

Attività di standardizzazione sul 5G di CEI e IEC

Prof. Ing. Nicola Pasquino

Università di Napoli Federico II

Presidente CEI CT106 “*Esposizione Umana ai Campi Elettromagnetici*”

Ing. Stefano D’Elia

Vodafone

CEI CT106, Coordinatore del Gruppo di Lavoro “Stazioni Radio Base”

Seminario di studio

Procedure autorizzative degli impianti di telefonia mobile 5G

Roma, 28 Novembre 2019





Prof. Ing. Nicola Pasquino
Università di Napoli Federico II
Presidente CEI CT106 “*Esposizione Umana ai Campi Elettromagnetici*”

CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano)

CEI – [Comitato Elettrotecnico Italiano](#):

- **Associazione di diritto privato, senza scopo di lucro**, responsabile in ambito nazionale della **normazione tecnica in campo elettrotecnico, elettronico e delle telecomunicazioni**;
- partecipazione diretta nelle organizzazioni di normazione
 - Europea: [CENELEC](#) - *Comité Européen de Normalisation Electrotechnique*;
 - Internazionale: [IEC](#) - *International Electrotechnical Commission*.

Fondato nel 1909 e riconosciuto dallo Stato Italiano e dall'Unione Europea ([Regolamento Europeo](#)), *il CEI propone, elabora, pubblica e divulga Norme tecniche che costituiscono il riferimento per la presunzione di conformità alla “regola dell’arte” di prodotti, processi, sistemi e impianti elettrici.*

La Legge italiana n. 186 del 1° marzo 1968 stabilisce infatti che *“Tutti i materiali, le apparecchiature, i macchinari, le installazioni e gli impianti elettrici ed elettronici devono essere realizzati e costruiti a regola d'arte”* e che gli stessi *“realizzati secondo le norme del Comitato Elettrotecnico Italiano si considerano costruiti a regola d'arte”*.

CEI e normative italiane sui campi elettromagnetici (1)

DPCM 8 Luglio 2003 - Gazzetta Ufficiale n. 199 del 28-8-2003

Art. 6. - Tecniche di misurazione e di rilevamento dei livelli di esposizione

1. Le tecniche di misurazione e di rilevamento da adottare sono quelle indicate nella *norma CEI 211-7* e/o specifiche *norme emanate successivamente dal CEI*.
2. Il *sistema agenziale APAT-ARPA contribuisce alla stesura delle norme CEI* con l'approvazione del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio.

CEI e normative italiane sui campi elettromagnetici (2)

Codice delle Comunicazioni – D.Lgs. 259/2003

Art. 87. Procedimenti autorizzatori relativi alle infrastrutture di comunicazione elettronica per impianti radioelettrici

3. L'istanza [*omissis*] deve essere corredata della documentazione atta a comprovare il rispetto dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità, relativi alle emissioni elettromagnetiche, di cui alla legge 22 febbraio 2001, n. 36, e relativi provvedimenti di attuazione, attraverso *l'utilizzo di modelli predittivi conformi alle prescrizioni della CEI*, non appena emanate. [*omissis*]

CEI e normative italiane sui campi elettromagnetici (3)

Legge 17 Dicembre 2012, n. 221 *«Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 18 ottobre 2012, n. 179, recante ulteriori misure urgenti per la crescita del Paese.»*

Le tecniche di misurazione e di rilevamento da adottare sono quelle indicate nella *norma CEI 211-7* o in specifiche *norme emanate successivamente dal CEI*.

Le tecniche di calcolo previsionale da adottare sono quelle indicate nella *norma CEI 211-10* o specifiche norme emanate successivamente dal CEI.

