



Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni

Nota esplicativa

CRITERI DI DEFINIZIONE E MODALITÀ DI IMPIEGO DEI VINCOLI RADIOELETTRICI DEL PNAF

Nella presente nota esplicativa vengono illustrati i criteri tecnici con i quali sono definiti i vincoli radioelettrici del Piano nazionale di assegnazione delle frequenze (PNAF) nonché le modalità di impiego degli stessi.

1. Premessa

A seguito dell'introduzione, con la delibera n. 15/03/CONS¹, del c.d. *criterio di equivalenza*, l'operatore assegnatario dei diritti d'uso di una frequenza pianificata in una determinata area tecnica può progettare e realizzare la sua rete di diffusione utilizzando siti e parametri di emissione diversi da quelli ipotizzati per le *reti di riferimento*² utilizzate nell'elaborazione del PNAF, a condizione che:

- i siti effettivamente utilizzati, se diversi dai *siti candidati*³, abbiano preliminarmente ottenuto le necessarie autorizzazioni da parte degli Enti territoriali competenti;
- siano rispettati i vincoli radioelettrici stabiliti dal PNAF.

I vincoli tecnici di coordinamento nazionale ed internazionale utilizzati nella predisposizione dei Piani di assegnazione adottati dall'Autorità sono espressi in termini di soglie di campo elettromagnetico, espresse in dB(μ V/m), da rispettare, per ciascuna frequenza pianificata, in un insieme di *punti di verifica* (PDV) posizionati sul territorio nazionale e sul territorio dei paesi confinanti.

¹ Delibera n. 15/03/CONS del 29 gennaio 2003 recante "Approvazione del piano nazionale di assegnazione delle frequenze per la radiodiffusione televisiva terrestre in tecnica digitale (PNAF-DVB)".

² Le *reti di riferimento* sono modelli di rete teorici utilizzati nell'elaborazione dei piani di assegnazione allo scopo di ottimizzare il riuso delle medesime frequenze e la copertura radioelettrica della popolazione. Le reti di riferimento vengono progettate mediante un apposito algoritmo di ottimizzazione che definisce le caratteristiche di irradiazione degli impianti costituenti le reti, utilizzando l'insieme dei siti già assentiti dalle Regioni (c.d. *siti candidati*), e i diagrammi di irradiazione degli impianti realmente in esercizio come risultanti dal Catasto nazionale delle frequenze radiotelevisive, tenuto dall'Autorità nell'ambito del Registro degli operatori di comunicazione. Lo stesso algoritmo provvede all'ottimizzazione dei ritardi statici necessari per una corretta equalizzazione delle reti di tipo SFN.

³ L'insieme dei c.d. *siti candidati* è costituito dai 3.195 siti, preventivamente assentiti dagli Enti territoriali competenti.



Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni

Un **PDV** è definito quindi come un **punto di ricezione** (o *pixel*) geograficamente definito, ubicato sul territorio nazionale o estero, al quale viene associata una **soglia** destinata alla protezione di una **frequenza** pianificata.

La raccolta completa dei circa 513.000 PDV nazionali ed esteri è pubblicata nel *documento di pianificazione*⁴ allegato ai provvedimenti di pianificazione. Nei paragrafi seguenti vengono illustrati i criteri utilizzati nella definizione dei parametri che caratterizzano i PDV, le loro modalità di impiego e le strutture dati utilizzate per la pubblicazione.

2. Criteri di definizione dei vincoli radioelettrici del PNAF

I vincoli radioelettrici del PNAF vengono calcolati mediante l'applicazione di metodi simulativi. Tali metodi si basano su un modello matematico del comportamento della rete diffusiva che caratterizza gli impianti di diffusione, la propagazione del segnale, l'effetto dell'orografia, il sistema di ricezione d'utente e, infine, stima i valori delle grandezze che consentono di stabilire la qualità della ricezione in un punto del territorio nazionale. Il modello matematico utilizzato per simulare il comportamento delle reti di diffusione è costituito da un insieme di algoritmi che interagiscono con diverse basi di dati territoriali (modello altimetrico, modello morfologico, modello demografico ecc.). I metodi su cui si basano gli algoritmi utilizzati sono, in linea generale, derivati da standard tecnici internazionalmente riconosciuti. Nei paragrafi seguenti vengono illustrati i principali elementi che caratterizzano le metodologie utilizzate.

2.1. Configurazione di pianificazione di riferimento

I vincoli radioelettrici del PNAF sono calcolati sulla base di assunzioni e parametri che nel loro insieme definiscono una *configurazione di pianificazione di riferimento* (o *Reference Planning Configuration - RPC*). Gli elementi caratterizzanti delle RPC utilizzate nell'elaborazione del PNAF sono riportati nella Tabella 1.

⁴ In allegato alle delibere di approvazione o modifica del PNAF è pubblicato un documento denominato *documento di pianificazione*. Questo documento, in formato elettronico, contiene, oltre alla presente nota esplicativa, la raccolta dei PDV nazionali ed esteri nonché ulteriori elaborati informativi come l'elenco dei siti candidati utilizzati nella progettazione delle reti di riferimento.



Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni

Tabella 1 – RPC utilizzate per l'elaborazione del PNAF

Parametro	RPC reti nazionali e locali di 1° livello in banda UHF-IV/V	RPC reti nazionali in banda VHF-III	RPC reti locali di 2° livello in banda UHF-IV/V
Banda di frequenza	470-694 MHz	174-223 MHz	470-694 MHz
Tipo di ricezione	Fissa (antenna di ricezione a 10 m sul terreno)	Fissa (antenna di ricezione a 10 m sul terreno)	Fissa (antenna di ricezione a 10 m sul terreno)
Standard trasmissivo	DVB-T2 (ETSI EN 302 755)	DVB-T2 (ETSI EN 302 755)	DVB-T2 (ETSI EN 302 755)
Schema di modulazione	256-QAM	256-QAM	64-QAM
Tasso codifica FEC	2/3	3/4	1/2
Numero portanti (FFT size)	32k (extended)	32k (extended)	32k (extended)
Rapporto T_g/T_u	1/16	1/16	1/16
Durata intervallo di guardia (T_g)	224 μ s	256 μ s	224 μ s
Pilot Pattern	PP4	PP4	PP4
Block length	64.800 bit	64.800 bit	64.800 bit
Capacità trasmissiva	36,97 Mbit/s	36,40 Mbit/s	20,70 Mbit/s
Rapporto di protezione co-canale ⁵	20 dB	22 dB	12,2 dB
Intensità minima di campo mediano equivalente ⁶	54,6 dB(μ V/m) (a 650 MHz)	47,7 dB(μ V/m) (a 200 MHz)	46,6 dB(μ V/m) (a 650 MHz)
Qualità di ricezione	Cov. Prob. \geq 90%	Cov. Prob. \geq 90%	Cov. Prob. \geq 90%

⁵ Raccomandazione ITU-R BT.2033 “*Planning criteria, including protection ratios, for second generation of digital terrestrial television broadcasting systems in the VHF/UHF bands*”.

⁶ Rapporto ITU-R BT.2254 “*Frequency and network planning aspects of DVB-T2*”. I valori indicati sono comprensivi del fattore di correzione statistico per *location probability* del 95% e sono calcolati per le frequenze di riferimento 200 MHz (banda III) e 650 MHz (banda IV/V). Per le altre frequenze, il valore del campo minimo indicato in tabella deve essere adattato sommando il seguente fattore di correzione: $\text{Corr} = 20 \log_{10} (f/f_r)$ dove f è la frequenza effettiva e f_r è la frequenza di riferimento pertinente.



Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni

2.2. Calcolo di previsione dei livelli di segnale

I vincoli radioelettrici del PNAF sono calcolati mediante un metodo di previsione della propagazione che è basato sulla Raccomandazione *ITU-R P.1812*⁷. Questo modello considera le perdite per diffrazione e richiede pertanto la valutazione dettagliata del profilo altimetrico del terreno sulla congiungente trasmettitore-punto di ricezione, necessitando quindi della disponibilità di un modello altimetrico digitale delle elevazioni⁸ (DEM).

Per ogni punto del territorio e per ogni trasmettitore sono calcolati il valore dell'intensità di campo utile (50% dei luoghi e 50% del tempo) e di campo interferente (50% dei luoghi e 10% del tempo). Per i punti di ricezione ubicati in territorio estero i livelli di segnale interferente vengono calcolati all'1% del tempo.

2.3. Definizione della posizione geografica dei PDV

I PDV rappresentano punti di ricezione posizionati in specifici punti geografici (c.d. *pixel*) ciascuno identificato da un numero progressivo e dalle coordinate geografiche. I *pixel* sono disposti secondo un reticolo regolare con passo di 96 secondi in latitudine e longitudine (pari a circa 2,5 km per lato) esteso all'intero territorio nazionale e alle porzioni di territorio estero che ricadono nelle aree di coordinamento definite dagli accordi internazionali sottoscritti dal Ministero dello sviluppo economico e dalle competenti autorità degli Stati radioelettricamente confinanti. Per limitare la complessità computazionale e i tempi di calcolo delle simulazioni radioelettriche, all'insieme dei *pixel* vengono applicati dei filtri. Ad esempio, dall'insieme dei *pixel* nazionali vengono esclusi quelli con altitudine superiore a 2.100 metri s.l.m. o con popolazione inferiore a 100 abitanti. Anche all'insieme dei *pixel* esteri possono essere applicati dei filtri, ove concordati con i rispettivi Stati esteri. Il numero complessivo di *pixel* utilizzati per posizionare i PDV è pari a 45.098, dei quali circa 23.823 posizionati sul territorio nazionale e 21.275 su territorio estero.

⁷ Raccomandazione ITU-R P.1812 "A path-specific propagation prediction method for point-to-area terrestrial services in the VHF and UHF bands".

⁸ Per il calcolo dei vincoli radioelettrici del PNAF è stato utilizzato il DEM NASA SRTM 90 metri.



Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni

Analizzando le caratteristiche dell'insieme dei pixel, in termini di posizionamento⁹ e numerosità¹⁰, si vede come i PDV vadano considerati, in definitiva, come **punti di calcolo** e non come punti di misura e costituiscano, pertanto, uno strumento orientato più ad analisi e verifiche di tipo simulativo che non all'utilizzo nell'ambito di misure sul campo.

