

*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	01/102014	Prima edizione

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

## 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 Applicabile

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:

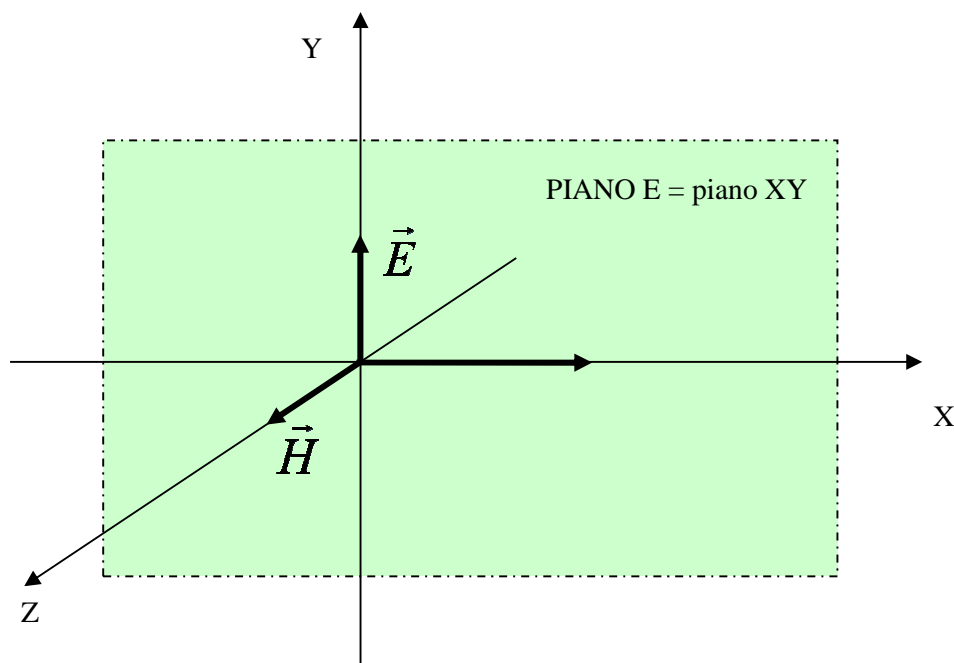
$$G[dBi] = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{G_{antenna}}{G_{isotropica}} \right)$$

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

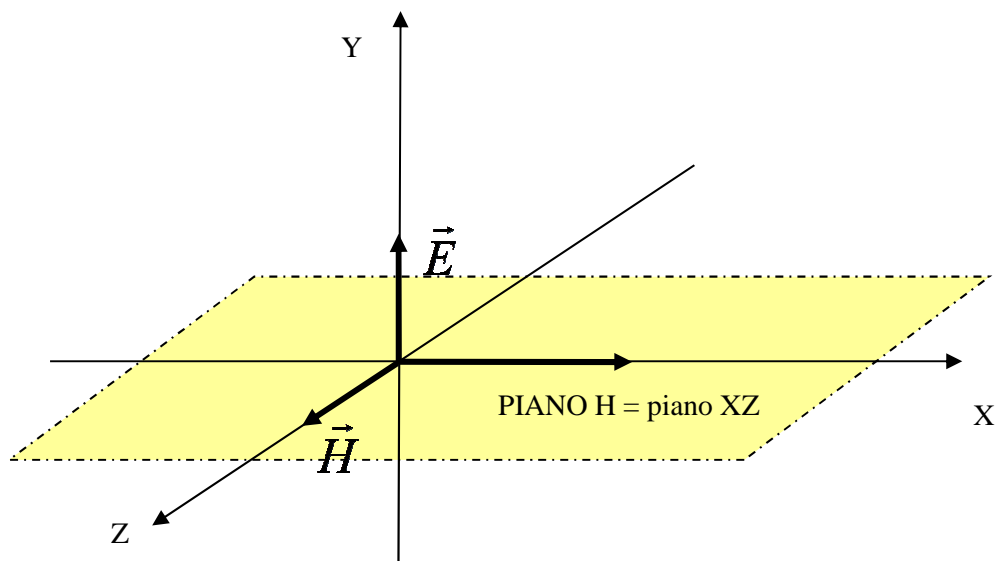
**Diagramma di irradiazione:** rappresentazione tridimensionale del guadagno dell'antenna. Considerando un sistema di riferimento cartesiano e fissando l'asse x come direzione di boresight, si definiscono i diagrammi di irradiazione sul piano E (Piano di Elevazione) e sul piano H (Piano di Azimut)

**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**



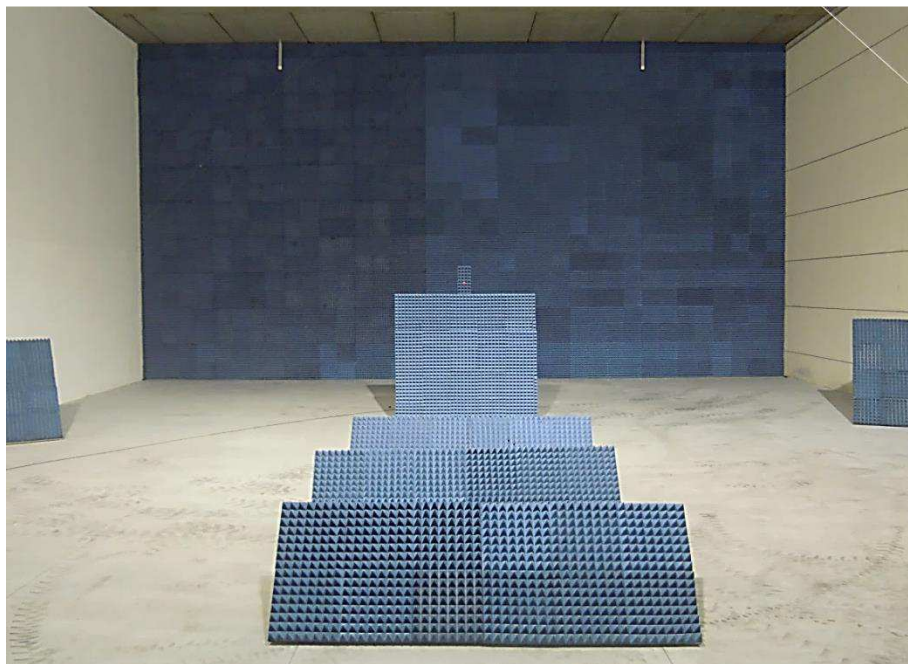
**Fig. 1.2 – Rappresentazione cartesiana del diagramma di irradiazione sul piano di Azimut**