Il Comitato Tecnico 106 (1)

CT 106

Esposizione umana ai campi elettromagnetici

PRESIDENTE

Prof. NICOLA PASQUINO (UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II)

SEGRETARIO

Dott. DAVIDE CAPRA (CESI SPA)

Per informazioni contattare il segretario tecnico del CEI **Ing. SIMONE GERMANI** (simone.germani@ceinorme.it)

Campo di applicazione

Preparare norme e guide tecniche relative all'esposizione umana ai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza e ai campi elettromagnetici ad alta frequenza. Le norme e le guide riguardano essenzialmente i metodi di misura e di valutazione dei vari parametri che definiscono l'esposizione umana e sono principalmente orientate alla verifica della conformità ai limiti definiti dalle leggi italiane e dai pronunciamenti europei sull'argomento (Direttiva Lavoratori; Raccomandazione per la popolazione). Il CT è inoltre incaricato di coordinare l'attività normativa a livello nazionale svolta dai comitati di prodotto con riferimento agli aspetti di esposizione umana ai campi elettromagnetici.

Struttura

Il CT 106 del CEI svolge la propria attività coordinando e portando avanti a livello nazionale i lavori sviluppati in ambito IEC TC106 e CENELEC TC106X, e integrando tali lavori con le tematiche tecniche derivanti dalla necessità di rispettare delle specifiche disposizioni di legge italiane sulla materia.

Il Comitato Tecnico 106 (2)

Programma di Lavoro

Il programma delle attività del CT 106 prevede la diretta collaborazione allo sviluppo dei progetti di norme e guide tecniche in corso nell'ambito del TC 106 dell'IEC e del TC 106X del CENELEC. Tali progetti riguardano principalmente i seguenti aspetti: a) bassa frequenza - metodi di misura dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz (revisione della IEC 61786) - metodi di calcolo delle correnti indotte nel corpo umano per effetto di campi elettrici e magnetici esterni - norme per la misura dell'emissione in bassa frequenza di diversi tipi di apparecchiature elettriche (elettrodomestici, ITE, ecc.) e impianti, in collaborazione con i relativi comitati di prodotto b) alta frequenza - metodi di misura dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz - 300 GHz - norme di base per la valutazione del SAR prodotto dai telefoni cellulari e dei campi prodotti dalle stazioni radiobase - norme di base per la misura dei campi prodotti dai sistemi elettronici di sorveglianza e di identificazione - norme per la misura dell'emissione in alta frequenza di diversi tipi di apparecchiature elettriche (elettrodomestici, ITE, ecc.) e impianti, in collaborazione con i relativi comitati di prodotto.

Comitati collegati

CENELEC	Descrizione
<u>TC CLC/TC 106X</u>	Electromagnetic fields in the human environment

IEC	Descrizione
<u>TC 106</u>	Methods for the assessment of electric, magnetic and electromagnetic fields associated with human exposure

Il Comitato Tecnico 106 (3)

- L'attività del CT 106 si articola attraverso vari Gruppi di Lavoro coordinati da membri del Comitato Tecnico:

Gruppo di lavoro*	Coordinatore	Ente/Azienda
Stazioni Radio Base	Stefano D'Elia	Vodafone
IoT	Daniele Trinchero	Politecnico di Torino
Broadcasting	Giuseppina Moretti	Raiway
Valutazione SAR	Antonio Faraone	Motorola
Esposizione lavoratori	Laura Filosa	INAIL
Radar	Alessandro Brancaccio	C.I.S.A.M. (Centro Interforze Studi per le Applicazioni Militari)
Guida 106-11: Cabine secondarie	Aldo Canova	Politecnico di Torino
Revisione 211-6	Gabriella Crotti	INRiM (Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica)

Aggiornamento delle Guide d'interesse per il 5G

- **Guida 211-7:** metodologie di misura
 - Aggiornamento della Appendice E sulla misura dei segnali TDD e 5G
- **Guida 211-10:** tecniche di calcolo previsionale
 - Nuova Appendice per la stima dei segnali TDD / Massive MIMO
- **Guida applicativa per la valutazione dei rischi e identificazione dell'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici ai sensi del D.Lgs. 81/08 e s.m.i.**

N O R M A I T A L I A N A C E I	
<i>Guida</i>	<i>Data Pubblicazione</i>
CEI 211-7/E	2013-09
<i>Titolo</i>	
Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz - 300 GHz, con riferimento all'esposizione umana	
Appendice E: Misura del campo elettromagnetico da stazioni radio base per sistemi di comunicazione mobile (2G, 3G, 4G)	