2.4. Definizione delle soglie dei PDV

Ciascun PDV è caratterizzato, oltre che dalla sua posizione geografica, dal valore di soglia ad esso associato allo scopo di assicurare la protezione a una data frequenza pianificata. In un certo senso è possibile affermare che un pixel diventa “sede” di un PDV se in quel punto del territorio nazionale o estero esiste una frequenza pianificata da proteggere.

Le soglie dei PDV sono sempre espresse in **dB(μV/m)** e corrispondono, in generale, al valore massimo di campo disturbante¹¹ totale che può essere ammesso nel PDV su una determinata frequenza pianificata, italiana o estera. Le soglie dei PDV esteri e di quelli nazionali sono calcolate con metodi differenti, illustrati nei paragrafi seguenti.

2.4.1. Definizione delle soglie dei PDV esteri

Le soglie dei circa 218.000 PDV esteri del PNAF sono calcolate sulla base delle regole tecniche stabilite negli accordi internazionali sottoscritti dal Ministero dello sviluppo economico e dalle competenti autorità degli Stati radioelettricamente confinanti. In assenza di accordi, le soglie sono definite in modo da garantire la protezione dei diritti internazionali derivanti dall'Accordo GE06.

⁹ La modalità di posizionamento dei PDV (su un reticolo regolare predeterminato) non garantisce la possibilità che il punto del territorio ove è ubicato il PDV sia effettivamente raggiungibile, ad esempio, per l'effettuazione di misure o rilievi né che sia significativo dal medesimo punto di vista (ad es. perché collocato dietro un ostacolo).

¹⁰ Il numero di PDV che assicurano la protezione di un bacino rende ardua l'effettuazione di campagne di misura esaustive né, d'altro canto, la violazione di un singolo PDV può essere considerata significativa.

¹¹ Il campo disturbante (*nuisance field* - E_N), espresso in dB(μV/m), è l'intensità di campo, per il 50% dei luoghi e per una data percentuale del tempo, di un segnale indesiderato proveniente da qualsiasi potenziale fonte di interferenza, a cui è stato aggiunto il relativo rapporto di protezione in dB. Ove pertinente, deve essere preso in considerazione il valore appropriato in dB di direttività dell'antenna ricevente o discriminazione di polarizzazione. Laddove vi siano diversi segnali indesiderati, deve essere applicato un metodo per la combinazione delle intensità di campo disturbante individuali, come il metodo della somma di potenza o altri metodi appropriati, al fine di ottenere l'intensità di campo disturbante risultante (v. Atti Finali GE06, Annex 2, Chapter 1, Par. 1.3.4 “*Nuisance field strength*”).



Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni

In generale, la **soglia** associata a un PDV estero definisce il livello massimo del *campo disturbante totale nazionale* che in quel **punto geografico** non deve essere superato dal complesso degli impianti italiani operanti sulla **frequenza** protetta del PDV.

Le soglie dei PDV esteri sono stabilite a priori e costituiscono pertanto un *input* per il processo di progettazione delle reti di riferimento utilizzate per l'elaborazione del PNAF. Tali soglie non dipendono dai livelli di segnale utile realmente prodotti dalle reti di diffusione in esercizio nello Stato estero in cui ricade il PDV.

2.4.2. Definizione delle soglie dei PDV nazionali

Le soglie dei circa 295.000 PDV nazionali sono calcolate sulla base dei livelli di segnale utile e interferente prodotti in ciascun pixel dalle reti di riferimento utilizzate nell'elaborazione del PNAF.

In generale, la **soglia** associata a un PDV nazionale definisce il livello massimo del *campo disturbante totale* che in quel **punto geografico** non deve essere superato da nessuna delle reti iso-canali operanti nelle aree tecniche dove il PNAF ha previsto il riuso della medesima **frequenza**.

In pratica, la soglia di un PDV corrisponde al livello del segnale utile cumulativo prodotto dalla rete di riferimento ipotizzata per il servizio nel PDV alla specifica frequenza, diminuito di 15 dB. Questa riduzione considera, in primo luogo, il fattore di correzione (*combined location correction factor*) di 9 dB necessario per garantire la prevista protezione nel 90% dei luoghi. L'ulteriore riduzione di 6 dB è necessaria, invece, per tenere conto della possibilità che nel PDV vengano ricevuti segnali interferenti provenienti da più reti iso-canale operanti in aree tecniche adiacenti. Il valore di 6 dB consente di assicurare la ricezione anche nel caso in cui nel PDV arrivino fino a 4 campi disturbanti cumulativi di livello pari a quello della soglia.

Ai fini della determinazione del segnale utile cumulativo e dei segnali interferenti prodotti dall'insieme delle reti di riferimento in un determinato PDV, si tiene conto anche della discriminazione per direttività e polarizzazione dell'antenna ricevente¹². Questa viene ipotizzata orientata nella direzione del trasmettitore c.d. *Max Server* (trasmettitore della

¹² L'antenna utilizzata nelle elaborazioni del PNAF (la c.d. *antenna commerciale Agcom*) è descritta nel documento tecnico "[*Caratteristiche del modello di antenna ricevente utilizzato per la valutazione della discriminazione per direttività dell'antenna ricevente nei calcoli di copertura*](#)" disponibile sul sito dell'Autorità ed a cui si rimanda.



Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni

rete di riferimento che produce il campo utile più alto nel punto) e adattata in polarizzazione allo stesso trasmettitore.

Le soglie dei PDV nazionali sono calcolate a valle del processo di progettazione delle reti di riferimento e vengono fissate solo per quei pixel nei quali il rapporto C/I della rete di riferimento di servizio è sufficiente a garantire un'adeguata qualità di ricezione. In sostanza, i PDV corrispondono, per una data frequenza pianificata, all'insieme dei soli pixel serviti dalle reti di riferimento del PNAF.

3. Modalità di impiego dei vincoli radioelettrici del PNAF

Il rispetto dei vincoli radioelettrici del PNAF da parte delle reti di diffusione reali assicura l'uso efficiente dello spettro previsto dal PNAF e conseguentemente – pur con le inevitabili approssimazioni dovute all'impiego, nella pianificazione, di metodi simulativi – la mutua compatibilità tra le diverse reti in esercizio e il conseguimento, da parte di queste ultime, degli obiettivi di servizio previsti nello stesso PNAF (qualità di ricezione, percentuale di popolazione coperta, capacità trasmissiva ecc.).

Attraverso lo strumento dei PDV, è possibile verificare preventivamente **in via simulativa** se un progetto di rete o una rete già in esercizio rispetti i vincoli radioelettrici stabiliti dal PNAF. Da notare che i PDV, oltre a fornire **prescrizioni** sui livelli massimi di interferenza che una rete non deve superare negli altri bacini dove è previsto il riuso della frequenza, forniscono anche **indicazioni** sul livello minimo di segnale utile che la stessa rete deve assicurare nel proprio bacino di servizio al fine di bilanciare le interferenze esterne e conseguire così un adeguato rapporto C/I.

3.1. Verifica del rispetto dei PDV esteri

Un **PDV estero** è rispettato se il campo disturbante totale nazionale prodotto dal complesso degli impianti italiani operanti sulla frequenza protetta dal PDV non supera il valore di soglia previsto nel PDV¹³.

Per verificare il rispetto di un determinato PDV estero è necessario quindi calcolare il campo disturbante totale nazionale¹⁴ $E_{N-Italia}$ prodotto nel PDV, che è dato

¹³ Le metodologie descritte nel presente paragrafo non sostituiscono le procedure disciplinate dall'art. 15 del *Regolamento delle Radiocomunicazioni* dell'ITU. Tali procedure restano pertanto pienamente applicabili in caso di interferenze con Stati esteri.

¹⁴ L'operatore di rete che disponga di un idoneo sistema di simulazione radioelettrica può valutare autonomamente se gli impianti della propria rete rispettano la soglia di un PDV estero. Tale verifica,



Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni

dall'aggregazione dei valori di campo disturbante individuale (E_{N1} , E_{N2} , E_{N3} ...) prodotti nel PDV estero da ciascun impianto italiano operante sulla frequenza protetta dal PDV stesso.

Il campo disturbante individuale E_N prodotto da un trasmettitore italiano nel PDV estero è dato, a sua volta, dall'intensità del campo interferente all'1% del tempo $E_{I-1\%}$ aumentata del rapporto di protezione PR del servizio estero da proteggere. Nell'elaborazione del PNAF si è assunto un valore di PR pari a **21 dB**, corrispondente al valore indicato negli Atti Finali di GE06 per la protezione della RPC 1¹⁵.

Per aggregare i campi disturbanti individuali è possibile utilizzare, per la sua semplicità, il metodo della c.d. "somma in potenza" (*power sum*) tenendo tuttavia presente che esso non considera la natura statistica del campo e.m. e tende a sottostimare l'interferenza rispetto a metodi di combinazione statistici più complessi quali il k-LNM, il T-LNM ecc.

Riepilogando, un PDV estero è rispettato se:

$$E_{N-Italia} \leq \text{Soglia PDV estero} \quad (1)$$

dove:

$$E_{N-Italia} = 10 \log \left(\sum 10^{\frac{E_N}{10}} \right) \quad (2)$$

ed E_N , che rappresenta i singoli valori in dB(μ V/m) di campo disturbante individuale ricevuti nel PDV, è:

$$E_N = E_{I-1\%} + PR \quad (3)$$

Se i segnali interferenti da aggregare sono tutti della stessa natura (ad es. televisivi digitali) e quindi il rapporto di protezione resta sempre il medesimo, la (2) diventa:

$$E_{N-Italia} = PR + 10 \log \left(\sum 10^{\frac{E_{I-1\%}}{10}} \right) = 21 + 10 \log \left(\sum 10^{\frac{E_{I-1\%}}{10}} \right) \quad (4)$$

Nella Figura 2 è riportata una rappresentazione grafica della procedura descritta nel paragrafo.