## 2. DESCRIZIONE DEL SETUP DI MISURA

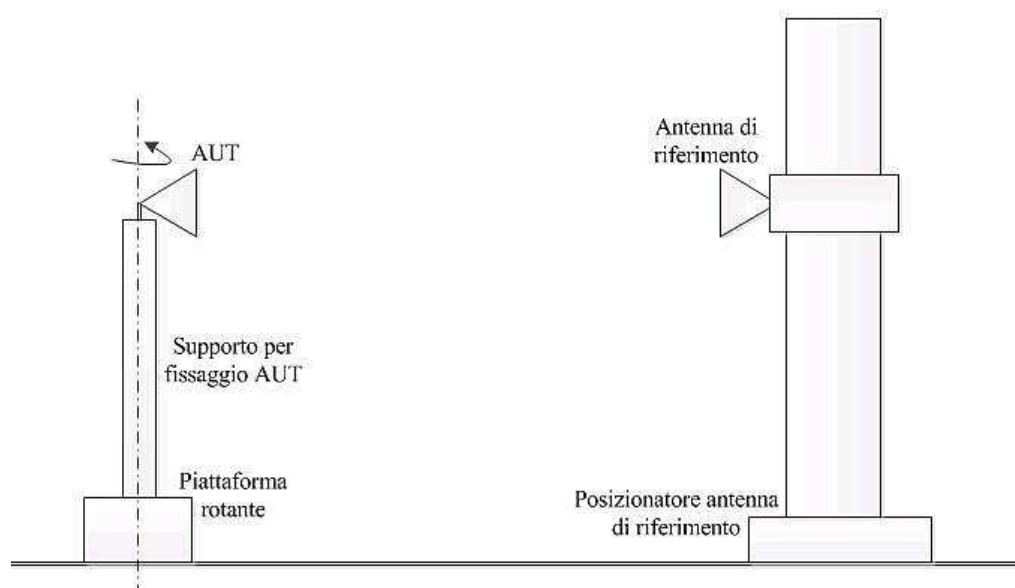
L'intera attività di caratterizzazione dell'antenna è stata eseguita nella Camera di Misura IDS con misure a trasmissione in spazio libero, si veda Fig. 2.1.

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.

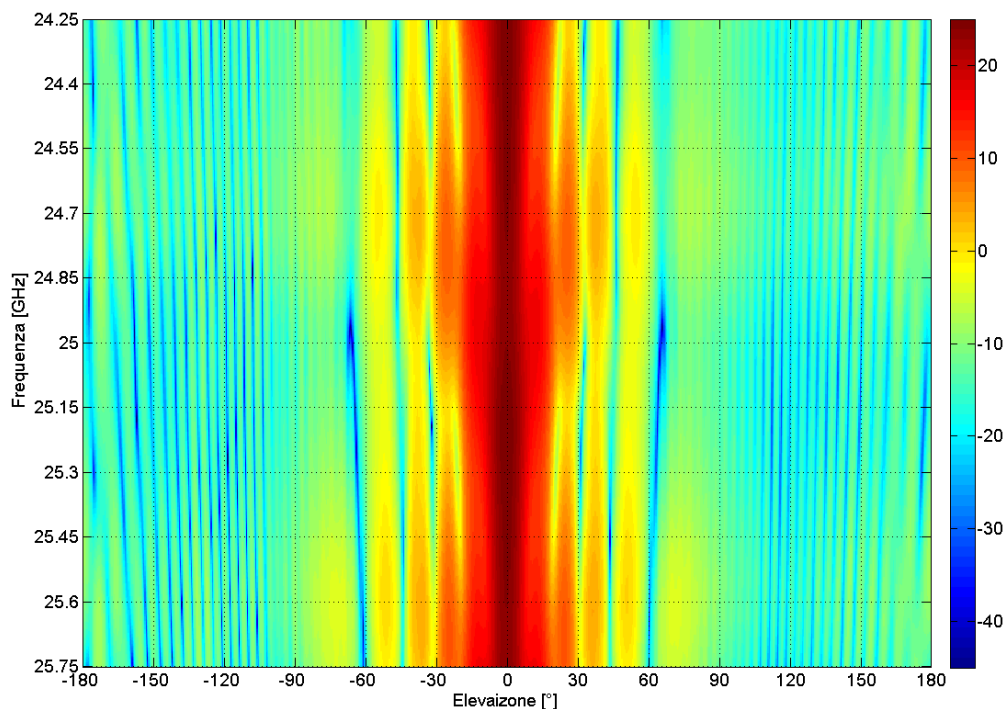
Dal dato misurato con il VNA (parametro S21) è stato eseguito il calcolo del guadagno per ciascun campione in frequenza acquisito secondo la seguente equazione:

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

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.

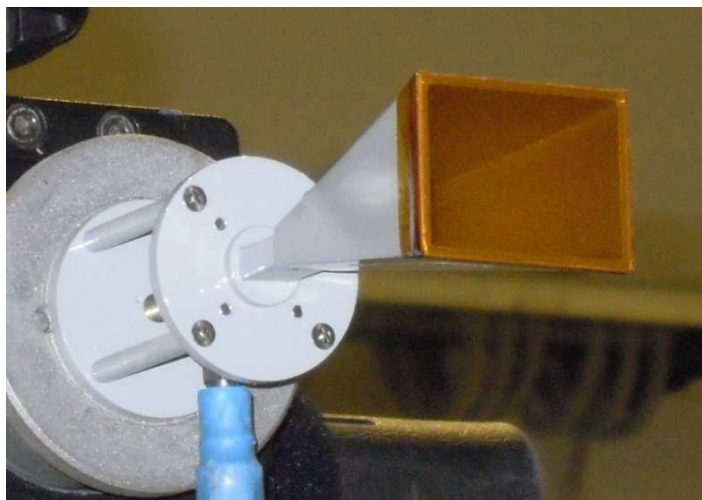
### **4.2 Strumentazione di test**

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

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

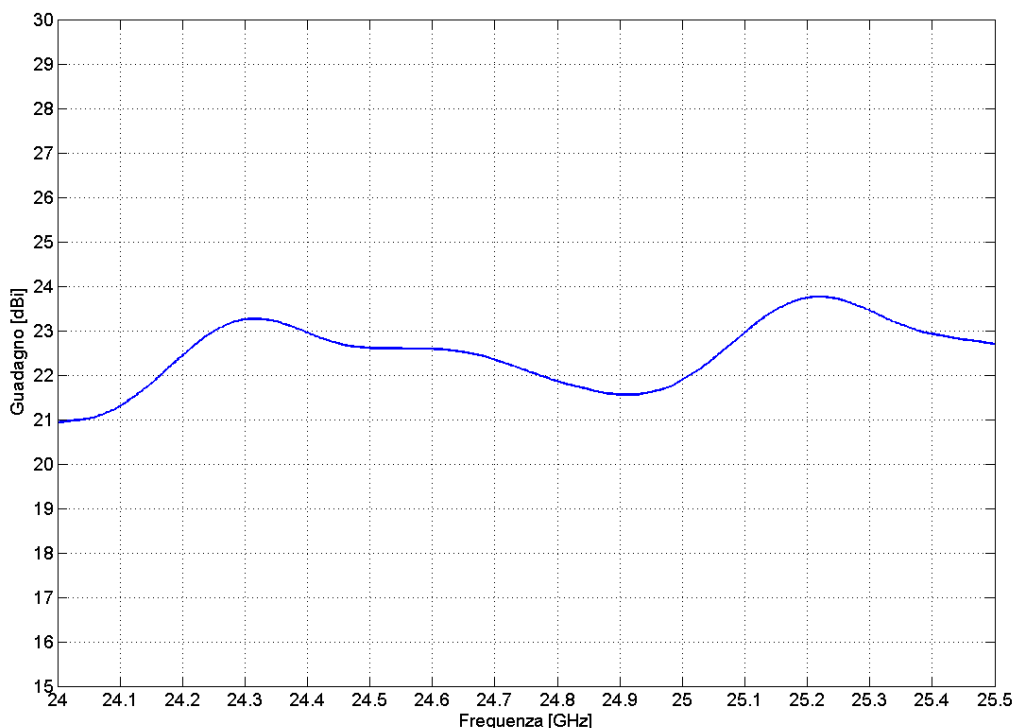
## 5. RISULTATI DELLE MISURE

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.

