

POLITECNICO DI TORINO
SEDE DI ALESSANDRIA



RAPPORTO DI PROVA

Documento **TR 09-18 LIE**
Data di emissione: 28/06/2010

Prove di compatibilità elettromagnetica

Norme di riferimento:

Specifiche definite dal cliente.

Eseguite per :

No Field Srl

Apparecchiatura in prova :

“Tessuto Schermante”

Responsabile delle Prove :

Prof. L. FERRARIS

Firma :

Responsabile del Laboratorio :

Edoardo LANER

Firma :

Sperimentatori:

Fausto FRANCHINI

Firma :

Alberto BASTIANEL

Firma :

Alessandria, li 28/06/2010

Questo Rapporto non può essere riprodotto, se non in forma completa, senza l'autorizzazione scritta del Laboratorio di Ingegneria Elettrica e non può essere citato fuori dal suo contesto.

Indice

1. Identificazione	3
1.1. Rapporto di Prova	3
1.2. Laboratorio	3
1.3. Cliente	3
1.4. Apparecchiatura in prova	4
1.5. Scopo delle Misure	4
1.6. Limiti	4
1.7. Stato del campione durante le prove	4
2. Sommario delle prove effettuate	5
2.1. Misure di riferimento	5
2.2. Misure sul campione	5
3. Dettaglio delle prove effettuate	6
3.1. Prova R.1: Riferimento con sonda non schermata	6
3.2. Prova R.2: Fondo di misura	9
3.3. Prova M.1: Misura del campione di Tessuto A	13
3.4. Prova M.2: Misura del campione di Tessuto B	17

1. Identificazione

1.1. Rapporto di Prova

<i>Numero:</i>	TR 09-18 LIE
<i>Data:</i>	28/06/2010
<i>Revisione n°:</i>	0

1.2. Laboratorio

<i>Nome:</i>	Laboratorio di Ingegneria Elettrica Politecnico di Torino - Sede di Alessandria
<i>Indirizzo:</i>	Viale Teresa Michel, 5
<i>Città:</i>	15100 Alessandria
<i>Telefono:</i>	+39 – 0131.22.93.21
<i>Telefax:</i>	+39 – 0131.22.93.99
<i>E-mail:</i>	lie@polito.it

1.3. Cliente

<i>Ditta:</i>	No Field Srl
<i>Indirizzo:</i>	Corso Castelfidardo 30/A (Incubatore di Imprese del Politecnico di Torino)
<i>Città:</i>	Torino
<i>Telefono:</i>	011.090.5124
<i>Fax:</i>	011.090.5126
<i>E-mail:</i>	info@nofield.it
<i>Riferimento:</i>	L. Giaccone

1.4. Apparecchiatura in prova

<i>Identificativo:</i>	Tessuto schermante A, Tessuto schermante B
<i>Produttore:</i>	–
<i>Periodo di prova:</i>	Dicembre 2009

1.5. Scopo delle Misure

Scopo delle misure è una verifica delle proprietà del materiale esaminato, in relazione all'attenuazione di campi elettromagnetici a diverse frequenze.

1.6. Limiti

I risultati delle prove presentate in questo rapporto si applicano esclusivamente al materiale in prova così come descritto in questo capitolo.

1.7. Stato del campione durante le prove

1.7.1. Modo operativo

I materiali sono stati ritagliati in forma quadrata di lato pari a 200mm.

Con tali campioni si è provveduto a circondare la calotta esterna di una sonda di campo elettrico. La sonda così rivestita è stata immersa in un campo elettrico generato in ambiente schermato e anecoico alla distanza di riferimento di 3m dall'antenna trasmittente.

Considerata la distanza tra la sonda e l'antenna il campo incidente può essere ragionevolmente approssimato con un'onda piana a partire da circa 300MHz.

La misura è stata ottenuta per differenza, confrontandola con un riferimento ottenuto con la sonda libera da schermi.

È stato realizzato anche un fondo di misura con la sonda rivestita da uno strato metallico conduttivo: data la notevole attenuazione in questa configurazione, il valore letto è stato sempre al di sotto della sensibilità della sonda; questo ha consentito di validare ulteriormente i risultati.

2. Sommario delle prove effettuate

2.1. Misure di riferimento

N°	Prova	Configurazione	Frequenza
<i>R.1</i>	<i>Riferimento</i>	<i>Sonda senza schermo</i>	<i>100 MHz ÷ 3200 MHz</i>
<i>R.2</i>	<i>Fondo di misura</i>	<i>Schermo metallico a doppio strato</i>	<i>100 MHz ÷ 3200 MHz</i>

2.2. Misure sul campione

N°	Prova	Configurazione	Frequenza
<i>M.1</i>	<i>Attenuazione</i>	<i>Sonda rivestita con il campione A</i>	<i>100 MHz ÷ 3200 MHz</i>
<i>M.2</i>	<i>Attenuazione</i>	<i>Sonda rivestita con il campione B</i>	<i>100 MHz ÷ 3200 MHz</i>

3. Dettaglio delle prove effettuate

3.1. Prova R.1: Riferimento con sonda non schermata

3.1.1. Livelli:

Frequenza	Livello generatore
100 MHz ÷ 3200 MHz	0 dBm

3.1.2. Ambiente di prova

Questa prova è stata eseguita nella camera anecoica presso il Laboratorio di Ingegneria Elettrica del Politecnico di Torino - Sede di Alessandria.

