione:

$$\text{Eq. 2.2} \quad G_{AUT} = \frac{|S21|^2}{G_{TX}} \cdot \frac{(4\pi R)^2}{\lambda^2}$$

dove:

- $G_{AUT}$  è il guadagno dell'antenna da caratterizzare
- $G_{TX}$  è il guadagno al boresight dell'antenna nota di riferimento
- $S21$  è il parametro S misurato con il VNA
- $R$  è la distanza geometrica tra le antenne
- $\lambda$  è la lunghezza d'onda calcolata per ciascun campione in frequenza acquisito

Il risultato finale della procedura di processing è la mappa di guadagno riportata in Fig. 2.3 dalla quale vengo estratti i diagrammi di irradiazione alle frequenze di interesse.



**Fig. 2.3 – Esempio di mappa di guadagno**

### 3. DESCRIZIONE DELL'AUT

L'AUT caratterizzato è un'antenna di tipo “*horn conico ad apertura circolare*” in banda Ka.

Il diametro dell'apertura circolare è di 75mm, la lunghezza è di 200mm.

L'AUT è stato misurato provvisto di copertura di protezione della bocca realizzata in “*Rexolite 1422*”.

L'esemplare caratterizzato si identifica attraverso il numero di modello “A-143950” ed il numero seriale “204-09/14”.

La figura seguente mostra l'AUT misurato, si veda Fig. 3.1.



**Fig. 3.1 – Antenna horn in banda Ka ad apertura circolare**

## 4. PARAMETRI E STRUMENTAZIONE DI TEST

### 4.1 Parametri di test

Le misure sono state eseguite nella banda di frequenze 24-25.5GHz con step <2.5MHz.

Il diagramma di irradiazione sul piano di Azimut è stato misurato nel settore angolare 0-360° con step di 0.5°, per entrambi i casi di Co- e Cross- Polarizzazione.

Il diagramma di irradiazione sul piano di Elevazione è stato misurato nel settore angolare 0-360° con step di 0.5°, per entrambi i casi di Co- e Cross- Polarizzazione.

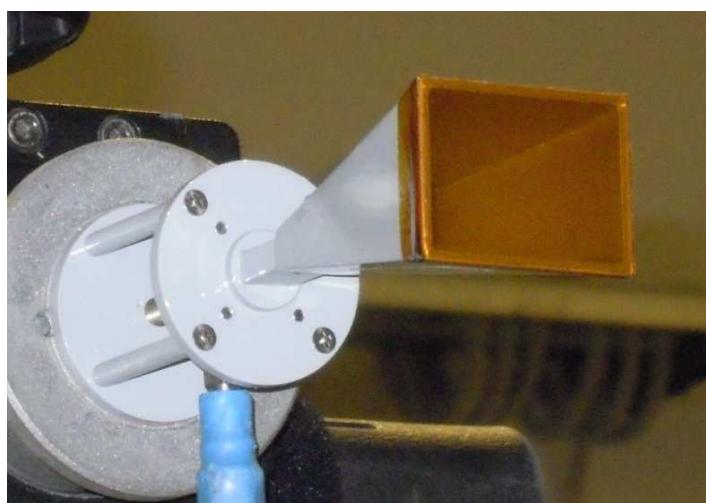
### 4.2 Strumentazione di test

La seguente tabella riporta la strumentazione utilizzata per eseguire l'attività di misura.

| Strumento                       | Costruttore       | Modello         | S/N        | Data prossima calibrazione           |
|---------------------------------|-------------------|-----------------|------------|--------------------------------------|
| Analizzatore di Reti Vettoriale | Agilent           | PNA-X N5242A    | MY48420947 | 09/09/2015                           |
| Antenna di Test                 | Officine Pasquali | A-120630        | 201        | 07/01/2015                           |
| Cavi RF                         | Huber Suhner      | Sucoflex 104PEA | N.A.       | N.A.(Verificato prima dell'utilizzo) |
| Piattaforma Rotante             | Meccanica Scotti  | TEC250          | TE-A 1396  | N.A.                                 |

**Tab. 4.1 – Strumentazione utilizzata per l'esecuzione dell'attività di misura**

L'antenna di riferimento utilizzata per la misura e la seguente calibrazione dell'AUT è un'antenna polarizzata linearmente in banda Ka, si veda Fig. 4.1.



**Fig. 4.1 – Antenna di riferimento utilizzata per la caratterizzazione dell'AUT**

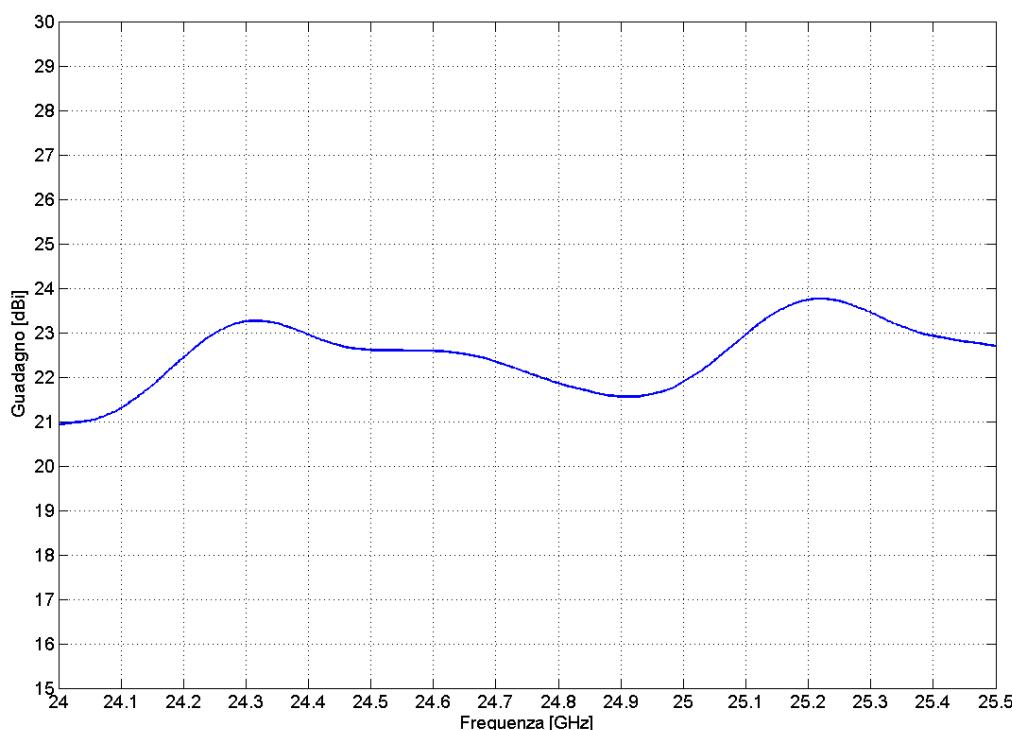
## 5. RISULTATI DELLE MISURE

Nel presente paragrafo si riportano i risultati delle misure condotte sull'AUT nei i seguenti formati:

- Mappa di guadagno (Frequenza Vs. Scansione in angolo);
- Mappa di direttività normalizzata (Frequenza Vs. Scansione in angolo) ottenuta dalla precedente mappa di guadagno normalizzando a 0dB il massimo valore di guadagno per ogni campione in frequenza acquisito;
- Grafico cartesiano (Guadagno Vs. Scansione in angolo) descrivente il diagramma di irradiazione dell'antenna estratto alle frequenze:
  - $f_1 = 24.25\text{GHz}$ ,
  - $f_2 = 25.00\text{GHz}$ ,
  - $f_3 = 25.25\text{GHz}$ .