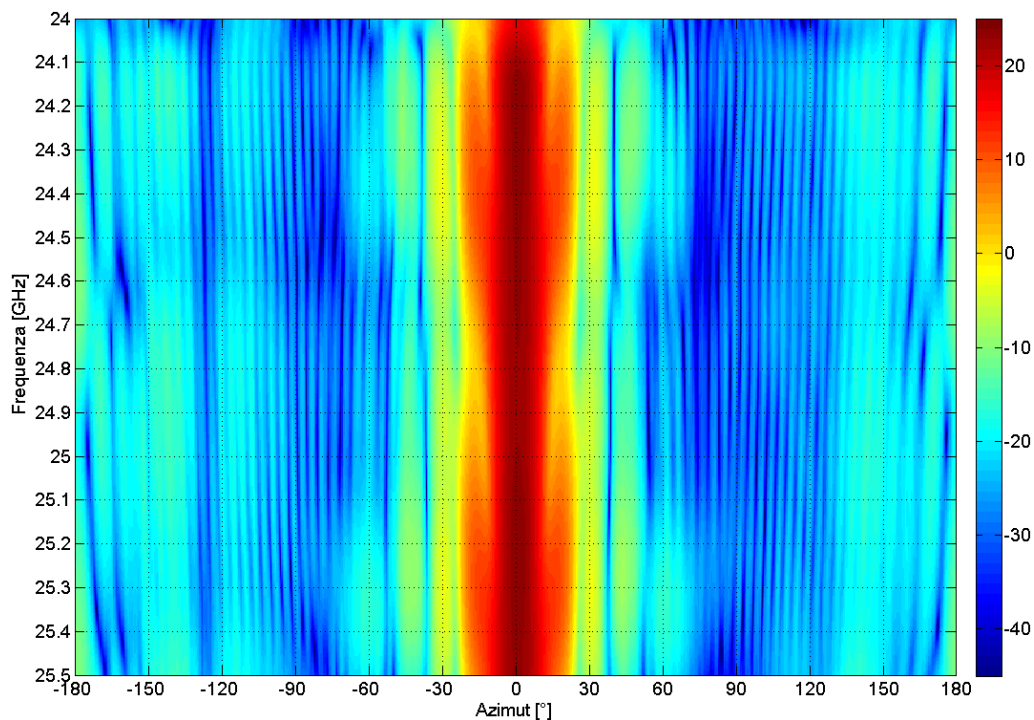
In Fig. 5.1 invece si riporta un'estrazione del guadagno dell'AUT al boresight nella banda di interesse 24-25.5GHz.



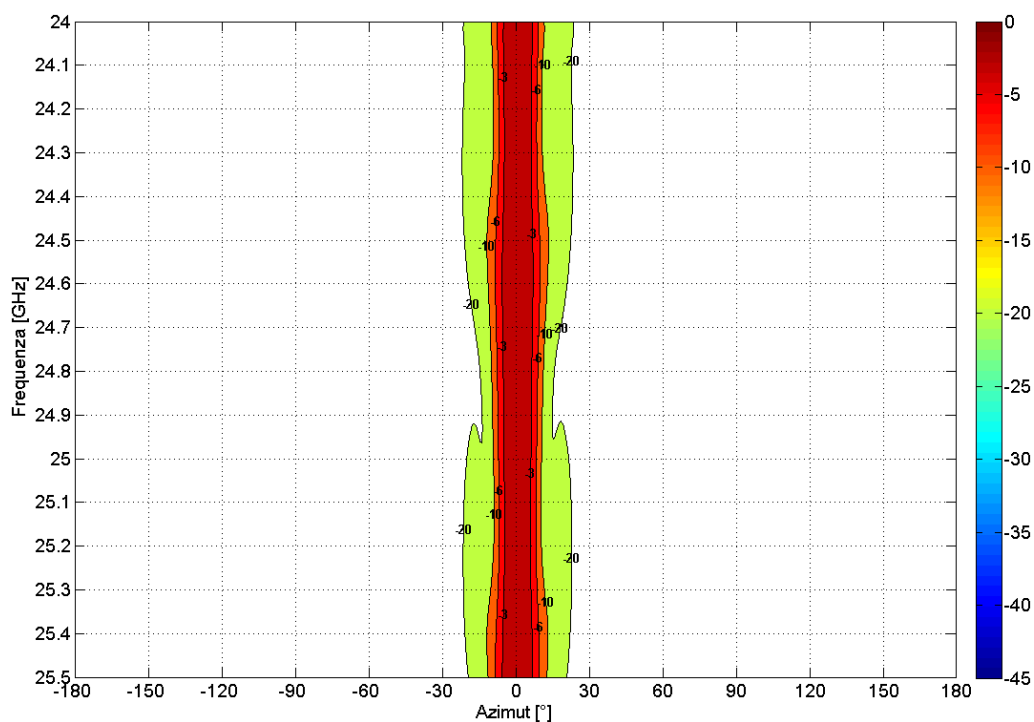
**Fig. 5.1 – Guadagno dell'AUT al boresight**