In pubblicazione con data **Novembre 2019**

N O R M A I T A L I A N A C E I		GUIDA
Norma Italiana		
CEI 211-10		
Data Pubblicazione	Edizione	
2002-04	Prima	
Classificazione	Fascicolo	
211-10	6456	
Titolo		
Guida alla realizzazione di una Stazione Radio Base per rispettare i limiti di esposizione ai campi elettromagnetici in alta frequenza		
Title		
Guidance for carrying out a Base Radio Station complying with limits for human exposure to high frequency electromagnetic fields		



Pianificata
(norme CEI IEC
già valide e
applicabili)



Ing. Stefano D'Elia

Vodafone, Distinguished Engineer, Group Network Engineering & Delivery
CEI CT106, Coordinatore del GdL "Stazioni Radio Base"

La Guida 211.7 Appendice E Edizione 2019

- E' in corso di pubblicazione la versione aggiornata della Appendice E alla Guida CEI 211.7 che introduce le metodologie di misura dei campi elettromagnetici generati da stazioni radio base per le comunicazioni mobili di quinta generazione (5G), a cui hanno contribuito numerose Agenzie Regionali.
- La Guida è stata già sottoposta ad inchiesta pubblica lo scorso 21 maggio 2019, inchiesta che si è conclusa il 15 luglio scorso, e sarà pubblicata con data **novembre 2019**.

N O R M A I T A L I A N A C E I

Progetto

C. 1236

Data Scadenza Inchiesta

15-07-2019

Data Pubblicazione

2019-05

Classificazione

211-7/E

Titolo

Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz – 300 GHz, con riferimento all'esposizione umana

Appendice E: Misura del campo elettromagnetico da stazioni radio base per sistemi di comunicazione mobile (2G, 3G, 4G, 5G)

Title

La Guida 211.7 Appendice E Edizione 2019

TITOLO:

Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz - 300 GHz, con riferimento all'esposizione umana. Appendice E: Misura del campo elettromagnetico da stazioni radio base per sistemi di comunicazione mobile (2G, 3G, 4G, 5G)

SOMMARIO:

La presente Appendice descrive le metodologie di misura dei campi elettromagnetici generati da stazioni radio base per le comunicazioni mobili, con particolare riferimento ai sistemi di seconda generazione (2G), ovvero GSM e DCS, di terza generazione (3G), ovvero UMTS e HSPA, di quarta generazione (4G), ovvero LTE, ed infine di quinta generazione (5G).

Per quanto riguarda i sistemi 2G, 3G e 4G, il contenuto della presente appendice è coerente con quanto già riportato nella Guida CEI 211-10 e nelle precedenti edizioni di questa Appendice: le modalità di misurazione o stima dei campi elettromagnetici a radio frequenza sono sempre definite in coerenza con le rilevanti Norme IEC e con la normativa in vigore nel nostro paese, che prevede per il valore di cautela e l'obiettivo di qualità la media dei valori su un intervallo di 24 ore.

La presente edizione aggiorna le metodologie di misura dei campi elettromagnetici per tenere conto dei sistemi Narrow Band IoT, LTE TDD e 5G.

La Guida 211.7 Appendice E Edizione 2019

Per il 5G le metodologie di misura che consentono il confronto con il limite sono descritte nei paragrafi 4 e 5.4 e sono riassunte nella seguente tabella:

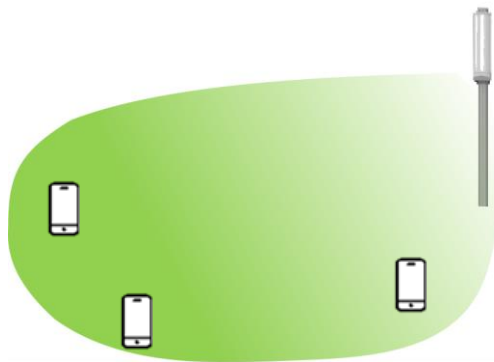
		METODI PER IL CONFRONTO CON I LIMITI	METODI PER ESCLUDERE IL SUPERAMENTO DEI LIMITI
		VALORE MISURATO (confronto con soglia normativa per verifica di effettivo superamento)	VALORE MISURATO (confronto con soglia normativa escludere il superamento di una soglia normativa)
5G	Media su 6 minuti (Limite di esposizione: 20V/m per $3 < f^{***} \leq 3000 \text{ MHz}$; 40V/m per $30 < f^{***} \leq 300 \text{ GHz}$)	An. Spettro CHANNEL POWER su x MHz*, AVERAGE / 6 MIN	Misura in banda larga , mediata su un intervallo temporale coerente con la definizione della soglia normativa (6 minuti o 24 ore), ai sensi dei paragrafi 13.1 e 13.5.1 della guida 211-7 e del paragrafo C.4.1 della Appendice C della guida 211.7 Non consente attribuzione esclusiva ad una sorgente
	Media su 24 ore (6 V/m)	An. Spettro CHANNEL POWER su x MHz*, AVERAGE / 24 ORE	

*X MHz rappresenta la larghezza di canale del sistema LTE o 5G da misurare

*** f rappresenta la frequenza del canale del sistema 5G da misurare

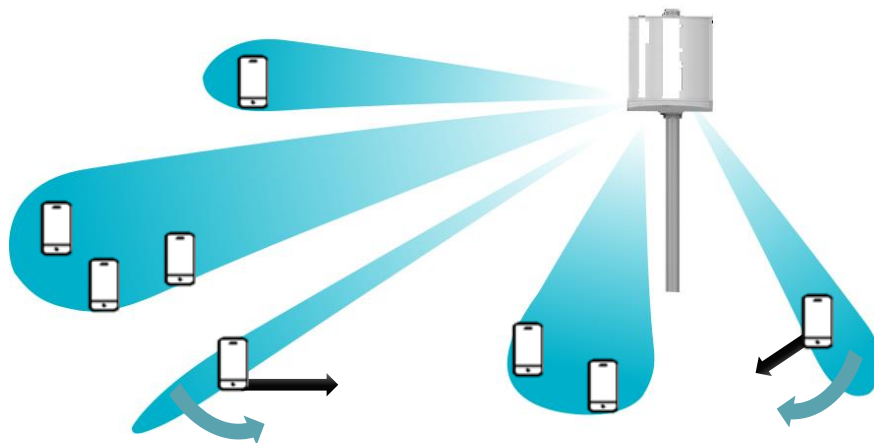
Le antenne Massive MIMO

Antenne tradizionali



- La potenza è irradiata in un'area «statica» che dipende dall'apertura angolare dell'antenna
- L'area in cui si trovano gli utenti è esposta con distribuzione spaziale costante (maggiore o minore intensità, ma stessa distribuzione)

Antenne Massive MIMO



- La potenza viene irradiata in direzioni specifiche e focalizzata verso singoli utenti o gruppi di utenti ravvicinati
- Al fine di «inseguire» gli utenti in movimento (indirizzare i fasci) e limitare le interferenze verso altri utenti, le direzioni di trasmissione cambiano ad ogni intervallo di trasmissione

Normativa tecnica IEC e CEI per il 5G

- Nello standard CEI EN 62232 sono introdotte le metodologie di valutazione per:

- ✓ il Massive MIMO
- ✓ i segnali LTE TDD

- Pubblicazione CEI: Marzo 2018



- La CEI IEC TR 62669 è un documento tecnico che descrive casi studio sulla reale implementazione delle procedure standardizzate in IEC 62232
- Pubblicazione CEI: Luglio 2019