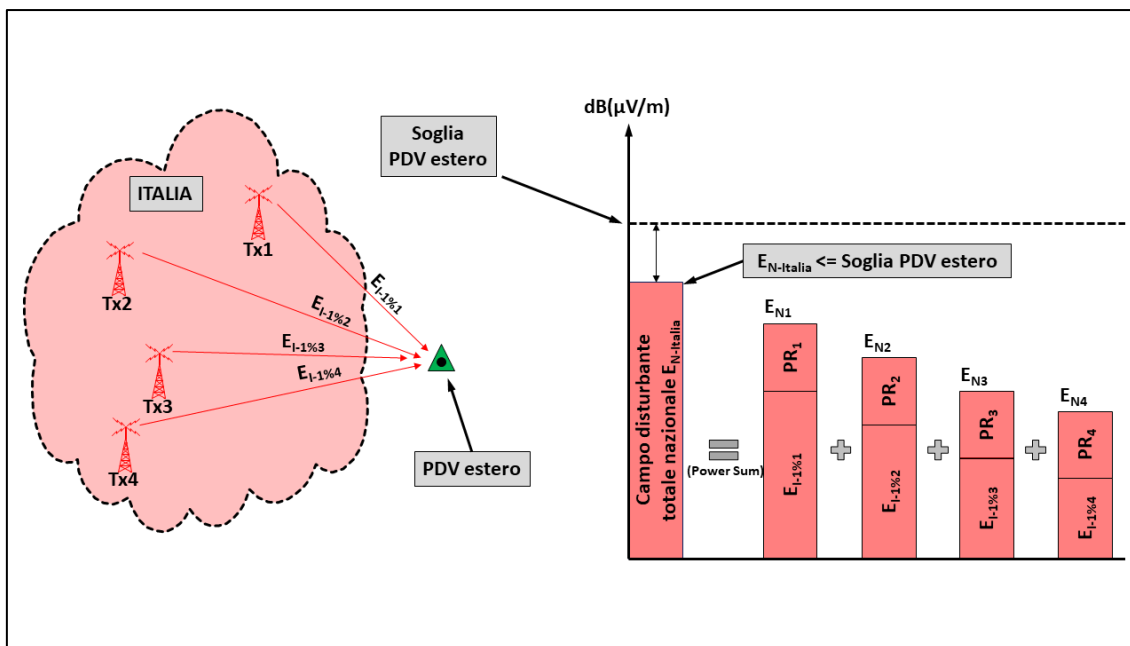
tuttavia, non esaurisce gli obblighi derivanti dal coordinamento internazionale in quanto la verifica deve tenere conto del complesso degli impianti italiani operanti sulla frequenza da proteggere. Ulteriori attenuazioni su specifici impianti delle reti effettivamente in esercizio potrebbero pertanto rendersi necessarie per tenere conto del possibile incremento del valore di campo disturbante totale nazionale dovuto a impianti eserciti da altri operatori italiani che utilizzano la medesima frequenza.

¹⁵ V. Atti Finali di GE06, Tabella A.3.3-11 "Co-channel protection ratios (dB) for a DVB-T signal interfered with by a DVB-T signal for the RPCs".



Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni

Figura 2 – Verifica rispetto PDV estero



3.2. Verifica del rispetto dei PDV nazionali

Un **PDV nazionale** è rispettato se nessuna delle reti potenzialmente interferenti (quelle, cioè, operanti nelle altre aree tecniche dove è previsto il riuso della medesima frequenza) produce un campo disturbante totale superiore al valore di soglia previsto nel PDV.

Per verificare se una rete interferente rispetta il valore di soglia di un PDV nazionale è necessario determinarne il campo disturbante totale¹⁶ E_{N-Rete} che è dato dall'aggregazione dei valori di campo disturbante individuale (E_{N1} , E_{N2} , E_{N3} ...) prodotti nel PDV dai singoli impianti appartenenti alla rete interferente.

Il campo disturbante individuale E_N prodotto da un trasmettitore in un PDV nazionale è dato, a sua volta, dall'intensità del campo interferente al 10% del tempo $E_{I-10\%}$ aumentata del rapporto di protezione PR del servizio da proteggere, valore che differisce a seconda che il PDV sia destinato alla protezione di una frequenza nazionale e locale di 1° livello oppure a una frequenza locale di 2° livello. Il PNAF approvato con la delibera n.

¹⁶ L'operatore di rete che disponga di un idoneo sistema di simulazione radioelettrica può valutare in piena autonomia se gli impianti della propria rete rispettano la soglia di un PDV nazionale ubicato in un diverso bacino iso-canale, indipendentemente dai campi disturbanti provenienti da reti interferenti di altri operatori. Le soglie dei PDV nazionali, infatti, sono calcolate con margini sufficienti per consentire a ciascun operatore di effettuare la verifica in modo indipendente.



Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni

39/19/CONS, infatti, prevede criteri di pianificazione differenziati per queste due tipologie di reti. Le reti locali di 2° livello, in particolare, hanno il vincolo di non poter provocare riduzioni di copertura alle reti di 1° livello che usano la stessa frequenza mentre devono, invece, accettare livelli di interferenza superiori a quelli ammessi per le reti di 1° livello. Per questo motivo è stata prevista per le reti di 2° livello una specifica RPC caratterizzata da una maggiore reiezione ai disturbi e, conseguentemente, una minore capacità trasmissiva. Nella Tabella 1 sono riportati i valori di *PR* da usare per la protezione dei PDV relativi a frequenze nazionali e locali di 1° livello (**20,0 dB**) e di quelli relativi a frequenze locali di 2° livello (**12,2 dB**).