I risultati vengono riportati per entrambi i piani di Azimut ed Elevazione dell'AUT.

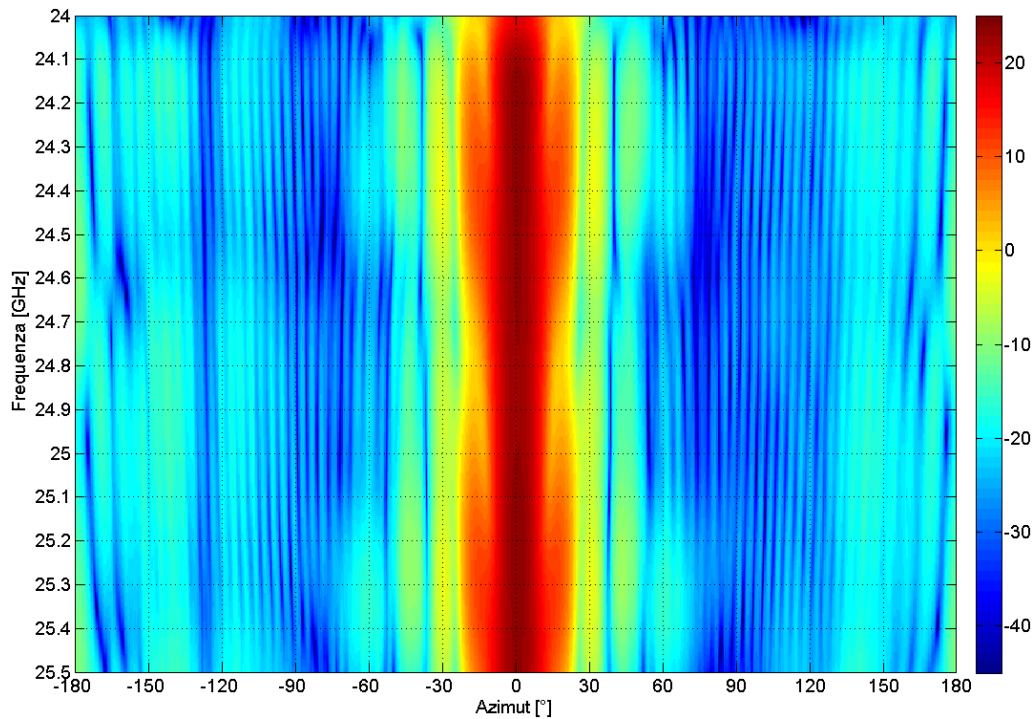
In Fig. 5.1 invece si riporta un'estrazione del guadagno dell'AUT al boresight nella banda di interesse 24-25.5GHz.



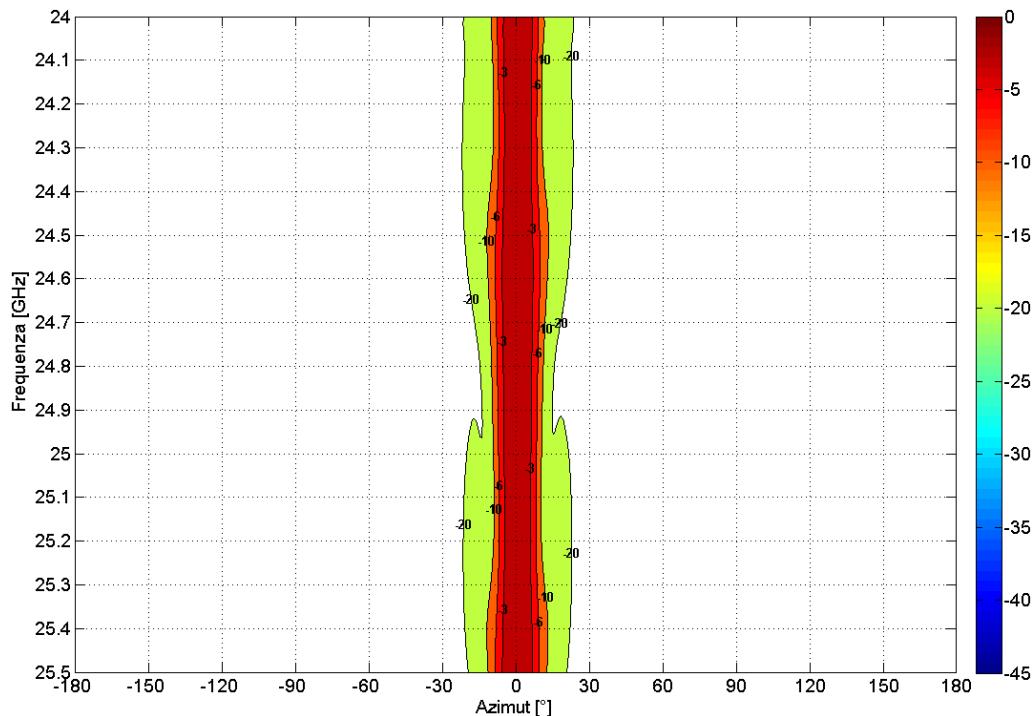
**Fig. 5.1 – Guadagno dell'AUT al boresight**