3.1.3. Configurazione di misura

Durante la misura la sonda di campo elettrico EP330 era posta alla distanza convenzionale come indicato nel paragrafo 1.7, direttamente affacciata all'antenna trasmittente ed in asse con essa. La calotta della sonda è stata lasciata libera da qualsiasi schermo.



Foto 1: configurazione per la misura di riferimento

3.1.4. Modalità di prova

La misura è stata eseguita senza alcuna procedura automatizzata.

La catena di generazione del campo è costituita per tutte le prove da un generatore di segnale, un amplificatore di potenza a R.F. e un'antenna.

Per le frequenze pari o inferiori a 1GHz è stato utilizzato un amplificatore da 200W; per frequenze superiori è stato invece adoperato un amplificatore da 30W: questo comporta notevoli discontinuità nei valori di campo misurati alla frequenza di 1GHz. Si possono anche notare delle piccole discontinuità nei valori di attenuazione, dovute per lo più alla propagazione di errori di misura, i quali cambiano al variare dell'intensità del misurando. Per questo motivo alla frequenza di 1GHz si riportano entrambe le misure.

Per ciascuna misura è stata misurata la potenza, sia diretta che riflessa, verso l'antenna e calcolato il coefficiente di riflessione all'uscita degli amplificatori, allo scopo di verificare le corrette condizioni di lavoro del sistema. La misura è stata condotta attraverso un accoppiatore direzionale, dalle quali uscite il segnale è stato misurato con un wattmetro a testine passanti terminate.

La lettura del campo è stata effettuata con un misuratore di campo posto all'esterno della camera anecoica e collegato alla sonda per mezzo di una fibra ottica.

3.1.5. Accessori di complemento alla strumentazione base

Nessuno.

3.1.6. Strumenti utilizzati per le prove

Strumenti	Costruttore	Modello	Numero di serie
Wattmetro	Rohde & Schwarz	NRVD	200915
Testina di misura per Wattmetro	Rohde & Schwarz	URV5-Z2	100209
Testina di misura per Wattmetro	Rohde & Schwarz	URV5-Z2	100210
Accoppiatore direzionale	Amplifier Research	DC6180	17796
Accoppiatore direzionale	Amplifier Research	DC7144A	310357
Antenna Biconica / Log-periodica	Rohde & Schwarz	HL562	100202
Generatore di segnali R.F.	Rohde & Schwarz	SML03	101877
Amplificatore	AR	200W1000M7A	17912
Misuratore di campo	PMM	8053	0220J01101
Sonda isotropica di campo elettrico	PMM	EP330	1010J01016
Ripetitore ottico	PMM	OR02	0100J00711

3.1.7. Incertezza di misura

L'incertezza del rilievo delle emissioni irradiate è stata valutata essere pari a:

- 1,6 dB per tutto il campo di misura.

I valori dichiarati sono da intendersi come incertezze estese con fattore di copertura pari a 2, corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95%.

3.1.8. Risultati

	Frequenza [MHz]	Campo elettrico [V/m]
Potenza 200W	100	32,37
	200	49,47
	400	49,70
	600	52,33
	800	46,41
	1000	49,68
Potenza 30W	1000	24,28
	1200	23,96
	1400	24,22
	1600	22,52
	1800	21,98
	2000	23,16
	2200	17,56
	2400	19,26
	2600	18,43
	2800	18,00
	3000	16,66
	3200	15,41