## 5.1 Piano di Azimut

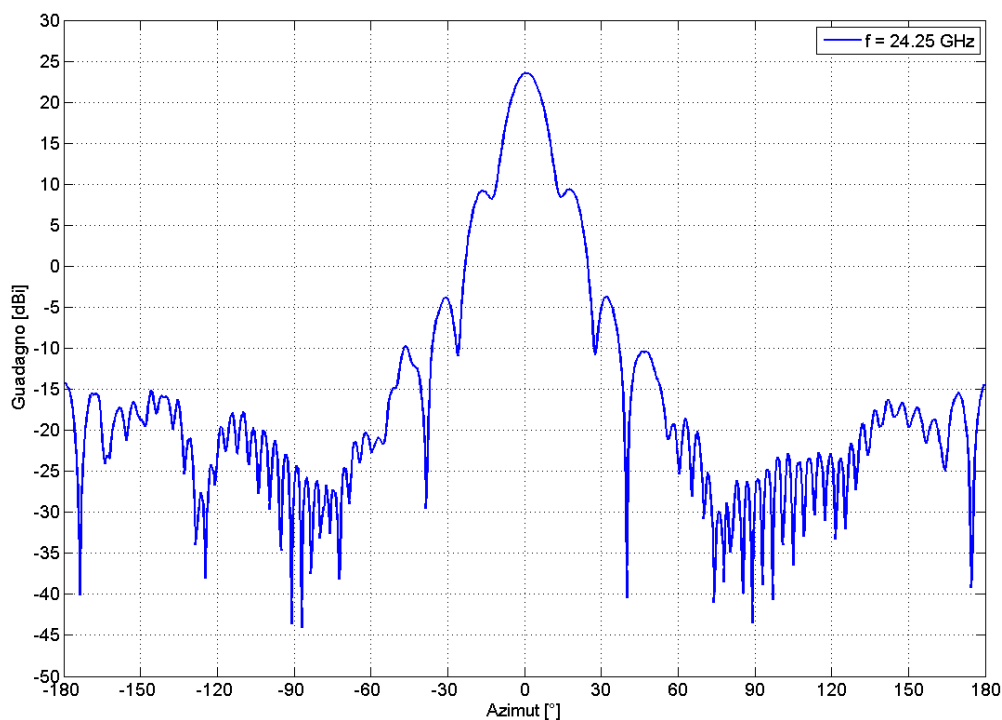
### 5.1.1 Co-Polare



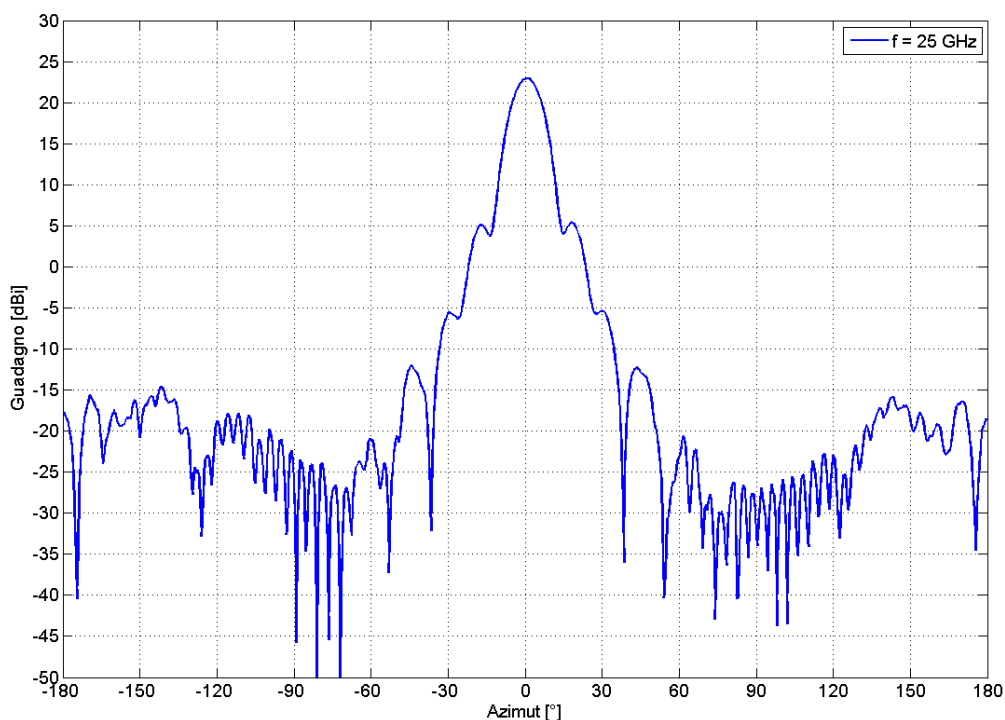
**Fig. 5.2 – Mappa di guadagno "Frequenza Vs. Angolo" sul piano Azimut – Co-Polare**



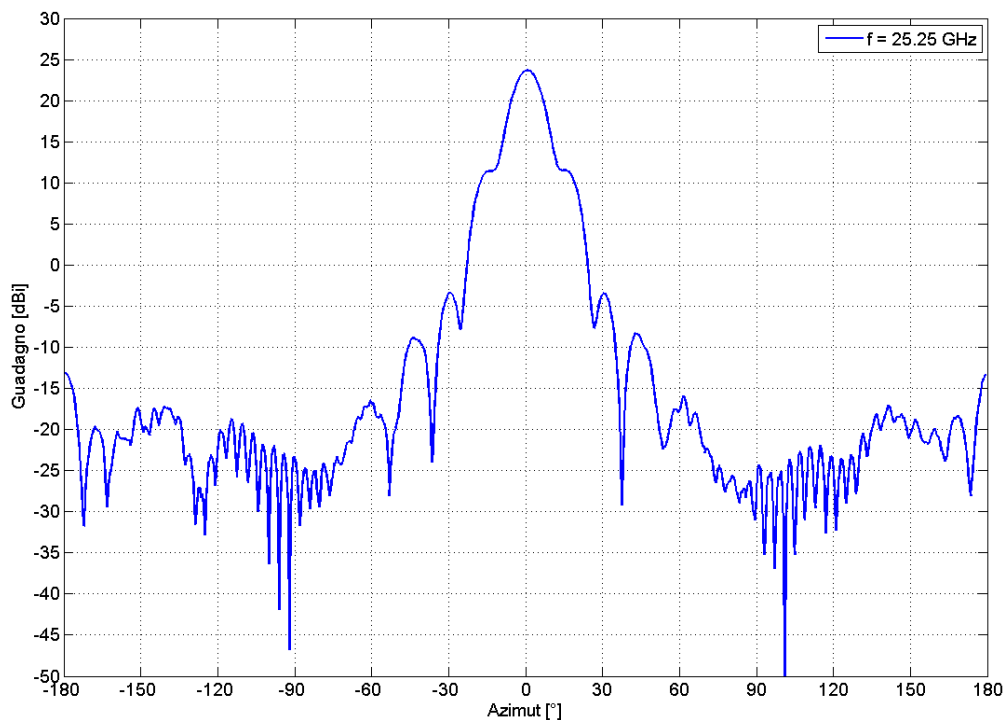
**Fig. 5.3 – Mappa di direttività normalizzata a 0dB "Frequenza Vs. Angolo" sul piano Azimut – Co-Polare**