## 5.1 Piano di Azimut

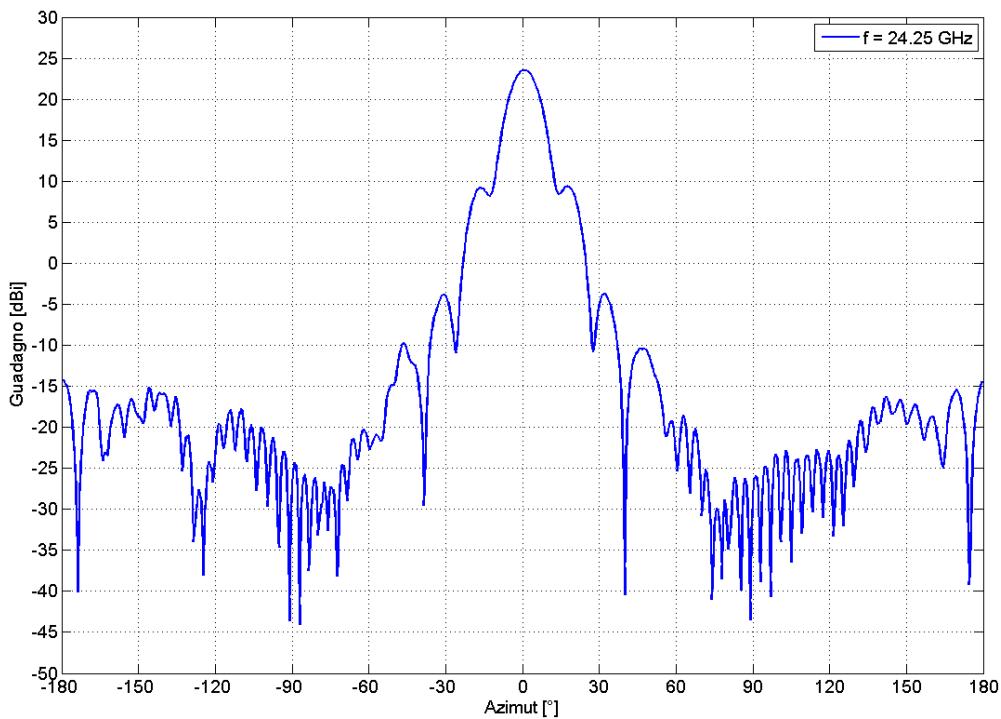
### 5.1.1 Co-Polare



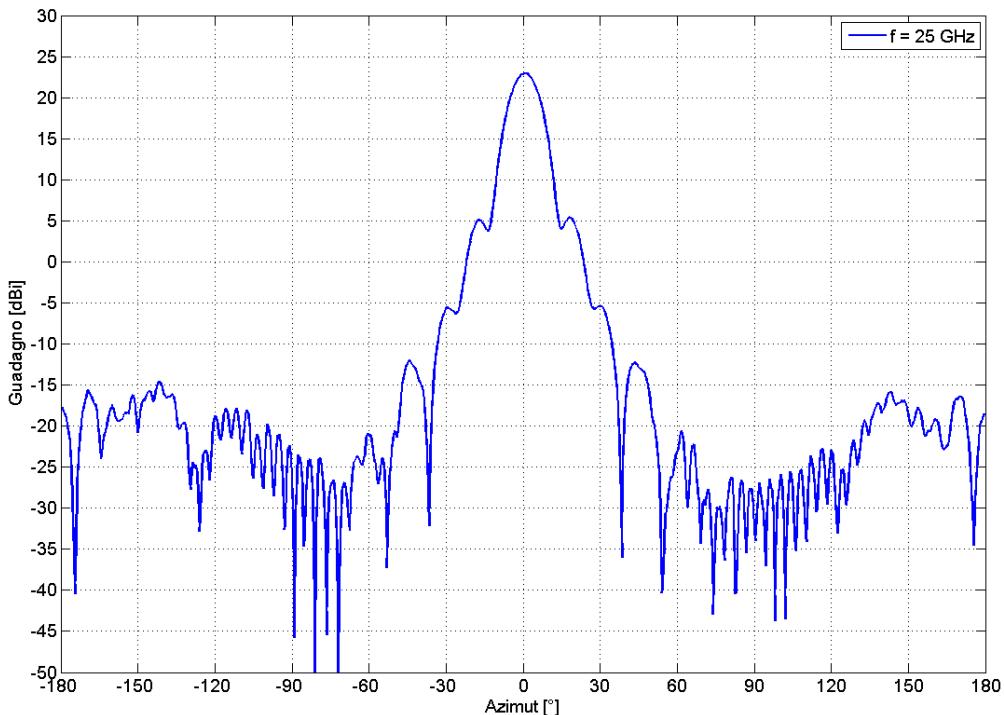
**Fig. 5.2 – Mappa di guadagno “Frequenza Vs. Angolo” sul piano Azimut – Co-Polare**



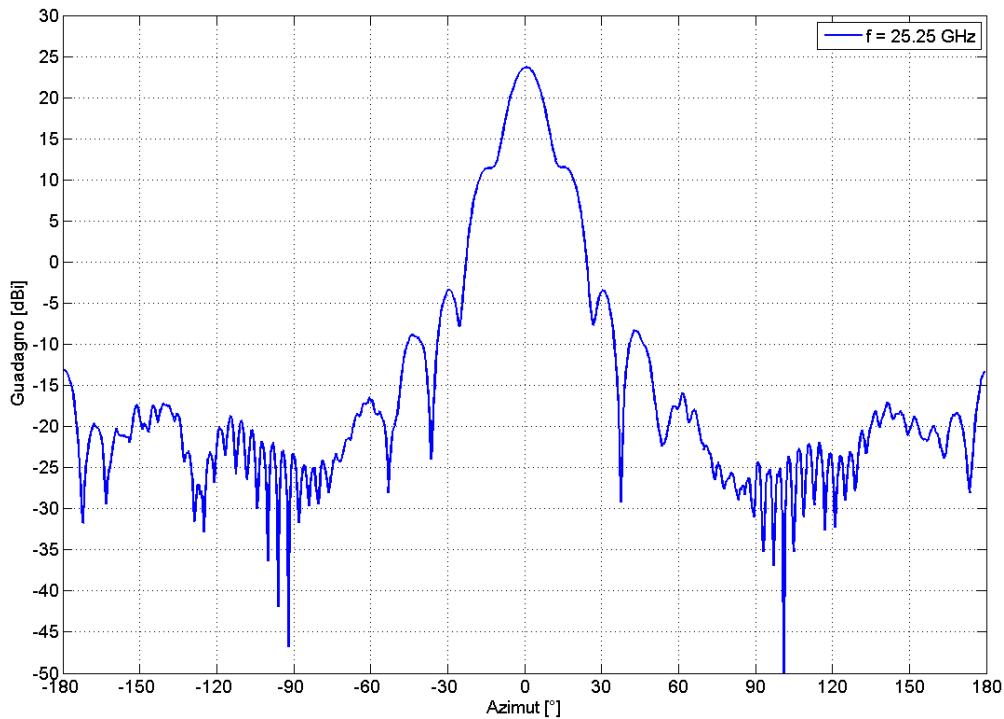
**Fig. 5.3 – Mappa di direttività normalizzata a 0dB “Frequenza Vs. Angolo” sul piano Azimut – Co-Polare**