Tabella 1: Misure di campo elettrico senza schermo

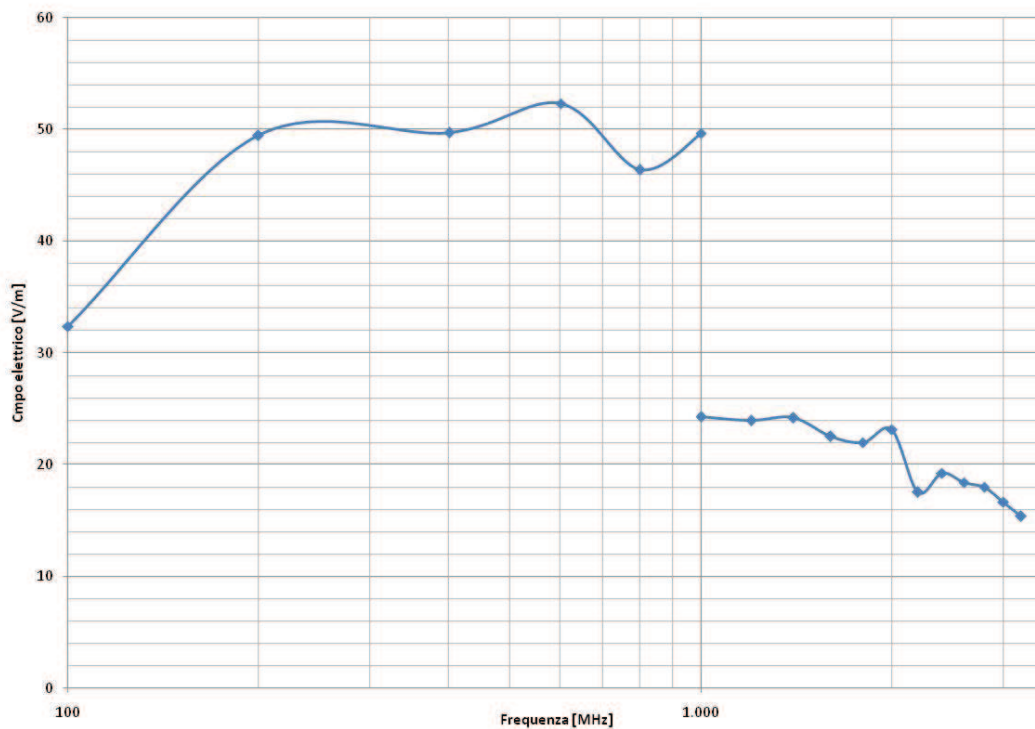


Figura 1: Andamento campo elettrico senza schermo

3.2. Prova R.2: Fondo di misura

3.2.1. Livelli:

Frequenza	Livello generatore
100 MHz ÷ 3200 MHz	0 dBm

3.2.2. Ambiente di prova

Questa prova è stata eseguita nella camera anecoica presso il Laboratorio di Ingegneria Elettrica del Politecnico di Torino - Sede di Alessandria.

3.2.3. Configurazione di misura

Durante la misura la sonda di campo elettrico EP330 era posta alla distanza convenzionale come indicato nel paragrafo 1.7, direttamente affacciata all'antenna trasmittente ed in asse con essa. La calotta della sonda è stata ricoperta con uno schermo costituito da due strati di pellicola di alluminio precedentemente ritagliati in forma quadrata di lato 200mm.

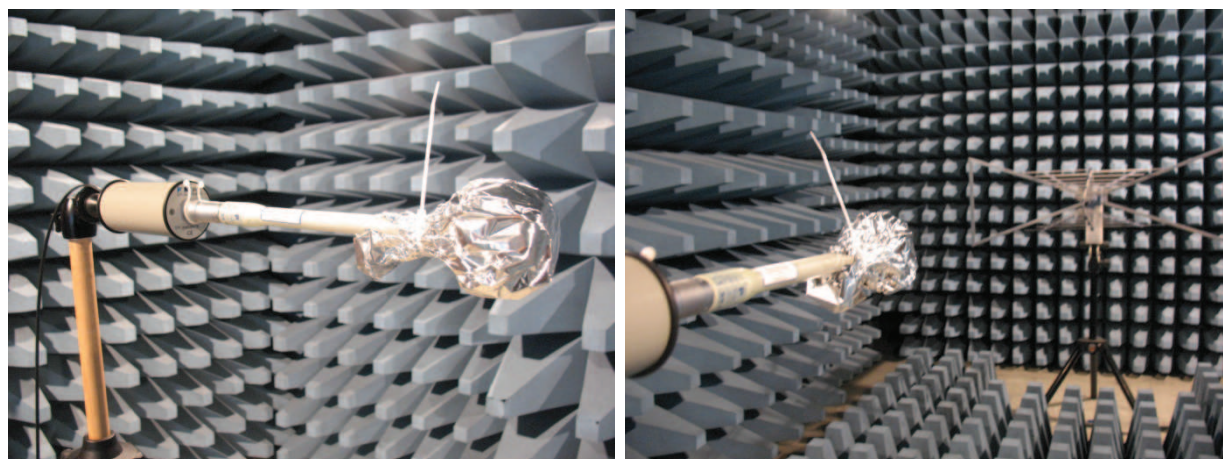


Foto 2: configurazione per la misura di riferimento

3.2.4. Modalità di prova

La misura è stata eseguita senza alcuna procedura automatizzata.

La catena di generazione del campo è costituita per tutte le prove da un generatore di segnale, un amplificatore di potenza a R.F. e un'antenna.

Per le frequenze pari o inferiori a 1GHz è stato utilizzato un amplificatore da 200W; per frequenze superiori è stato invece adoperato un amplificatore da 30W: questo comporta notevoli discontinuità nei valori di campo misurati alla frequenza di 1GHz. Si possono anche notare delle piccole discontinuità nei valori di attenuazione, dovute per lo più alla propagazione di errori di misura, i quali cambiano al variare dell'intensità del misurando. Per questo motivo alla frequenza di 1GHz si riportano entrambe le misure.