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

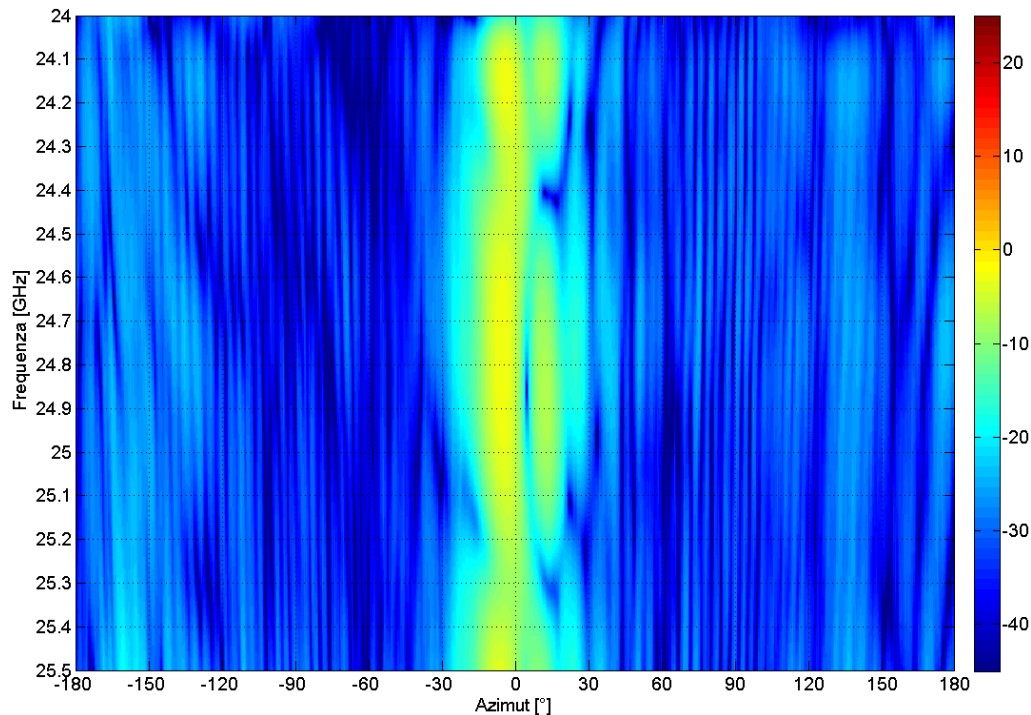


**Fig. 5.5 – Diagramma di irradiazione sul Piano di Azimut alla frequenza di 25.00GHz – Co-Polare**

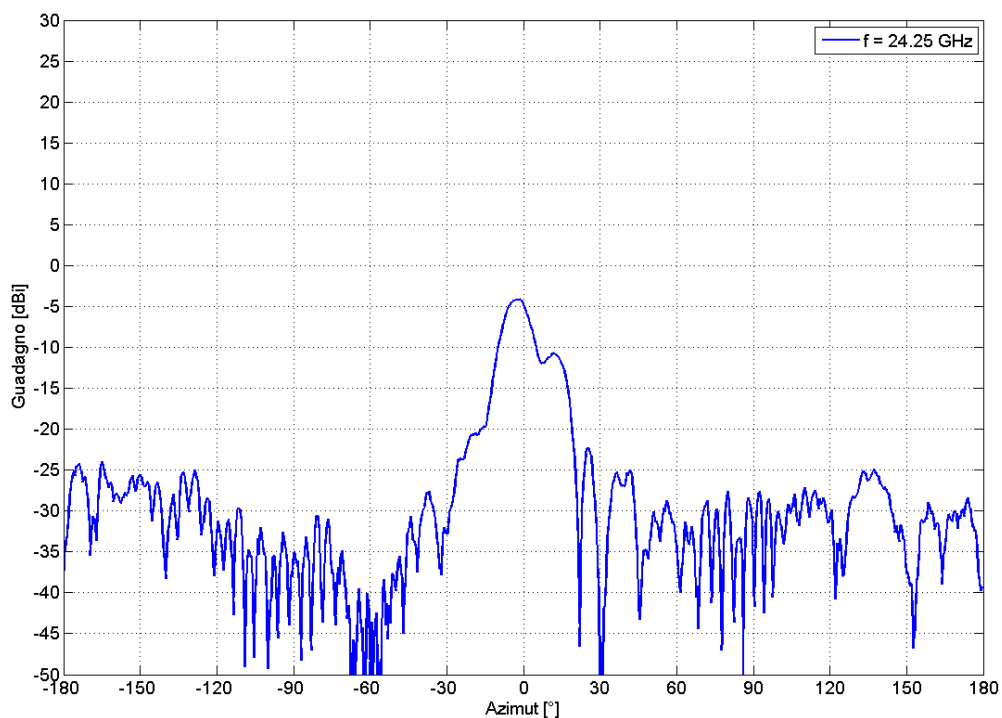


**Fig. 5.6 – Diagramma di irradiazione sul Piano di Azimut alla frequenza di 25.25GHz – Co-Polare**

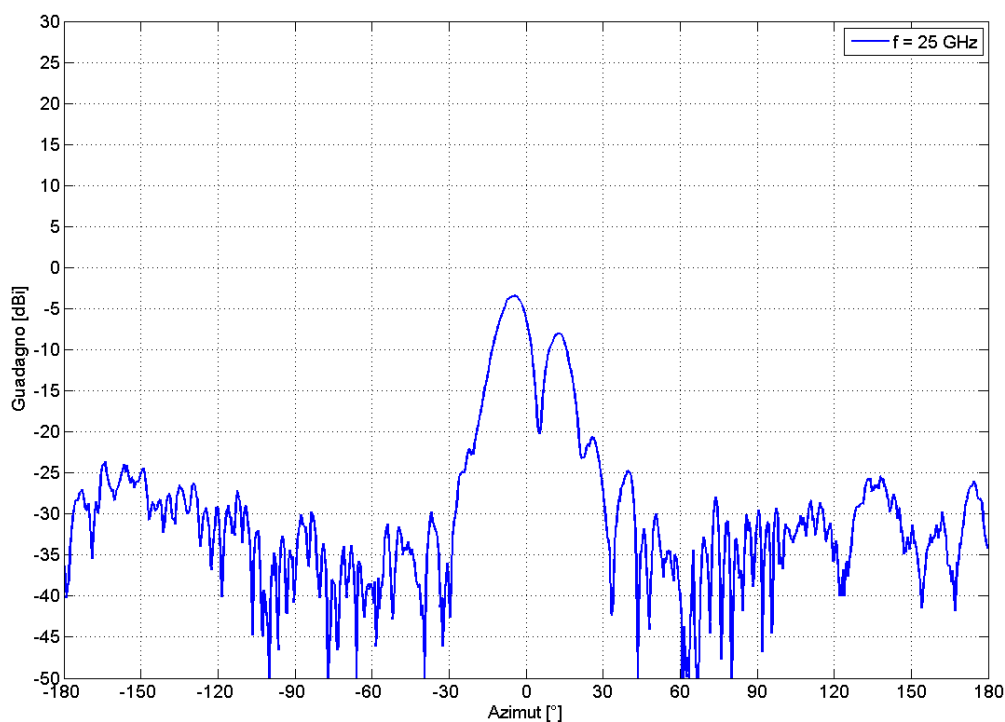
### 5.1.2 Cross-Polare



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