**Fig. 5.4 – Diagramma di irradiazione sul Piano di Azimut alla frequenza di 24.25GHz – Co-Polare**

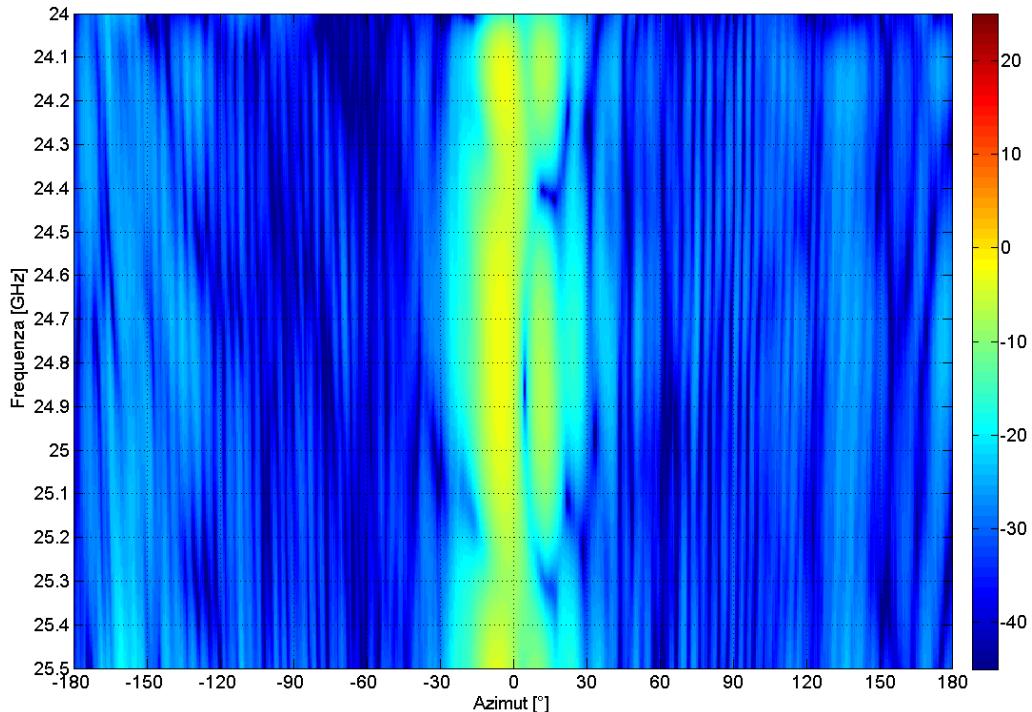


**Fig. 5.5 – Diagramma di irradiazione sul Piano di Azimut alla frequenza di 25.00GHz – Co-Polare**

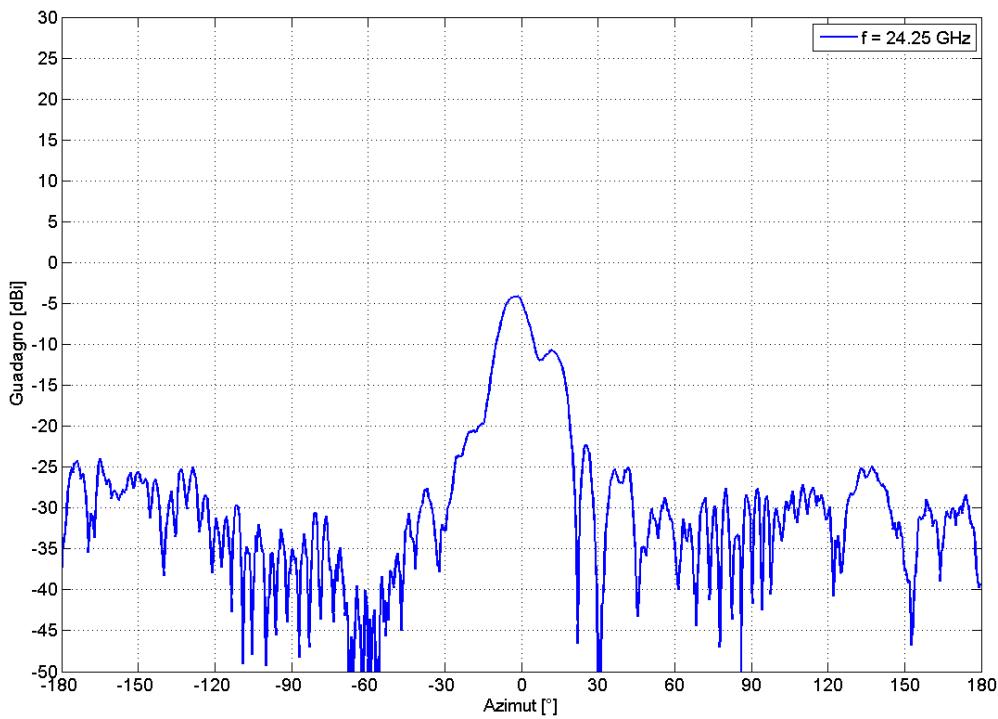


**Fig. 5.6 – Diagramma di irradiazione sul Piano di Azimut alla frequenza di 25.25GHz – Co-Polare**

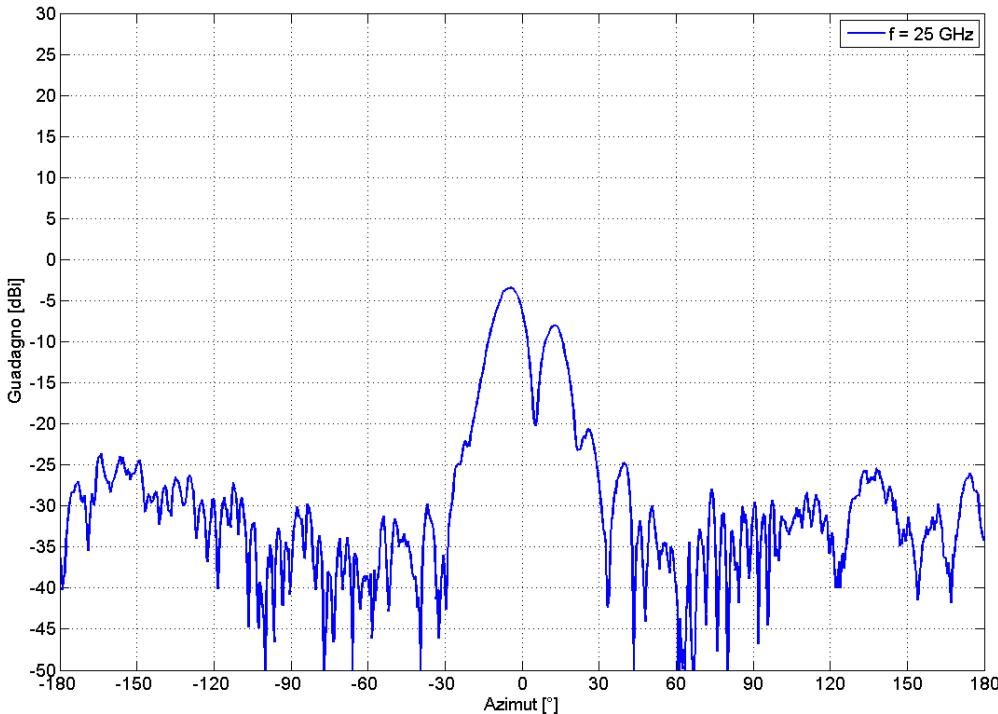
### 5.1.2 Cross-Polare



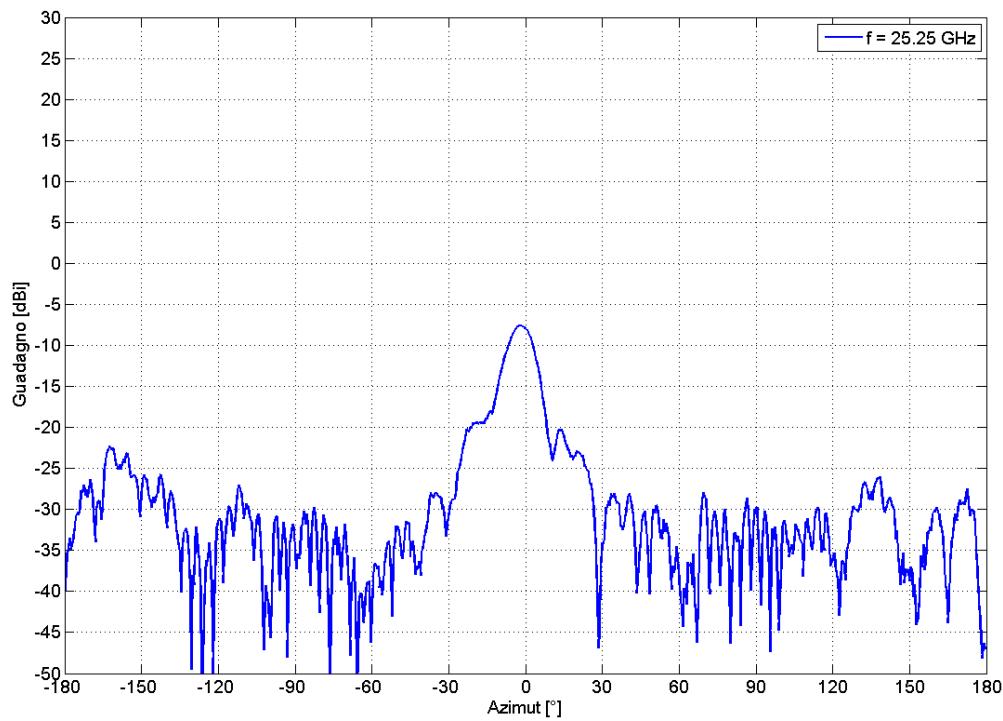