Analogamente ai PDV esteri, anche per i PDV nazionali, è possibile aggregare i campi disturbanti individuali utilizzando, con le medesime avvertenze già illustrate nel paragrafo precedente, il metodo della c.d. “somma in potenza” (*power sum*).

Riepilogando, una rete rispetta un PDV nazionale ubicato in un'altra delle aree tecniche dove è previsto il riuso della stessa frequenza se:

$$E_{N-Rete} \leq \text{Soglia PDV nazionale} \quad (5)$$

dove:

$$E_{N-Rete} = 10 \log \left(\sum 10^{\frac{E_N}{10}} \right) \quad (6)$$

ed E_N , che rappresenta i singoli valori in dB(μV/m) di campo disturbante individuale ricevuti nel PDV, è:

$$E_N = E_{I-10\%} + PR \quad (7)$$

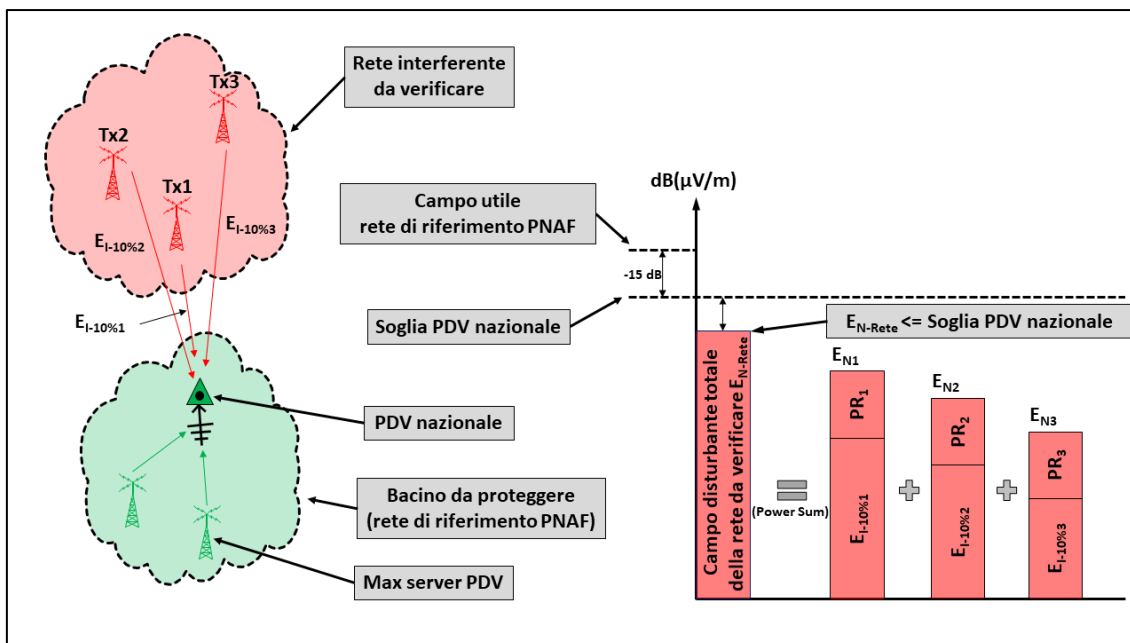
Si sottolinea ancora una volta che il valore di *PR* da utilizzare nella (7) dipende dal tipo di frequenza da proteggere (nazionale/locale di 1° livello oppure locale di 2° livello)

Nella Figura 3 è riportata una rappresentazione grafica della procedura descritta nel paragrafo.



Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni

Figura 3 – Verifica rispetto PDV nazionale



4. Struttura dei dati

La collezione dei dati relativi ai PDV è reperibile all'interno del file compresso contenente il *documento di pianificazione*, il quale è scaricabile dalla pagina web del sito istituzionale dell'Autorità dedicata alla delibera del PNAF.

Nel file compresso, sono presenti due cartelle contenenti rispettivamente la raccolta dei PDV esteri e quella dei PDV nazionali.

4.1. PDV esteri

Nella cartella dei PDV esteri sono riportate le informazioni necessarie alla protezione delle frequenze estere. Per ogni frequenza è presente un file contenente l'elenco dei PDV destinati alla sua protezione. Nella tabella seguente sono riportati alcune righe estratte da un file di esempio relativo alla protezione del canale 23 (file *PDVEsteri_23.txt*).



Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni

Tabella 2 – Esempio di file contenente PDV esteri

CH	PDV	Longit	Latit	Popol	Azimut Rx	Soglia Best Server	Polar Rx	Power Rete Riferimento	Soglia	Allotment Estero Interferito
23	16492	13,747	45,160	163	68	80	H	27,00	53,55	D52(HRV)
23	16493	13,773	45,160	228	67	96	H	28,00	53,55	D52(HRV)
23	16494	13,800	45,160	191	293	89	H	28,00	53,55	D52(HRV)
23	16495	13,827	45,160	136	64	97	H	28,00	53,55	W63(HRV)
23	16496	13,853	45,160	166	62	97	H	0,00	53,55	W63(HRV)

Segue una breve descrizione del contenuto delle varie colonne:

- *Ch*: specifica il **canale** estero protetto dal PDV;
- *PDV/Longit/Latit*: specificano progressivo e **coordinate geografiche** del pixel dove è posizionato il PDV;
- *Popol/Azimut Rx/Soglia Best Server/Polar rx*: colonne contenenti dati di natura informativa non utilizzati ai fini della verifica del rispetto del PDV;
- *Power Rete Riferimento*: specifica, a titolo informativo e di verifica, il valore del campo disturbante totale prodotto nel PDV dal complesso degli impianti delle reti di riferimento del PNAF che utilizzano il canale specificato nella colonna *Ch*;
- *Soglia*: specifica la **soglia** di campo disturbante totale nazionale, in dB(μ V/m), da rispettare nel PDV;
- *Allotment Estero Interferito*: specifica il nome dell'*allotment* estero nella cui area ricade il PDV e, tra parentesi, la sigla ITU¹⁷ dello Stato estero.

Prendendo, come esempio, la prima riga della Tabella 2 si ottiene che nel PDV posizionato sul **pixel n. 16492**, ricadente in Croazia (HRV) nell'*allotment* D52, il complesso degli impianti italiani operanti sul **can. 23** non può produrre un campo disturbante totale superiore alla **soglia di 53,55 dB(μ V/m)**. Le reti di riferimento del PNAF, su quello stesso punto, producono un campo disturbante totale pari a 27,00 dB(μ V/m).

4.2. PDV nazionali

Nella cartella dei PDV nazionali sono riportate le informazioni necessarie alla protezione delle frequenze pianificate per le reti nazionali/locali di 1° livello e locali di 2° livello. Per ogni frequenza pianificata è presente un file contenente l'elenco dei PDV destinati

¹⁷ Lista completa disponibile all'indirizzo <https://www.itu.int/online/mm/scripts/gense18>.



Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni

alla sua protezione. Nella tabella seguente sono riportate alcune righe estratte da un file di esempio relativo alla protezione del canale 42, pianificato nella provincia di Padova per una rete locale di 1° livello e nella provincia di Modena per una rete locale di 2° livello (file *PDVNazionali_42.txt*).

Tabella 3 – Esempio di file contenente PDV nazionali

CH	PDV	Longit	Latit	Popol	Azimut Rx	Polar Rx	Soglia	Livello	Prov Interferita	Max Server
42	11755	11,853	45,613	1936	208	H	78,11	1	Padova	2222 - M.TE MADONNA
42	11756	11,880	45,613	1245	211	H	78,11	1	Padova	2222 - M.TE MADONNA
42	11757	11,907	45,613	1666	214	H	78,11	1	Padova	2222 - M.TE MADONNA
42	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
42	22996	10,787	44,573	395	170	H	71,65	2	Modena	4293 - SERRAMAZZONI
42	22997	10,813	44,573	2580	177	H	73,73	2	Modena	4293 - SERRAMAZZONI
42	22998	10,840	44,573	15109	185	H	72,85	2	Modena	4293 - SERRAMAZZONI

Segue una breve descrizione del contenuto delle varie colonne:

- *Ch*: specifica il **canale** pianificato protetto dal PDV;
- *PDV/Longit/Latit*: specificano progressivo e **coordinate geografiche** del pixel dove è posizionato il PDV;
- *Popolazione*: specifica, a titolo informativo, la popolazione associata al PDV;
- *Azimut Rx/Polar Rx*: specificano, a titolo informativo, il puntamento e la polarizzazione dell'antenna ricevente ipotizzati nel PDV;
- *Soglia*: specifica la **soglia** di campo disturbante totale che ciascuna delle reti operanti nelle aree tecniche dove è previsto il riuso della stessa frequenza non deve superare al fine di assicurare adeguata protezione all'operatore assegnatario della frequenza indicata nella colonna *Ch* nella provincia indicata dalla colonna *Prov Interferita*;
- *Livello*: specifica se la frequenza protetta dal PDV è stata pianificata per una rete nazionale/locale di 1° livello oppure per una rete locale di 2° livello;
- *Prov Interferita*: specifica la provincia in cui ricade il PDV;
- *MaxServer*: specifica, a titolo informativo, il nome del trasmettitore della rete di riferimento che produce nel PDV il segnale utile di livello maggiore.

Prendendo, come esempio, la prima riga della Tabella 3 si ottiene che nel PDV posizionato sul **pixel n. 11755**, ricadente nella provincia di Padova, una qualsiasi rete interferente operante in un'altra delle aree tecniche dove è previsto il riuso del **can. 42**,



Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni

non deve produrre un campo disturbante totale E_{N-Rete} superiore alla **soglia di 78,11 dB(μ V/m)**, con PR=20 dB essendo il PDV di **1° livello**. La rete di riferimento del PNAF, su quello stesso punto, produce un campo utile cumulativo pari a $78,11+15=93,11$ dB(μ V/m) considerando l'antenna ricevente orientata verso il sito di M.te Madonna (max server).