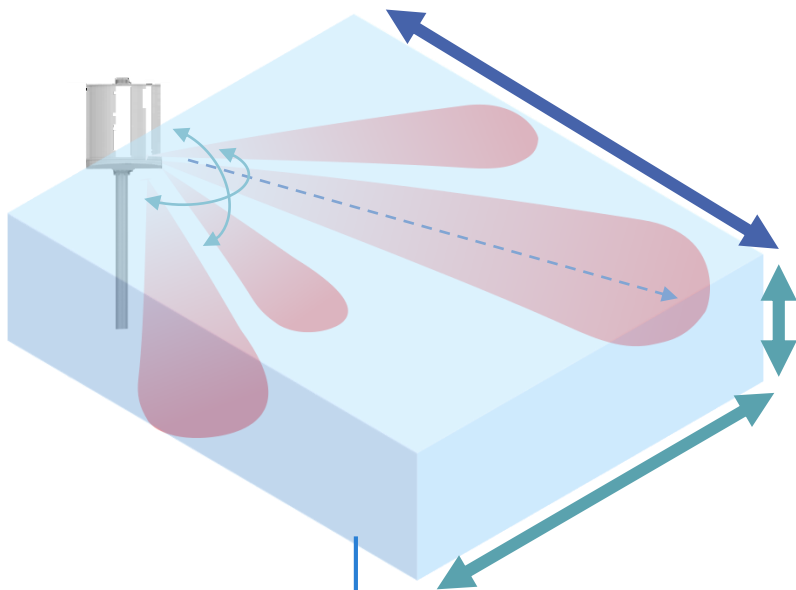
N O R M A I T A L I A N A C E I	
<i>Norma Italiana</i>	<i>Data Pubblicazione</i>
CEI EN 62232	2018-03
La seguente Norma è identica a: EN 62232:2017-12.	
<i>Titolo</i>	
Determinazione della intensità di campo elettromagnetico a radiofrequenza (RF), della densità di potenza e del tasso di assorbimento specifico (SAR) per valutare l'esposizione umana in prossimità di stazioni radio base	
<i>Title</i>	
Determination of RF field strength, power density and SAR in the vicinity of radiocommunication base stations for the purpose of evaluating human exposure	



N O R M A I T A L I A N A C E I	
<i>Norma Italiana</i>	<i>Data Pubblicazione</i>
CEI IEC TR 62669	2019-07
<i>Titolo</i>	
Casi di studio a supporto della norma IEC 62232 - Determinazione dell'intensità di campo RF, della densità di potenza e del SAR in prossimità delle stazioni radio di base per la valutazione dell'esposizione umana	
<i>Title</i>	
Case studies supporting IEC 62232 - Determination of RF field strength, power density and SAR in the vicinity of radiocommunication base stations for the purpose of evaluating human exposure	

Diagramma di irradiazione per antenne Massive MIMO

Diagramma di radiazione inviluppo



**Questa situazione è puramente teorica,
e non può accadere in uno scenario
reale**

- Il diagramma di radiazione di un'antenna attiva tempo-variante può essere definito, in maniera conservativa e deterministica, attraverso il «diagramma inviluppo», prescindendo dall'effettivo utilizzo dei fasci.
- ☐ Il diagramma inviluppo è ottenuto considerando, per ogni direzione, il valore più alto fra i guadagni di tutti i possibili fasci di traffico sintetizzabili dall'antenna in quella direzione.
 - La distanza di conformità orizzontale dipenderebbe dal massimo EIRP di un singolo beam.
 - Le distanze di conformità verticale e trasversale dipenderebbero dagli angoli massimi in cui l'antenna è in grado di dirigere i beam di traffico.

Calcolo previsionale del 5G | Modelli per il Massive MIMO

- CEI IEC TR62669 definisce la seguente formulazione per la valutazione statistica del EIRP medio su un intervallo di tempo T per le antenne a fascio-tempo variante:

$$EIRP(\vartheta, \varphi) = P_{TXM} F_{TDC} F_{PDL}(\vartheta, \varphi) G_{MLB} F_G(\vartheta, \varphi)$$

Potenza max downlink

Duty-cycle della tecnologia:
1 per FDD; < 1 per TDD

Componente deterministica

Guadagno massimo (G_{MLB}) e guadagno normalizzato $F_G(\vartheta, \varphi, t)$ mediato sull'intervallo T di osservazione

Potenza downlink normalizzata $F_{DPL}(\vartheta, \varphi, t)$, mediata sull'intervallo T di osservazione

Componente statistica

- Riscrittura nella forma «statica» equivale $EIRP(\vartheta, \varphi) = P_{EFF} G_{INV}(\vartheta, \varphi)$