**Fig. 5.7 – Mappa di guadagno ‘Frequenza Vs. Angolo’ sul piano Azimut – Cross-Polare**



**Fig. 5.8 – Diagramma di irradiazione sul Piano di Azimut alla frequenza di 24.25GHz – Cross-Polare**



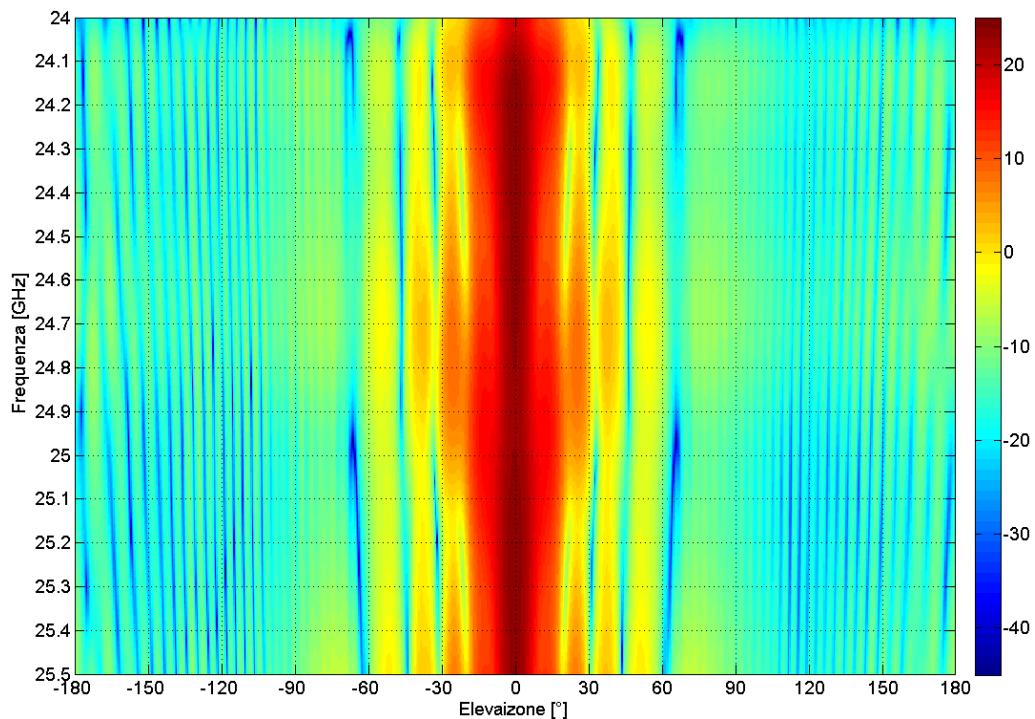
**Fig. 5.9 – Diagramma di irradiazione sul Piano di Azimut alla frequenza di 25.00GHz – Cross-Polare**



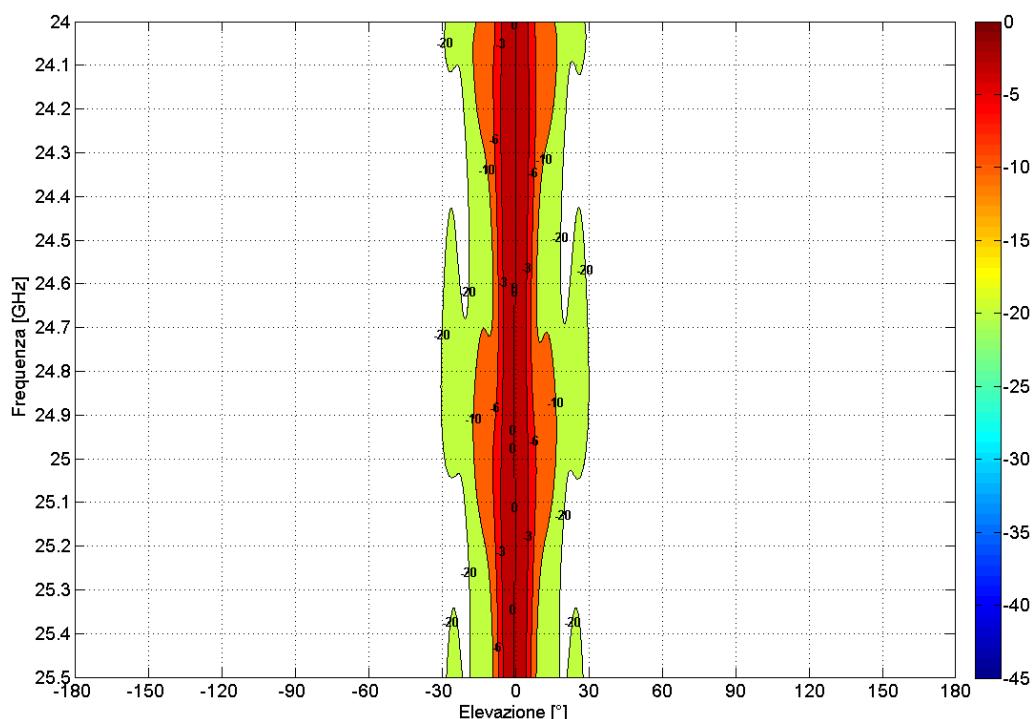
**Fig. 5.10 – Diagramma di irradiazione sul Piano di Azimut alla frequenza di 25.25GHz – Cross-Polare**