Per ciascuna misura è stata misurata la potenza, sia diretta che riflessa, verso l'antenna e calcolato il coefficiente di riflessione all'uscita degli amplificatori, allo scopo di verificare la corrette condizioni di lavoro del sistema. La misura è stata condotta attraverso un accoppiatore direzionale, dalle quali uscite il segnale è stato misurato con un wattmetro a testine passanti terminate.

La lettura del campo è stata effettuata con un misuratore di campo posto all'esterno della camera anecoica e collegato alla sonda per mezzo di una fibra ottica.

Il valore della sensibilità è normalizzato rispetto alla massima indicazione rilevabile senza alcuno schermo; esso è stato ricavato per ogni frequenza con la seguente formula:

$$20 \log \frac{E_s}{E_0};$$

con E_s campo elettrico misurato con schermo metallico e E_0 campo elettrico misurato senza schermo.

Per tutte le frequenze il campo rilevato è stato inferiore alla sensibilità della sonda, pari a 0,3V/m; tale valore è stato perciò inserito al posto della misura.

3.2.5. Accessori di complemento alla strumentazione base

Nessuno.

3.2.6. Strumenti utilizzati per le prove

Strumenti	Costruttore	Modello	Numero di serie
Wattmetro	Rohde & Schwarz	NRVD	200915
Testina di misura per Wattmetro	Rohde & Schwarz	URV5-Z2	100209
Testina di misura per Wattmetro	Rohde & Schwarz	URV5-Z2	100210
Accoppiatore direzionale	Amplifier Research	DC6180	17796
Accoppiatore direzionale	Amplifier Research	DC7144A	310357
Antenna Biconica / Log-periodica	Rohde & Schwarz	HL562	100202
Generatore di segnali R.F.	Rohde & Schwarz	SML03	101877
Amplificatore	AR	200W1000M7A	17912
Misuratore di campo	PMM	8053	0220J01101
Sonda isotropica di campo elettrico	PMM	EP330	1010J01016
Ripetitore ottico	PMM	OR02	0100J00711

3.2.7. Incertezza di misura

L'incertezza del rilievo delle emissioni irradiate è stata valutata essere pari a:

- 1,6 dB per tutto il campo di misura.

I valori dichiarati sono da intendersi come incertezze estese con fattore di copertura pari a 2, corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95%.

3.2.8. Risultati

	Frequenza	Campo elettrico	Campo elettrico senza schermo	Sensibilità della misura
	[MHz]	[V/m]	[dB]	[dB]
Potenza 200W	100	< 0,30	32,37	-40,66
	200	< 0,30	49,47	-44,34
	400	< 0,30	49,70	-44,38
	600	< 0,30	52,33	-44,83
	800	< 0,30	46,41	-43,79
	1000	< 0,30	49,68	-44,38
Potenza 30W	1000	< 0,30	24,28	-38,16
	1200	< 0,30	23,96	-38,05
	1400	< 0,30	24,22	-38,14
	1600	< 0,30	22,52	-37,51
	1800	< 0,30	21,98	-37,30
	2000	< 0,30	23,16	-37,75
	2200	< 0,30	17,56	-35,35
	2400	< 0,30	19,26	-36,15
	2600	< 0,30	18,43	-35,77
	2800	< 0,30	18,00	-35,56
	3000	< 0,30	16,66	-34,89
	3200	< 0,30	15,41	-34,21