➤ **Potenza massima effettiva** al connettore d'antenna («actual maximum transmitted power»): $P_{EFF} = P_{TXM}$

$F_{TDC} F_{PR}$

– F_{PR} , fattore di riduzione della potenza, ricavato dalla statistica della distribuzione spazio-temporale della potenza normalizzata $F_{DPL}(\vartheta, \varphi, t)$

□

➤ □ **Diagramma di radiazione inviluppo traffico:** □ □ □ $G_{INV} \geq G_{MLB} F_G(\vartheta, \varphi, t)$ (□ descrive, in modo conservativo e deterministico, l'uso dei fasci nel tempo e nello spazio)

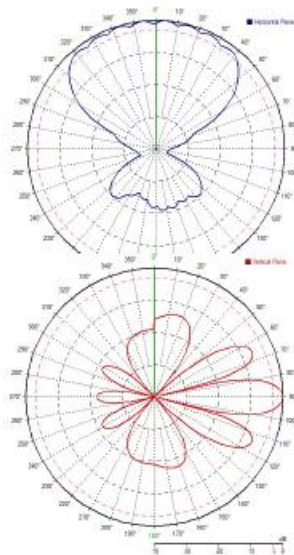
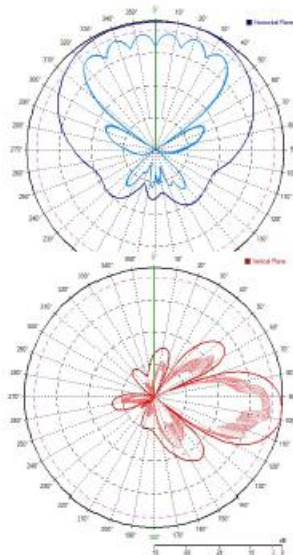
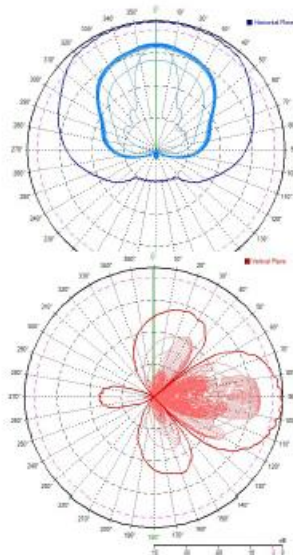
Diagrammi di radiazione involuppo di antenne commerciali

Piano di azimut

— Broadcast
— Traffico

Piano di elevazione

— Broadcast
— Traffico



	Ericsson AIR 6488 [IN EVOLUZIONE]	HUAWEI AAU 5613	Nokia AEQD
G_{traffico} (dBi)	24.1	25.1	20.3
$G_{\text{broadcast}}$ (dBi)	17.0	21.5	20.3
Config. broadcast rappresentata	Tutte	«Scenario 7», tutti i tilt	#8, not refined, 90deg
Inviluppo dei fasci di traffico	UNICO per tutte le configurazioni	UNICO per tutte le configurazioni	Ad ogni configurazione corrisponde un diverso involuppo dei fasci di traffico

Calcolo previsionale del 5G | I meccanismi di verifica

- CEI IEC TR 62669

13.1.2 Guiding principles for conducting RF exposure assessment based on the actual maximum approach

« (...) as a conservative approach, the actual maximum transmitted power can be used to determine the RF compliance boundary provided that the operator is implementing tools ensuring this threshold is not exceeded overtime during service. These tools can be based on BS counters and features developed by manufacturers to monitor and control the RF transmitted power or EIRP and other relevant characteristics of the BS. (...) »