## 5.2 Piano di Elevazione

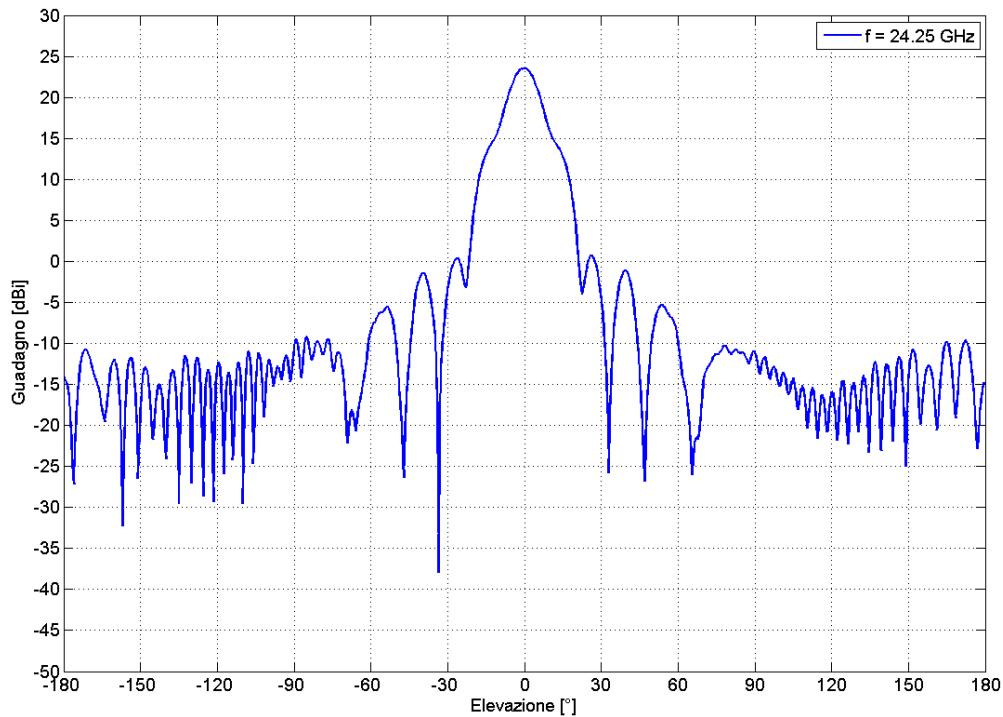
### 5.2.1 Co-Polare



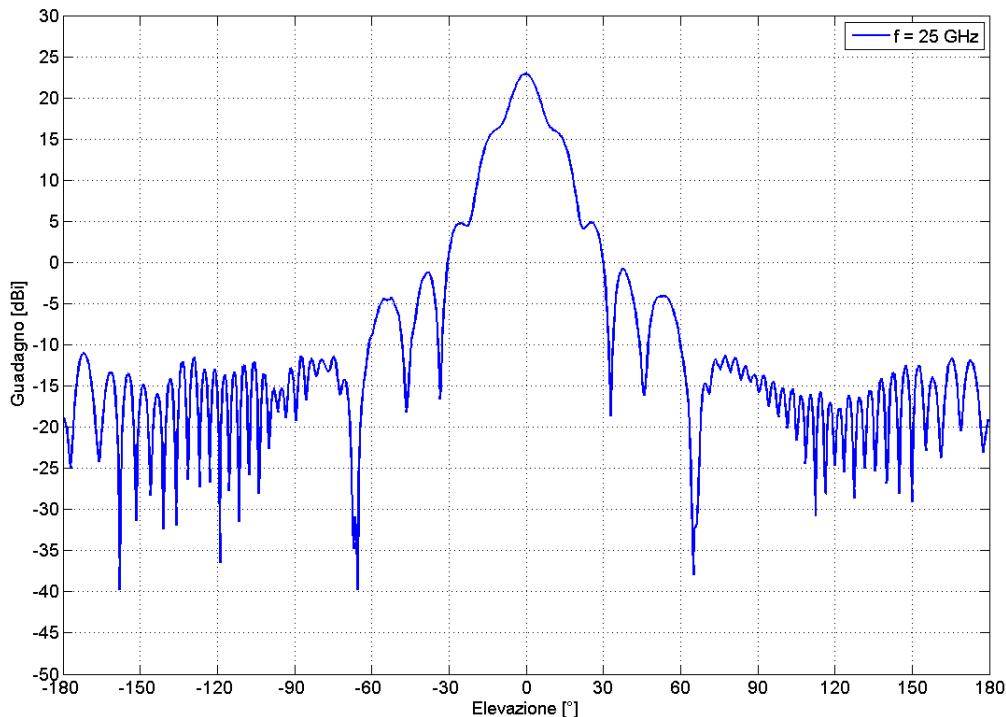
**Fig. 5.11 – Mappa di guadagno “Frequenza Vs. Angolo” sul piano Elevazione – Co-Polare**