Tabella 2: Misure di campo elettrico con schermo metallico

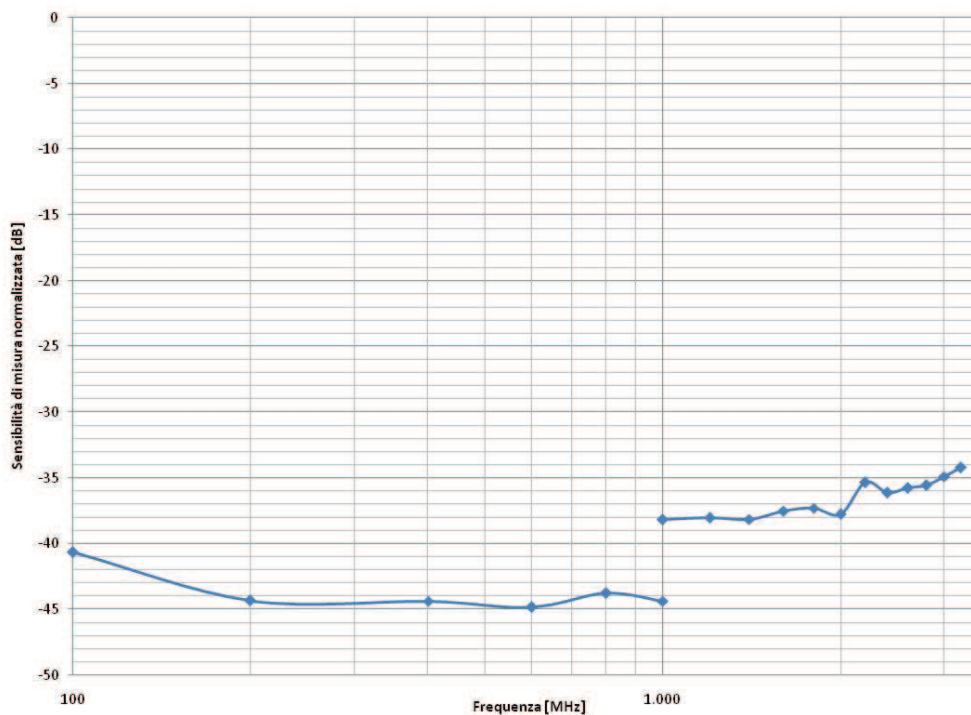


Figura 2: Sensibilità di misura normalizzata

3.3. Prova M.1: Misura del campione di Tessuto A

3.3.1. Livelli:

Frequenza	Livello generatore
100 MHz ÷ 3200 MHz	0 dBm

3.3.2. Ambiente di prova

Questa prova è stata eseguita nella camera anecoica presso il Laboratorio di Ingegneria Elettrica del Politecnico di Torino - Sede di Alessandria.

3.3.3. Configurazione di misura

Durante la misura la sonda di campo elettrico EP330 era posta alla distanza convenzionale come indicato nel paragrafo 1.7, direttamente affacciata all'antenna trasmittente ed in asse con essa. La calotta della sonda è stata ricoperta con il campione in esame, precedentemente ritagliato in forma quadrata di lato 200mm.

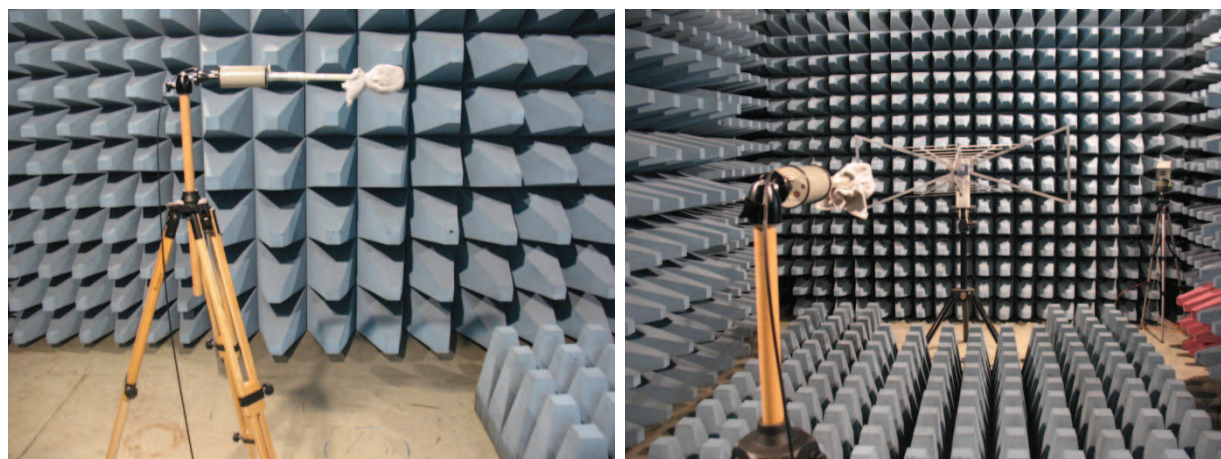


Foto 3: configurazione per la misura di attenuazione

3.3.4. Modalità di prova

La misura è stata eseguita senza alcuna procedura automatizzata.

La catena di generazione del campo è costituita per tutte le prove da un generatore di segnale, un amplificatore di potenza a R.F. e un'antenna.

Per le frequenze pari o inferiori a 1GHz è stato utilizzato un amplificatore da 200W; per frequenze superiori è stato invece adoperato un amplificatore da 30W: questo comporta notevoli discontinuità nei valori di campo misurati alla frequenza di 1GHz. Si possono anche notare delle piccole discontinuità nei valori di attenuazione, dovute per lo più alla propagazione di errori di misura, i quali cambiano al variare dell'intensità del misurando. Per questo motivo alla frequenza di 1GHz si riportano entrambe le misure.

Per ciascuna misura è stata misurata la potenza, sia diretta che riflessa, verso l'antenna e calcolato il coefficiente di riflessione all'uscita degli amplificatori, allo scopo di verificare la corrette condizioni di lavoro del sistema. La misura è stata condotta attraverso un accoppiatore direzionale, dalle quali uscite il segnale è stato misurato con un wattmetro a testine passanti terminate.