Prendendo invece, come ulteriore esempio, la quinta riga della medesima Tabella 3, si ottiene che nel PDV posizionato sul **pixel n. 22996**, ricadente nella provincia di Modena, una qualsiasi rete interferente operante in un'altra delle aree tecniche dove è previsto il riuso del **can. 42**, non deve produrre un campo disturbante totale E_{N-Rete} superiore alla **soglia di 71,65 dB(μ V/m)**, con PR=12,2 dB, essendo il PDV di **2° livello**. La rete di riferimento del PNAF, su quello stesso punto, produce un campo utile cumulativo pari a $71,65+15=86,65$ dB(μ V/m) considerando l'antenna ricevente orientata verso il sito di Serramazzoni (max server).

La protezione dei PDV nazionali è di tipo C/I. Ogni operatore nazionale o locale che utilizzi la frequenza indicata in tabella (nell'esempio il canale 42) in aree tecniche diverse da quella di cui fa parte la provincia indicata nella colonna *Prov Interferita* dovrà progettare la sua rete in modo tale che il suo campo disturbante totale, ovvero la somma in potenza dei campi interferenti individuali generati dai suoi trasmettitori nel 10% del tempo, a ciascuno dei quali sia stato sommato il rapporto di protezione appropriato, sia inferiore al valore riportato nella colonna *Soglia*.

5. Avvertenze e casi particolari

Nella valutazione del rispetto delle soglie dei PDV effettuata mediante sistemi di simulazione radioelettrica, è necessario tenere conto che i valori ottenuti con metodi di tipo simulativo costituiscono pur sempre una *rappresentazione approssimata* del reale livello dei segnali utili e interferenti prodotti dalle reti di diffusione. Nelle attività di pianificazione, si stima ragionevole considerare, nella valutazione delle coperture radioelettriche offerte dalle reti di riferimento, un *intervallo di confidenza* pari al $\pm 3\%$ ¹⁸. Analogamente, anche nel caso delle valutazioni finalizzate a verificare il rispetto dei PDV

¹⁸ Cfr. Relazione Tecnica agli atti del procedimento relativo alla delibera n. 300/10/CONS: “[...] siamo costretti a calcolare un intervallo di confidenza sulla base del quale valutare i risultati ottenuti. Purtroppo, a causa della complessità e della mole dei calcoli effettuati risulta estremamente complesso applicare una metodologia esatta per la valutazione di tale intervallo. Una stima approssimata e prudentiale, basata su una valutazione euristica delle principali approssimazioni introdotte, suggerisce un intervallo di confidenza (peraltro applicato anche nella valutazione delle coperture del Piano Analogico del 1998 e del Piano Digitale del 2002) del $\pm 3\%$ ”.



Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni

nazionali, si ritiene ragionevole considerare i risultati delle verifiche stesse con un simile intervallo di confidenza.

Ne deriva che, in pratica, una rete interferente può essere considerata rispettosa dei PDV nazionali di una determinata area tecnica pianificata, anche in presenza di un certo numero di violazioni delle soglie stabilite dai PDV, purché il numero di queste violazioni **non ecceda il 3%** del numero totale di PDV di ciascuna area tecnica da proteggere.

Ulteriore cautela deve, inoltre, essere adottata nella valutazione del rispetto delle soglie dei PDV esteri quando ricorrano entrambe le seguenti condizioni: (a) PDV estero destinato alla protezione di un diritto derivante da GE06; (b) cammini di propagazione di lunghezza superiore ai 150/200 km prevalentemente su mare. È noto, infatti, che per l'elaborazione del Piano di GE06 è stato utilizzato un modello di propagazione costituito da una variante sviluppata *ad-hoc* del modello descritto nella Raccomandazione ITU-R P.1546¹⁹. Ebbene, da confronti effettuati tra le previsioni ottenute con quel modello, di tipo statistico, e quelle ottenute con il modello, di tipo deterministico, utilizzato per l'elaborazione del PNAF (ITU-R P.1812) è emerso che quest'ultimo tende a sovrastimare il livello dei segnali nel caso di lunghe distanze e piccole percentuali del tempo (come nel caso dei segnali interferenti, che vengono calcolati per l'1% del tempo). Ne consegue che per i PDV esteri ove ricorrano le condizioni (a) e (b) l'utilizzo del modello ITU-R P.1812 per la verifica delle soglie dei PDV esteri potrebbe portare a risultati eccessivamente cautelativi.

Esclusivamente in tali casi, può essere pertanto ammesso, ai fini della verifica del rispetto delle soglie dei PDV esteri, l'impiego del modello di propagazione di cui alla citata Raccomandazione **ITU-R P.1546**.

Infine, per le stesse inevitabili approssimazioni sopra accennate, non è possibile escludere a priori che nella pratica si verifichino situazioni di interferenza anche tra reti il cui rispetto dei PDV nazionali sia stato preventivamente verificato in via simulativa.

In tali casi, come in generale in tutti quelli in cui sia necessario effettuare misure sul campo, si suggerisce l'utilizzo, con i necessari adattamenti, dei principi e delle procedure previste dalla raccomandazione **ITU-R SM.1875**²⁰.

¹⁹ Raccomandazione ITU-R P.1546 “*Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3 000 MHz*”

²⁰ Raccomandazione ITU-R SM.1875 “*DVB-T coverage measurements and verification of planning criteria*”