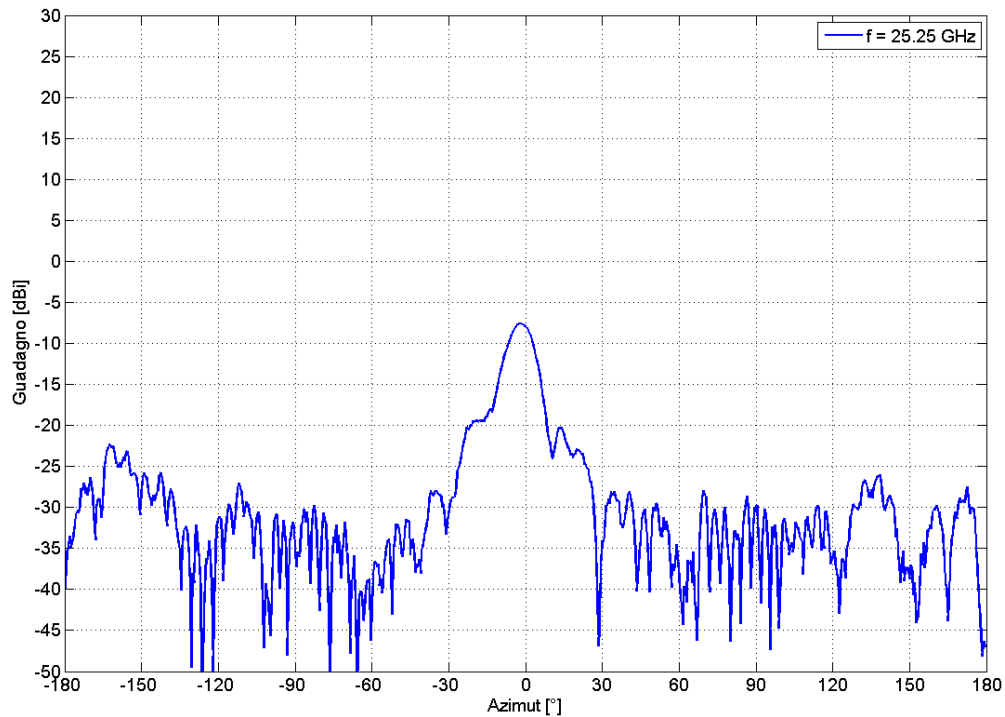


**Fig. 5.8 – Diagramma di irradiazione sul Piano di Azimut alla frequenza di 24.25GHz – Cross-Polare**



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

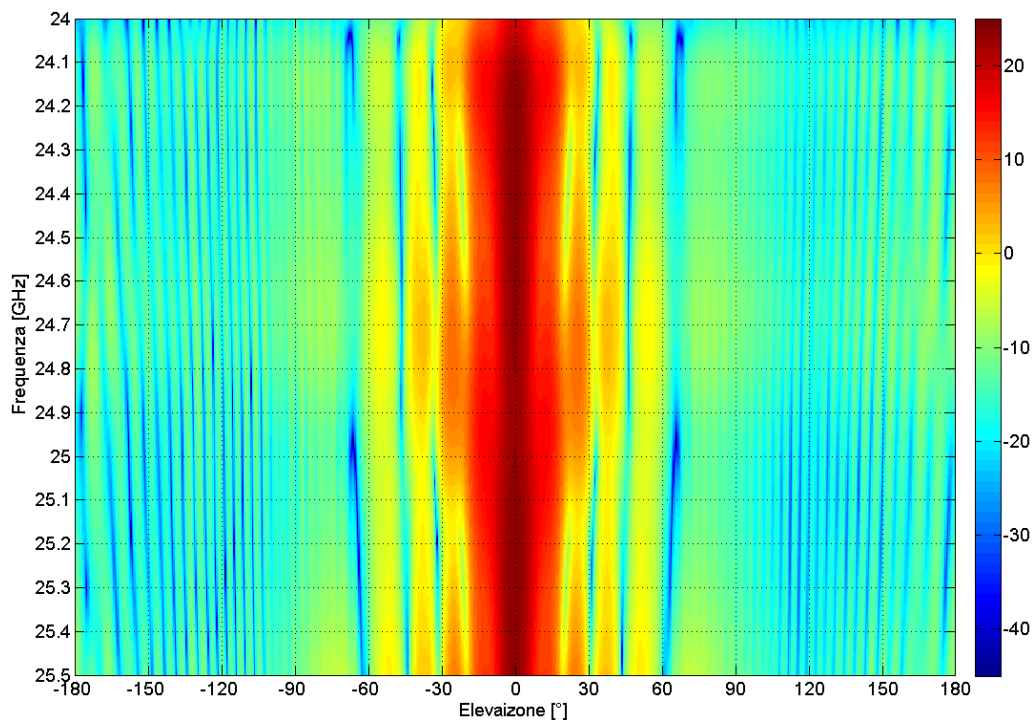




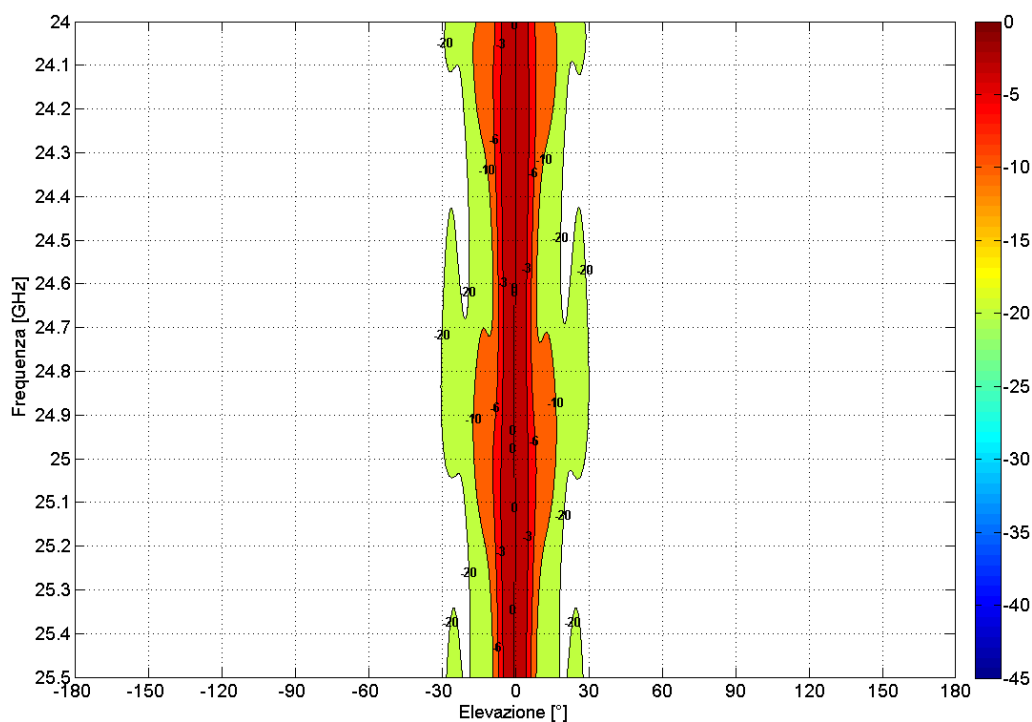
**Fig. 5.10 – Diagramma di irradiazione sul Piano di Azimut alla frequenza di 25.25GHz – Cross-Polare**