La lettura del campo è stata effettuata con un misuratore di campo posto all'esterno della camera anecoica e collegato alla sonda per mezzo di una fibra ottica.

Il valore della sensibilità è normalizzato rispetto alla massima indicazione rilevabile senza alcuno schermo; esso è stato ricavato per ogni frequenza con la seguente formula:

$$20 \log \frac{E}{E_0};$$

con E campo elettrico misurato con il campione in esame e E_0 campo elettrico misurato senza schermo.

Si noti che nella tabella l'attenuazione riportata è in valore negativo, in quanto calcolata come rapporto tra la condizione schermata e quella libera. Il grafico rappresenta invece per comodità visiva l'attenuazione crescente per valori positivi.

3.3.5. Accessori di complemento alla strumentazione base

Nessuno.

3.3.6. Strumenti utilizzati per le prove

Strumenti	Costruttore	Modello	Numero di serie
Wattmetro	Rohde & Schwarz	NRVD	200915
Testina di misura per Wattmetro	Rohde & Schwarz	URV5-Z2	100209
Testina di misura per Wattmetro	Rohde & Schwarz	URV5-Z2	100210
Accoppiatore direzionale	Amplifier Research	DC6180	17796
Accoppiatore direzionale	Amplifier Research	DC7144A	310357
Antenna Biconica / Log-periodica	Rohde & Schwarz	HL562	100202
Generatore di segnali R.F.	Rohde & Schwarz	SML03	101877
Amplificatore	AR	200W1000M7A	17912
Misuratore di campo	PMM	8053	0220J01101
Sonda isotropica di campo elettrico	PMM	EP330	1010J01016
Ripetitore ottico	PMM	OR02	0100J00711

3.3.7. Incertezza di misura

L'incertezza del rilievo delle emissioni irradiate è stata valutata essere pari a:

- 1,6 dB per tutto il campo di misura.

I valori dichiarati sono da intendersi come incertezze estese con fattore di copertura pari a 2, corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95%.

3.3.8. Risultati

	Frequenza [MHz]	Campo elettrico [V/m]	Campo elettrico senza schermo [dB]	Attenuazione [dB]
Potenza 200W	100	7,05	32,37	-13,239
	200	26,55	49,47	-5,406
	400	34,61	49,70	-3,143
	600	49,06	52,33	-0,560
	800	46,62	46,41	0,039
	1000	50,18	49,68	0,087
Potenza 30W	1000	23,47	24,28	-0,295
	1200	24,49	23,96	0,190
	1400	23,73	24,22	-0,178
	1600	19,39	22,52	-1,300
	1800	18,38	21,98	-1,554
	2000	17,68	23,16	-2,345
	2200	14,41	17,56	-1,717
	2400	15,25	19,26	-2,028
	2600	14,35	18,43	-2,173
	2800	16,03	18,00	-1,007
	3000	14,69	16,66	-1,093
	3200	13,48	15,41	-1,162