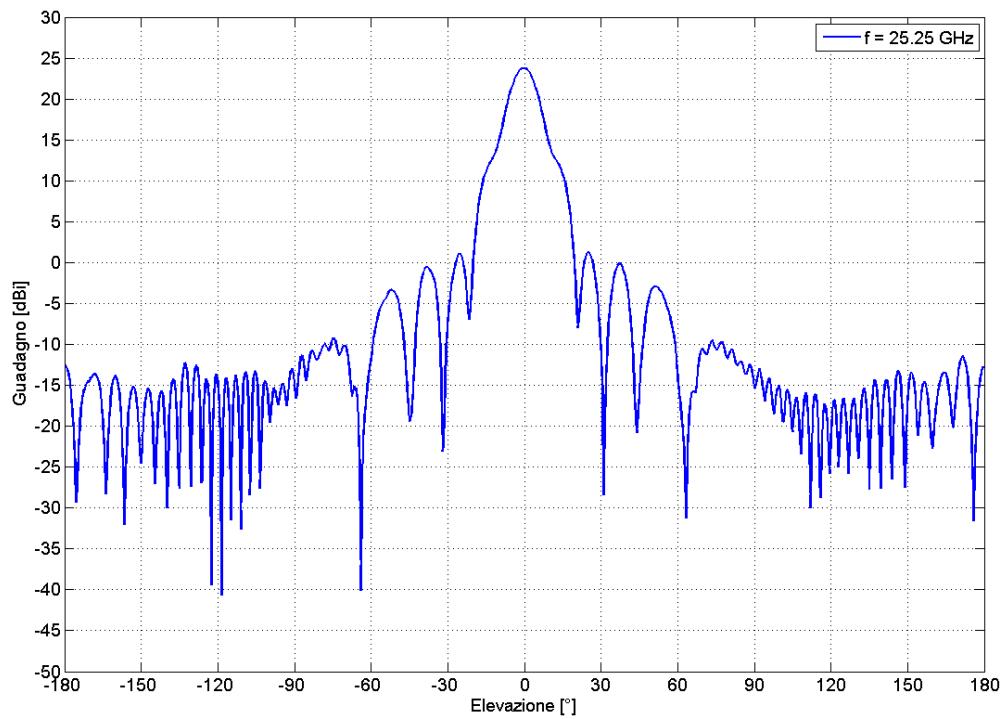
**Fig. 5.12 – Mappa di direttività normalizzata a 0dB “Frequenza Vs. Angolo” sul piano Elevazione – Co-Polare**