## 5.2 Piano di Elevazione

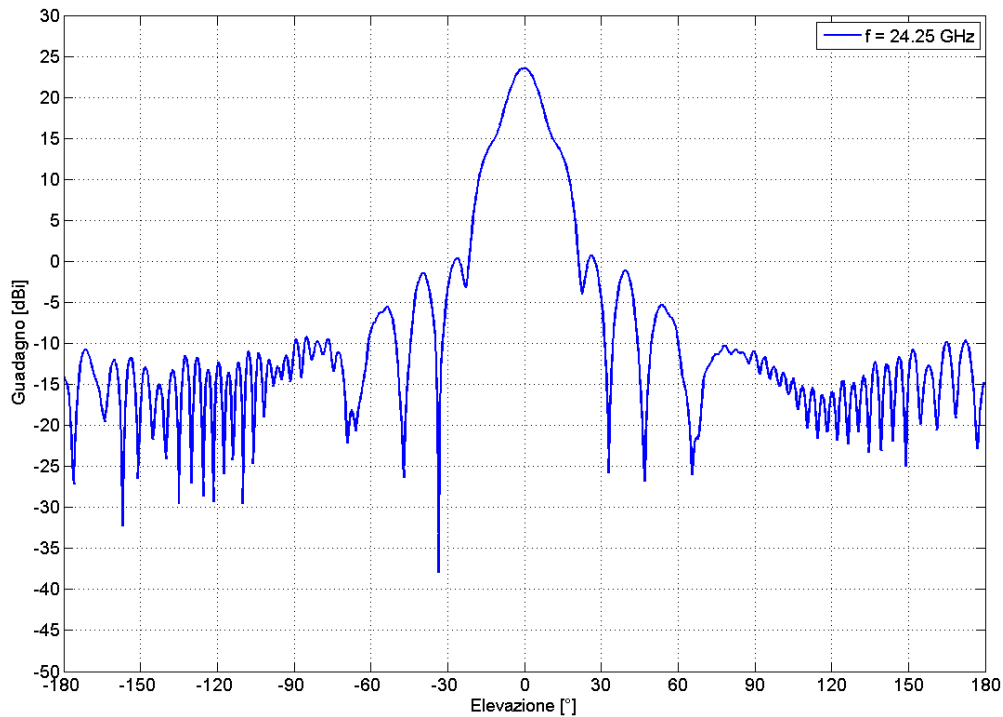
### 5.2.1 Co-Polare



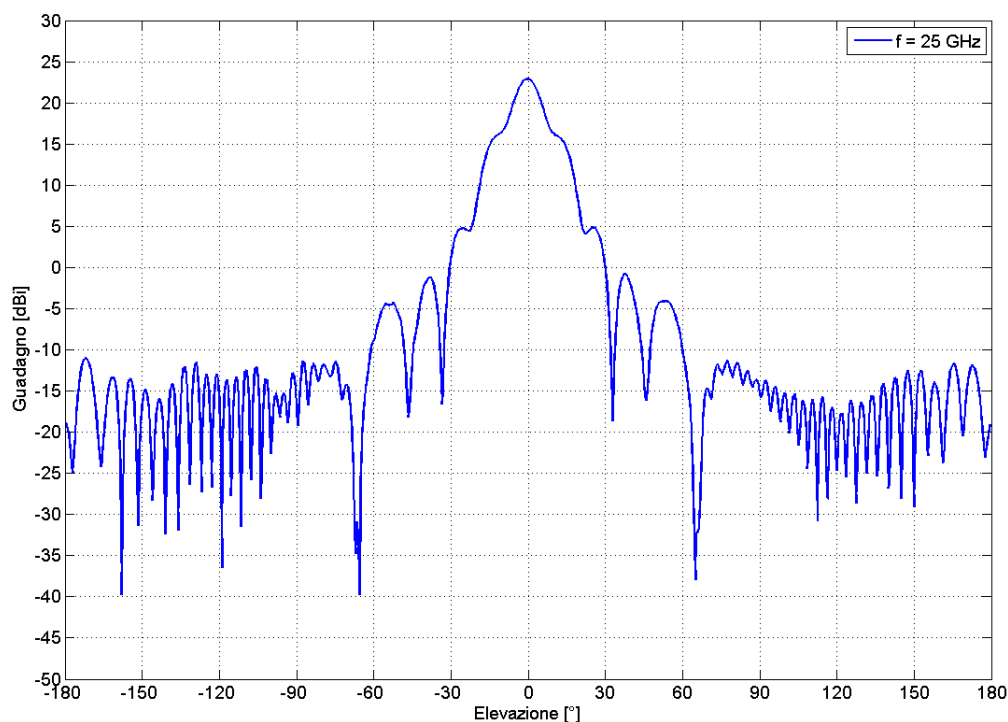
**Fig. 5.11 – Mappa di guadagno "Frequenza Vs. Angolo" sul piano Elevazione – Co-Polare**



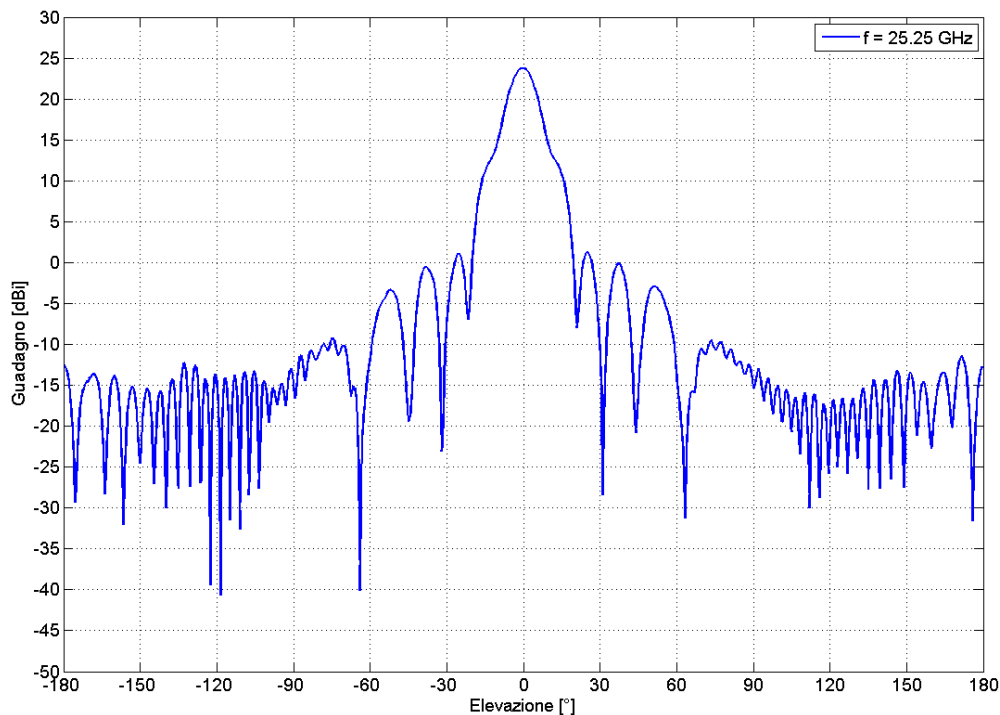
**Fig. 5.12 – Mappa di direttività normalizzata a 0dB "Frequenza Vs. Angolo" sul piano Elevazione – Co-Polare**