Tabella 3: Misure di campo elettrico sul campione analizzato

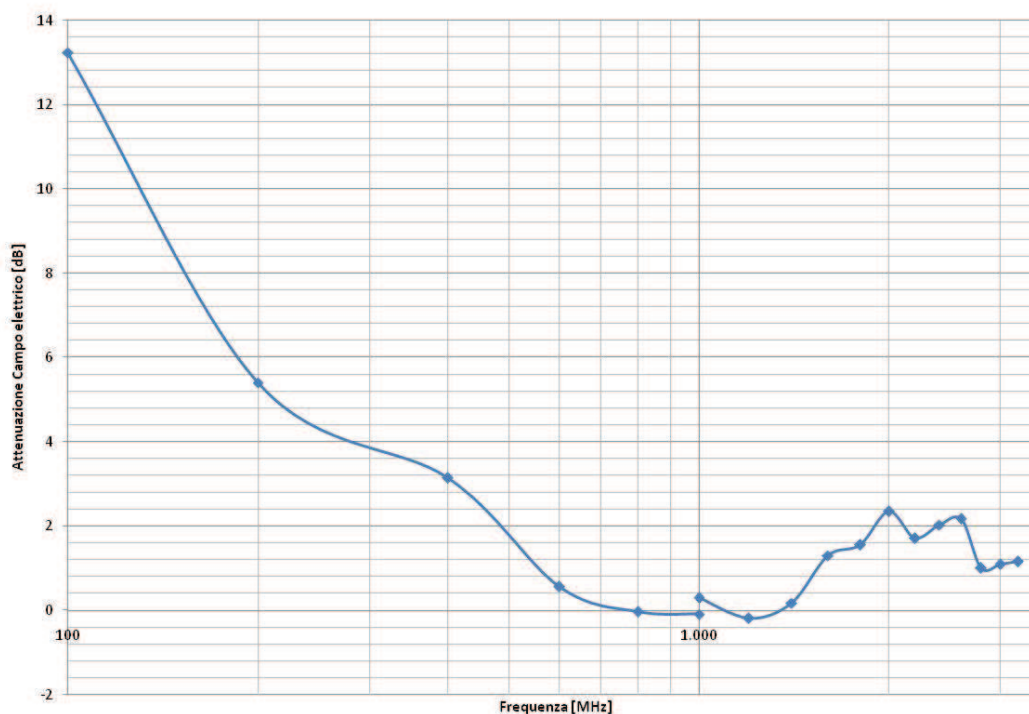


Figura 3: Caratteristica di attenuazione del campione

3.4. Prova M.2: Misura del campione di Tessuto B

3.4.1. Livelli:

Frequenza	Livello generatore
100 MHz ÷ 3200 MHz	0 dBm

3.4.2. Ambiente di prova

Questa prova è stata eseguita nella camera anecoica presso il Laboratorio di Ingegneria Elettrica del Politecnico di Torino - Sede di Alessandria.

3.4.3. Configurazione di misura

Durante la misura la sonda di campo elettrico EP330 era posta alla distanza convenzionale come indicato nel paragrafo 1.7, direttamente affacciata all'antenna trasmittente ed in asse con essa. La calotta della sonda è stata ricoperta con il campione in esame precedentemente ritagliato in forma quadrata di lato 200mm.

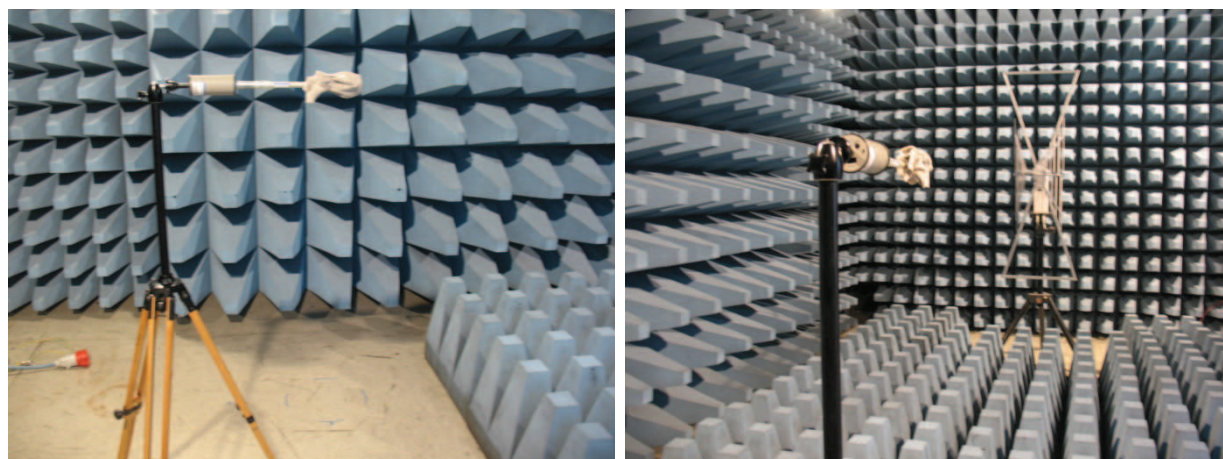


Foto 4: configurazione per la misura di attenuazione

3.4.4. Modalità di prova

La misura è stata eseguita senza alcuna procedura automatizzata.

La catena di generazione del campo è costituita per tutte le prove da un generatore di segnale, un amplificatore di potenza a R.F. e un'antenna.

Per le frequenze pari o inferiori a 1GHz è stato utilizzato un amplificatore da 200W; per frequenze superiori è stato invece adoperato un amplificatore da 30W: questo comporta notevoli discontinuità nei valori di campo misurati alla frequenza di 1GHz. Si possono anche notare delle piccole discontinuità nei valori di attenuazione, dovute per lo più alla propagazione di errori di misura, i quali cambiano al variare dell'intensità del misurando. Per questo motivo alla frequenza di 1GHz si riportano entrambe le misure.

Per ciascuna misura è stata misurata la potenza, sia diretta che riflessa, verso l'antenna e calcolato il coefficiente di riflessione all'uscita degli amplificatori, allo scopo di verificare la corrette condizioni di lavoro del sistema. La misura è stata condotta attraverso un accoppiatore direzionale, dalle quali uscite il segnale è stato misurato con un wattmetro a testine passanti terminate.

La lettura del campo è stata effettuata con un misuratore di campo posto all'esterno della camera anecoica e collegato alla sonda per mezzo di una fibra ottica.

Il valore della sensibilità è normalizzato rispetto alla massima indicazione rilevabile senza alcuno schermo; esso è stato ricavato per ogni frequenza con la seguente formula:

$$20 \log \frac{E}{E_0};$$

con E campo elettrico misurato con il campione in esame e E_0 campo elettrico misurato senza schermo.