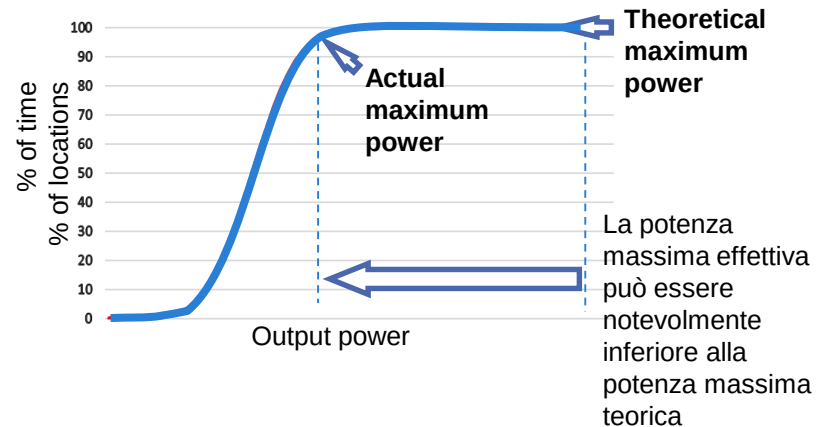
13.3.3.3 Base station counters

« (...) a) average downlink RF transmitted power: this counter monitors the RF power transmitted by the antenna (i.e. the sum of the real RF transmitted power from all individual radiating elements) and delivers the average value for the reporting interval; (...) »

- Il CEI IEC TR 62669 prevede che il fattore di riduzione della potenza possa essere:
 - calcolato dall'operatore mobile tramite i contatori di nodo per il monitoraggio (diretto o indiretto) della potenza media trasmessaoppure
 - garantito da funzionalità di controllo della potenza media trasmessa, implementate dal costruttore d'antenna (basate anch'esse sui contatori di nodo)

Calcolo previsionale del 5G | I meccanismi di verifica

- L'operatore mobile utilizzerà i contatori di potenza per determinare:
 - il fattore di riduzione della potenza F_{PR} (costruzione della CdF ed estrazione del 95° percentile)
 - i coefficienti di riduzione della potenza «Alfa 24» (cfr. Legge n. 221/2012)
 - F_{PR} e Alfa24 sono sovrastimati nel caso di uso del solo contatore della potenza totale: non contiene l'informazione sulla sua distribuzione spaziale



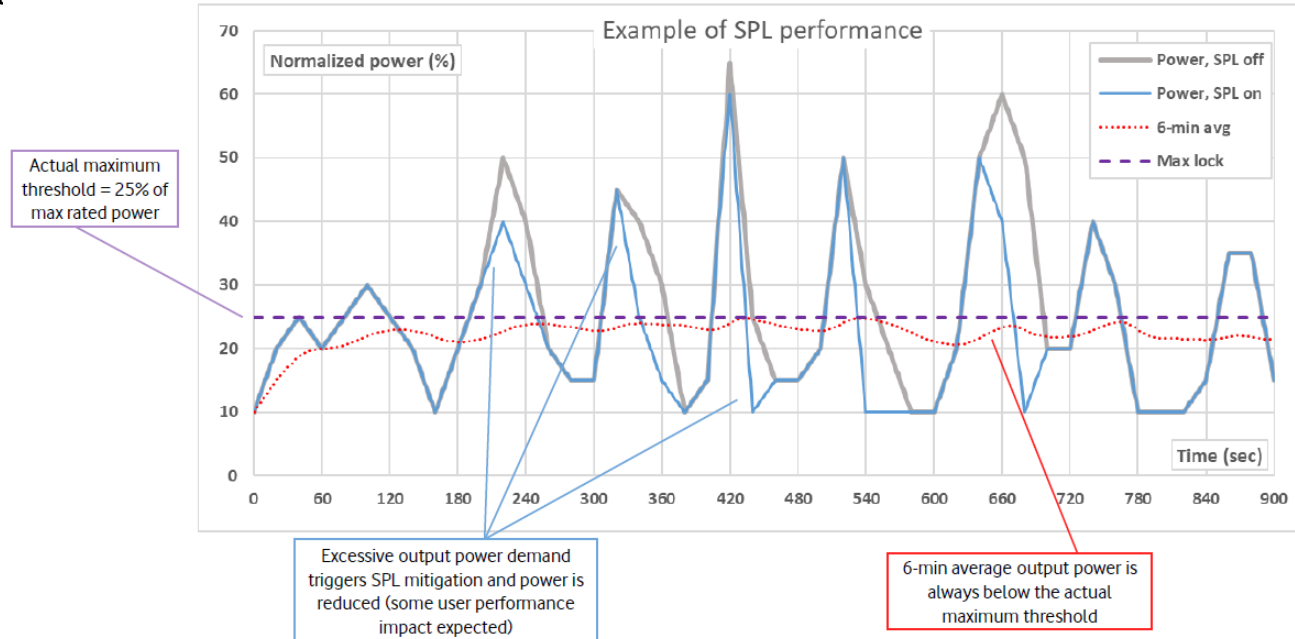
➤ Limite di esposizione: $P_{EFF} = P_{TXM} F_{TDC} F_{PR}$