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

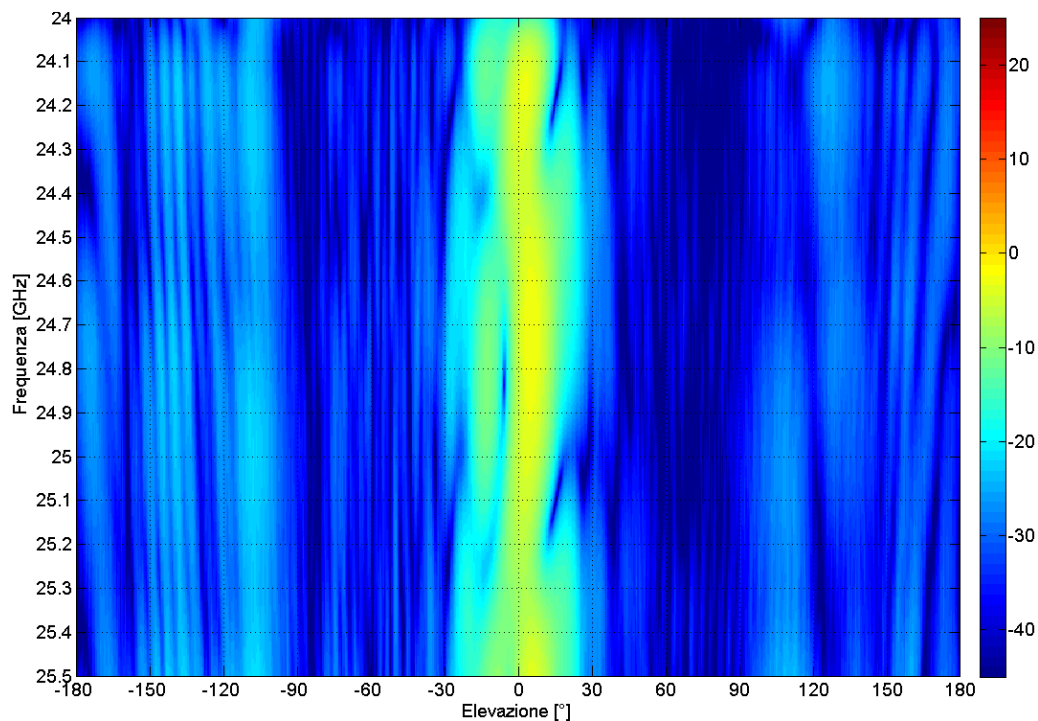


**Fig. 5.14 – Diagramma di irradiazione sul Piano di Elevazione alla frequenza di 24.75GHz – Co-Polare**

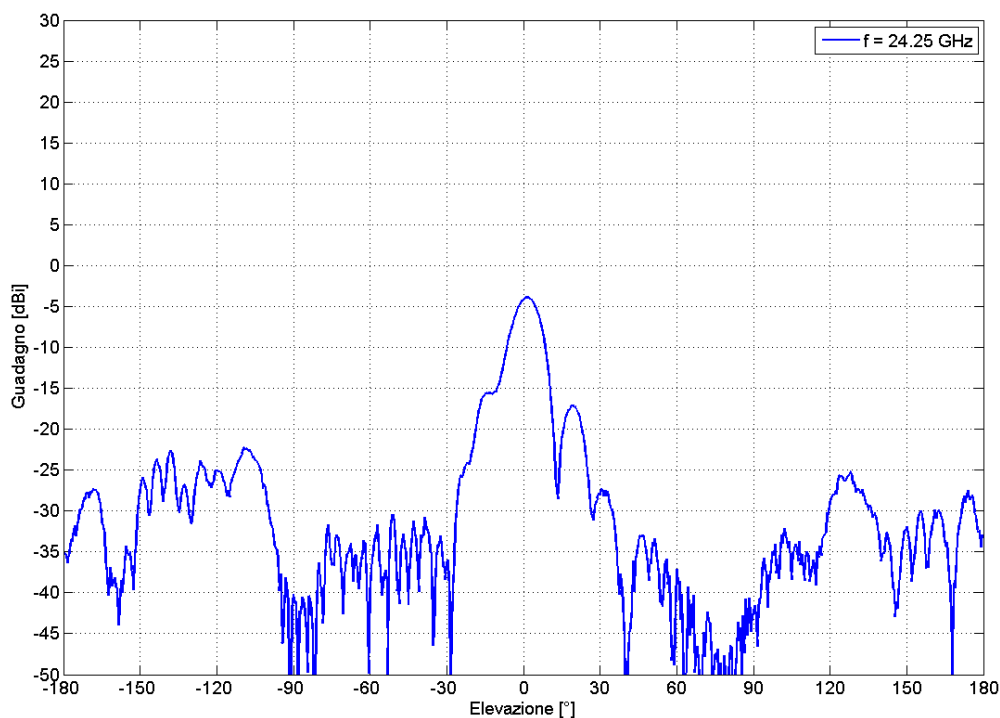


**Fig. 5.15 – Diagramma di irradiazione sul Piano di Elevazione alla frequenza di 25.25GHz – Co-Polare**

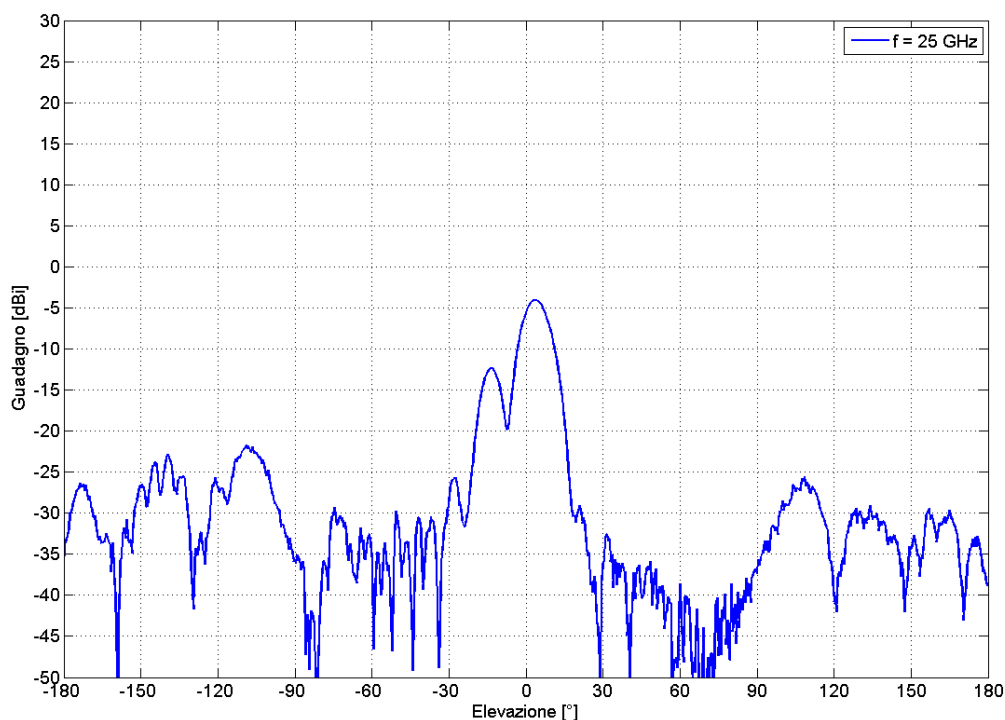
### 5.2.2 Cross-Polare



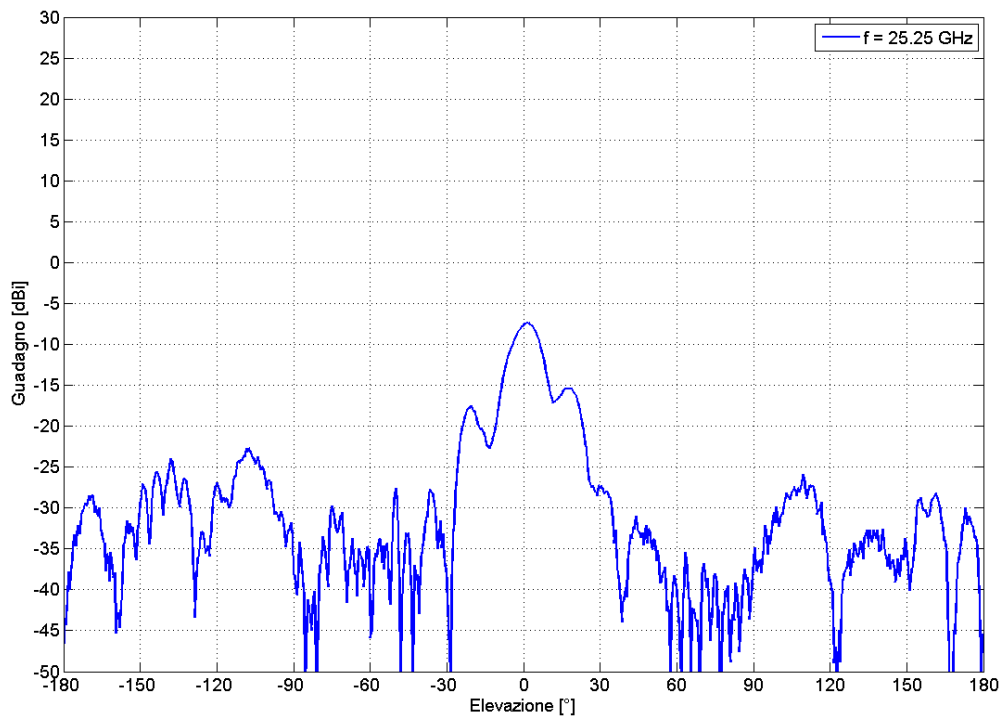
**Fig. 5.16 – Mappa di guadagno "Frequenza Vs. Angolo" sul piano Elevazione – Cross-Polare**



**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>				
<i>P/N: A-143950, S/N: 204-09/14</i>				
<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.