Si noti che nella tabella l'attenuazione riportata è in valore negativo, in quanto calcolata come rapporto tra la condizione schermata e quella libera. Il grafico rappresenta invece per comodità visiva l'attenuazione crescente per valori positivi.

3.4.5. Accessori di complemento alla strumentazione base

Nessuno.

3.4.6. Strumenti utilizzati per le prove

Strumenti	Costruttore	Modello	Numero di serie
Wattmetro	Rohde & Schwarz	NRVD	200915
Testina di misura per Wattmetro	Rohde & Schwarz	URV5-Z2	100209
Testina di misura per Wattmetro	Rohde & Schwarz	URV5-Z2	100210
Accoppiatore direzionale	Amplifier Research	DC6180	17796
Accoppiatore direzionale	Amplifier Research	DC7144A	310357
Antenna Biconica / Log-periodica	Rohde & Schwarz	HL562	100202
Generatore di segnali R.F.	Rohde & Schwarz	SML03	101877
Amplificatore	AR	200W1000M7A	17912
Misuratore di campo	PMM	8053	0220J01101
Sonda isotropica di campo elettrico	PMM	EP330	1010J01016
Ripetitore ottico	PMM	OR02	0100J00711

3.4.7. Incertezza di misura

L'incertezza del rilievo delle emissioni irradiate è stata valutata essere pari a:

- 1,6 dB per tutto il campo di misura.

I valori dichiarati sono da intendersi come incertezze estese con fattore di copertura pari a 2, corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95%.

3.4.8. Risultati

	Frequenza	Campo elettrico	Campo elettrico senza schermo	Attenuazione
	[GHz]	[V/m]	[dB]	[dB]
Potenza 30W	2,00	13,84	14,14	0,19
	2,05	14,30	14,64	0,20
	2,10	14,83	15,06	0,13
	2,15	14,98	15,78	0,45
	2,20	14,38	15,44	0,62
	2,25	12,05	12,66	0,43
	2,30	12,05	12,87	0,57
	2,35	12,78	13,23	0,30
	2,40	11,58	12,76	0,84
	2,45	12,16	14,72	1,66
	2,50	11,65	14,45	1,87
	2,55	10,85	13,04	1,60
	2,60	10,10	13,12	2,27
	2,65	10,69	14,28	2,52
	2,70	9,55	12,84	2,57
	2,75	9,66	13,26	2,75
	2,80	9,17	13,07	3,08
	2,85	8,38	11,60	2,82
2,90	8,20	12,08	3,37	
2,95	8,55	12,23	3,11	
3,00	7,55	11,09	3,34	

Tabella 4: Misure di campo elettrico sul campione analizzato

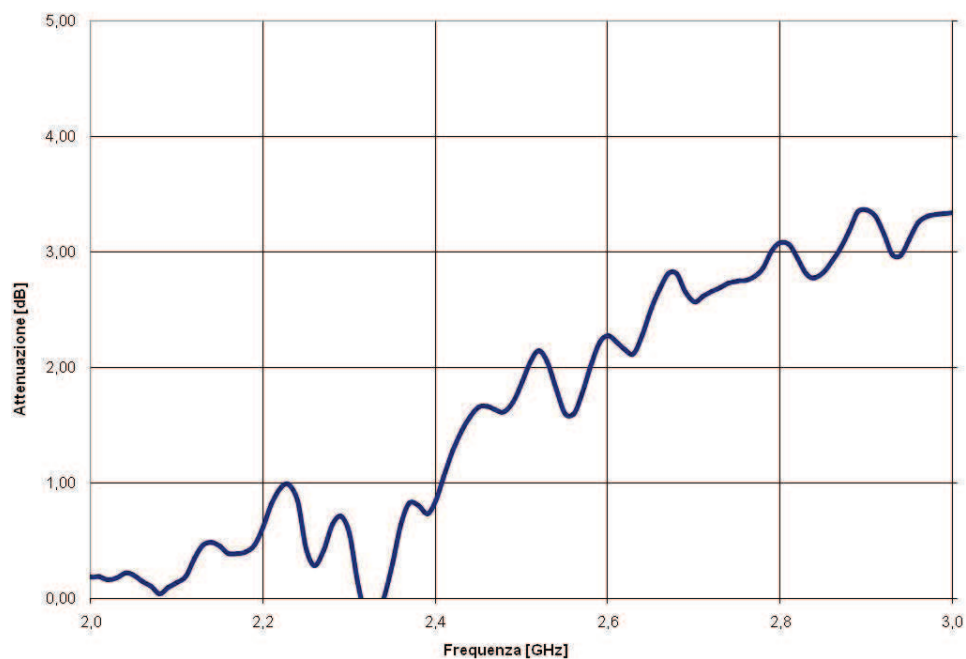


Figura 4: Caratteristica di attenuazione del campione