➤ Obiettivo di Qualità : $P_{EFF} = P_{TXM} F_{TDC} \alpha_{24}$

dove $\alpha_{24} \leq F_{PR}$

Calcolo previsionale del 5G | I meccanismi di verifica

- L'operatore mobile potrà beneficiare di meccanismi di auto-limitazione della potenza RF implementati dai fornitori della tecnologia:
 - il fattore di riduzione della potenza (e l'intervallo di media) diventa un parametro di configurazione dell'antenna
 - all'operatore mobile non è richiesto il calcolo di F_{PR}
 - sovrastima del F_{PR} se il meccanismo è basato sul solo contatore della potenza totale media



Calcolo previsionale del 5G | Sviluppi futuri

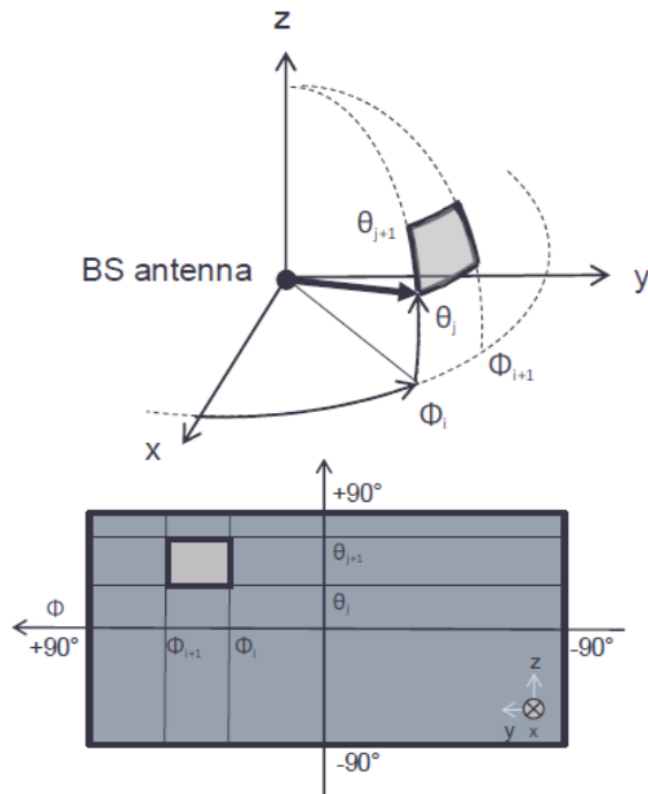
Transmitted Power or EIRP Monitoring

[...] Mobile network management systems provide counters at fixed reporting time intervals representing the performance and operation of the system. Such counters can be used to monitor P_{act} or $\text{EIRP}_{\text{act}}(\theta, \phi)$ and to verify that their values are maintained below the actual maximum threshold(s). [...]

In case on BS with beam steering, the time-averaged transmitted power or EIRP can be monitored per spatial segment, i.e. identified by a range of angles in azimuth and elevation ($\theta_j \leq \theta \leq \theta_{j+1}$, $\phi_i \leq \phi \leq \phi_{i+1}$) see [...]. For each spatial segments, the counter shall take into account the contribution of all relevant beams as well as side-lobes.

The monitoring duration used to assess the CDF of monitored counters shall be sufficiently long to represent accurately the variability of operations, e.g. considering load variations within a day or a week or other seasonal effects in touristic areas, etc.

IEC TC106 MT 3: Revisione della norma IEC 62232 – Paragrafo 8.4.2





Grazie per l'attenzione