**Fig. 5.13 – Diagramma di irradiazione sul Piano di Elevazione alla frequenza di 24.25GHz – Co-Polare**

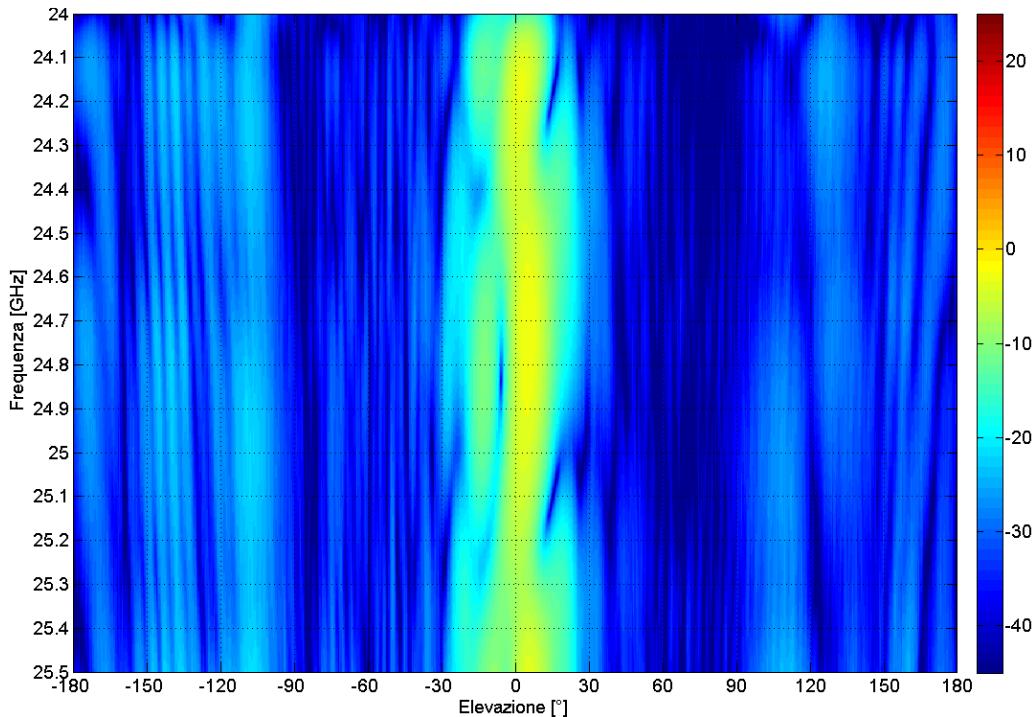


**Fig. 5.14 – Diagramma di irradiazione sul Piano di Elevazione alla frequenza di 24.75GHz – Co-Polare**

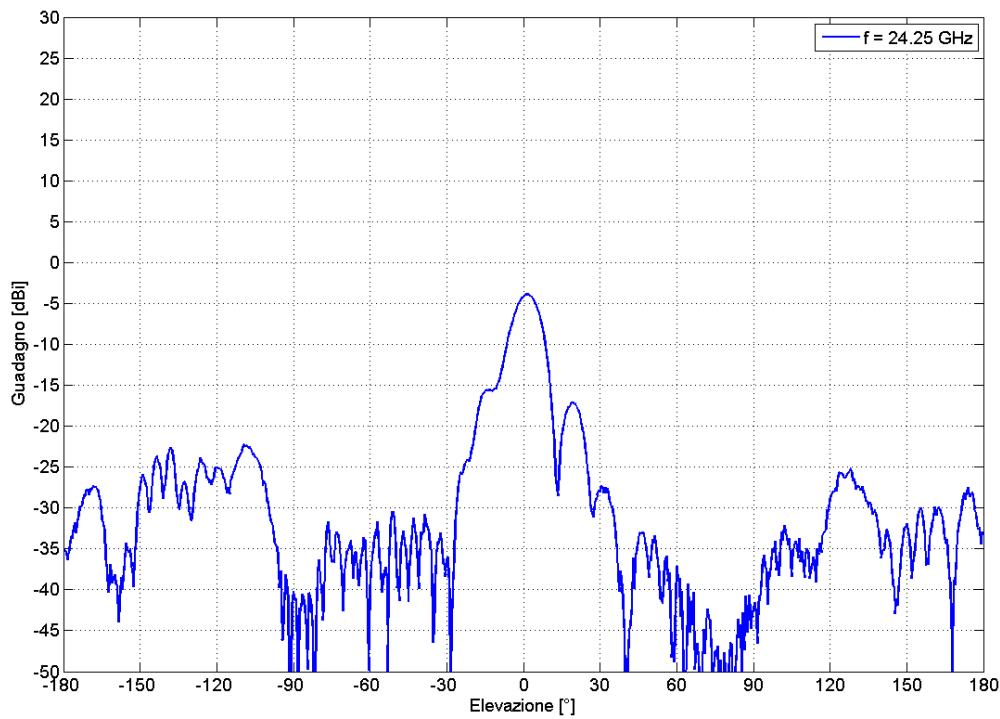


**Fig. 5.15 – Diagramma di irradiazione sul Piano di Elevazione alla frequenza di 25.25GHz – Co-Polare**

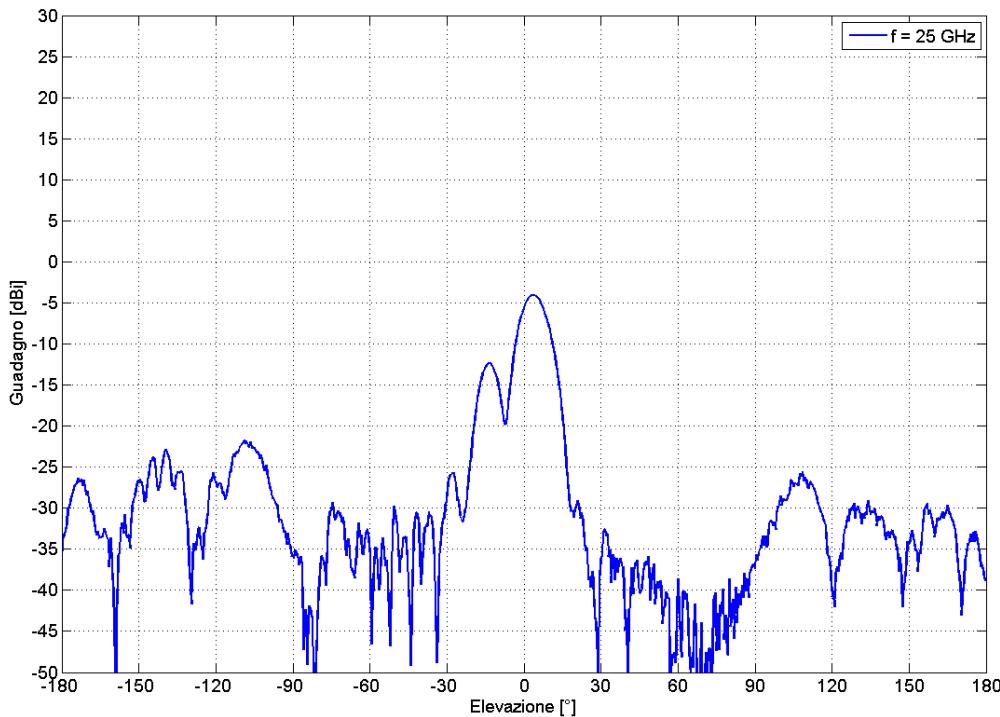
### 5.2.2 Cross-Polare



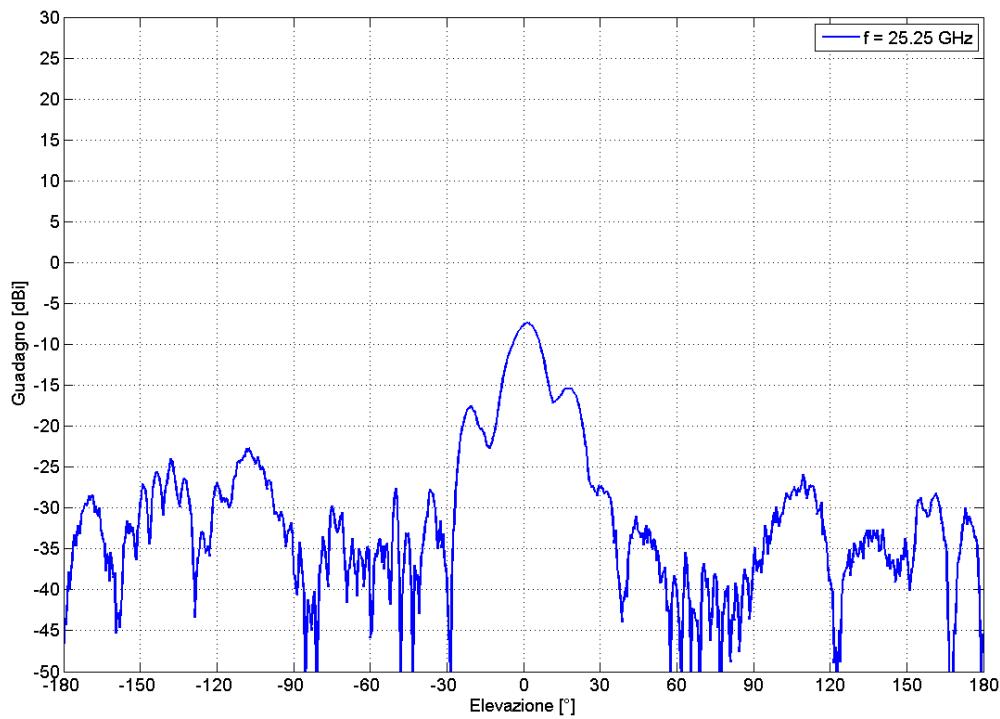
**Fig. 5.16 – Mappa di guadagno “Frequenza Vs. Angolo” sul piano Elevazione – Cross-Polare**



**Fig. 5.17 – Diagramma di irradiazione sul Piano di Elevazione alla frequenza di 24.25GHz – Cross-Polare**



**Fig. 5.18 – Diagramma di irradiazione sul Piano di Elevazione alla frequenza di 25.00GHz – Cross-Polare**



**Fig. 5.19 – Diagramma di irradiazione sul Piano di Elevazione alla frequenza di 25.25GHz – Cross-Polare**

## 6. CONCLUSIONI

Nella tabella seguente, si riassumono i risultati delle misure dell'AUT per il caso di Co-Polarizzazione. In particolare si riportano per le tre frequenze campione estratte nella banda di funzionamento dell'AUT:

- Guadagno al boresight, espresso in dBi;
- Ampiezza del fascio a metà potenza (HPBW), espresso in gradi decimali, per entrambi i piani di Azimut ed Elevazione;
- Livello del lobo laterale principale individuato, espresso in dBi, ed angolo al quale si localizza, espresso in gradi decimali, per entrambi i piani di Azimut ed Elevazione.

| <i>Caratterizzazione Antenna "Horn conico ad apertura circolare"</i> |                           |                                   |                 |                                  |
|--|---------------------------|-----------------------------------|-----------------|----------------------------------|
| P/N: A-143950, S/N: 204-09/14  |                           |                                   |                 |                                  |
| <i>Frequenza [MHz]</i>   | <i>Piano dell'antenna</i> | <i>Guadagno @ Boresight [dBi]</i> | <i>HPBW [°]</i> | <i>Livello dei Lobi Laterali</i> |
| <b>24250</b>   | Azimut                    | 23.5                              | 11.4            | 9.4dBi @ 17.5°                   |
|  | Elevazione                |                                   | 11.5            | 0.7dBi @ 26.0°                   |
| <b>25000</b>   | Azimut                    | 22.9                              | 11.5            | 5.1dBi @ 17.0°                   |
|  | Elevazione                |                                   | 11.0            | 4.7dBi @ 25.5°                   |
| <b>25250</b>   | Azimut                    | 23.7                              | 11.2            | 11.5dBi @ 15.0°                  |
|  | Elevazione                |                                   | 10.6            | 1.1dBi @ 25.0°                   |

**Tab. 6.1 – Caratterizzazione dell'antenna**

Il livello massimo della Cross-Polarizzazione è sempre inferiore di 25dB rispetto al boresight della Co-Polarizzazione.