

Allegato 2 alla delibera n. 286/22/CONS

DOCUMENTO DI PIANIFICAZIONE

Il presente documento illustra, innanzitutto, i criteri tecnici con i quali sono definiti i vincoli radioelettrici del Piano nazionale provvisorio di assegnazione delle frequenze in banda VHF-III per il servizio di radiodiffusione sonora in tecnica digitale DAB+ (PNAF-DAB) di cui alla delibera n. 286/22/CONS, le modalità di impiego degli stessi e le strutture dati utilizzate per la pubblicazione. I suddetti vincoli radioelettrici sono espressi in forma di dati in formato elettronico e sono riportati in annesso al presente documento (**annesso 1**).

Inoltre, esso riporta, in **annesso 2**, l'insieme dei c.d. *siti candidati*, cioè l'insieme dei siti, al momento pari a 3.193, preventivamente assentiti dagli Enti territoriali competenti.

Infine, in **annesso 3**, il documento riporta la delimitazione geografica delle varie aree di coordinamento.

1. Premessa

In base al c.d. *criterio di equivalenza*, introdotto per la prima volta con la delibera n. 15/03/CONS¹, l'operatore assegnatario dei diritti d'uso di una frequenza pianificata in un determinato bacino di servizio può progettare e realizzare la sua rete di diffusione utilizzando siti e parametri di emissione diversi da quelli ipotizzati per i modelli di rete² utilizzati nell'elaborazione del PNAF-DAB, a condizione che:

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

Gli operatori di rete assegnatari dei diritti d'uso, nella progettazione delle loro reti, devono inoltre rispettare gli altri criteri generali di cui all'articolo 2, della delibera n. 286/22/CONS.

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 I modelli di rete utilizzati nell'elaborazione del PNAF-DAB hanno lo scopo di verificare la fattibilità dello schema di riutilizzo delle frequenze pianificate e del rispetto dei vincoli esteri nonché stimare la copertura radioelettrica della popolazione. I modelli di rete sono progettati sulla base degli impianti realmente in esercizio come risultanti dal Catasto nazionale delle frequenze radiotelevisive, tenuto dall'Autorità nell'ambito del Registro degli operatori di comunicazione.

I vincoli tecnici di coordinamento nazionale e 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 radioelettricamente confinanti.

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 644.154 PDV nazionali ed esteri è riportata, come indicato, in annesso al presente *documento 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-DAB

I vincoli radioelettrici del PNAF-DAB sono definiti, per quanto riguarda i vincoli radioelettrici esteri, sulla base delle regole tecniche stabilite dagli accordi di coordinamento internazionale sottoscritti dall'Amministrazione italiana mentre, per quanto riguarda i vincoli radioelettrici nazionali, sulla base dei rilevanti *standard* tecnici. La fattibilità del rispetto dei suddetti vincoli viene verificata 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. 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, etc.). 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-DAB 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 della RPC utilizzata nell'elaborazione del PNAF-DAB sono riportati nella Tabella 1.

Parametro	Valore
Banda di frequenza	174-230 MHz
Standard trasmissivo	DAB+ (ETSI EN 300 401; ETSI TS 102 563)
Tipo di ricezione	Mobile
Altezza antenna di ricezione	1,5 m sul livello del terreno
Modello di canale	Rayleigh
Modo T-DAB	1 (terrestrial VHF)
Larghezza di banda	1,536 MHz
Tempo utile di simbolo (T_u)	1.000 μ s
Intervallo di guardia (T_g)	246 μ s
Error protection	EEP-3A
Code rate	1/2
Rapporto di protezione co-canale	12,6 dB
Intensità minima di campo mediano equivalente ³	42,84 dB μ V/m (a 200 MHz)
Qualità di ricezione minima ⁴	Coverage Probability \geq 95%

Tabella 1 – RPC utilizzata per l’elaborazione del PNAF-DAB

I parametri tecnici utilizzati nell’elaborazione del PNAF-DAB, compresi quelli riportati nella precedente tabella, sono ricavati dai seguenti riferimenti tecnici:

- Report ITU-R BS.2214-5 (10/2020) “*Planning parameters for terrestrial digital sound broadcasting systems in VHF bands*”;
- Report EBU TECH 3391 “*Guidelines for DAB network planning*” (Geneva, 2018);
- Annex 2 “*Technical elements and criteria used in the development of the Plan and the implementation of the Agreement*” all’ Accordo di Ginevra 2006;

³ Il valore indicato, comprensivo del fattore di correzione statistico per *location probability* del 99%, è calcolato per un’altezza dell’antenna di ricezione di 1,5 m sul livello del terreno e per la frequenza di riferimento di 200 MHz. Per le altre frequenze, il valore del campo minimo indicato in tabella deve essere adattato sommando il seguente fattore di correzione: $\text{Corr} = 30 \log_{10}(f/f_r)$, dove f è la frequenza effettiva e f_r è la frequenza di riferimento di 200 MHz.

⁴ Nelle elaborazioni relative al PNAF-DAB, la qualità di ricezione è valutata in termini di *coverage probability*. In analogia al criterio adottato nel PNAF televisivo, il grado minimo di qualità è stato fissato a un valore intermedio tra i livelli “*good*” e “*acceptable*” che nel caso della ricezione mobile in DAB+ corrispondono a una *coverage probability* non inferiore, rispettivamente, al 99% e al 90%, come indicato nei riferimenti tecnici.

- Raccomandazione ITU-R P.1812-5 (08/2019) “*A path-specific propagation prediction method for point-to-area terrestrial services in the VHF and UHF bands*”;
- Raccomandazione ITU-R P.1546-6 (08/2019) “*Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3 000 MHz*”.

2.2. Calcolo di previsione dei livelli di segnale

Nell’elaborazione del PNAF-DAB, il calcolo di previsione dei livelli di segnale utile e interferente è effettuato utilizzando i metodi descritti nelle raccomandazioni ITU-R P.1812 (per cammini di propagazione prevalentemente su terra) e ITU-R P.1546 (per cammini di propagazione prevalentemente su mare). Il metodo ITU-R P.1812, basato su un modello di propagazione di tipo deterministico, 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 elevazioni (DEM)⁵. Anche il metodo ITU-R P.1546, basato su un modello di propagazione di tipo empirico-statistico, necessita della disponibilità di un modello altimetrico digitale ma solo per la determinazione di alcuni parametri nell’intorno del sito trasmissivo e del punto di ricezione (H_{eff} e *Terrain Clearance Angle*).

Per ogni coppia trasmettitore-punto di ricezione, il livello dei segnali è calcolato nelle condizioni riportate in Tabella 2.

	Segnale utile (condizioni <i>steady</i>)	Segnale interferente (condizioni <i>tropo</i>)	
		Territorio nazionale	Territorio estero
Time probability	50%	10%	1%
Location probability	50%	50%	50%

Tabella 2 – Parametri statistici utilizzati nel calcolo di previsione

Per quanto riguarda l’altezza dell’antenna ricevente, la normativa tecnica di riferimento prevede che, in caso di ricezione mobile, questa sia considerata pari a 1,5 m sul livello del terreno. Tuttavia, i metodi di previsione della propagazione di solito forniscono valori di campo a 10 m (da cui viene ricavato il valore a 1,5 m sul livello del terreno applicando un fattore di correzione⁶). Inoltre, tutti gli accordi di coordinamento internazionale sottoscritti dall’Italia si basano su previsioni a 10 m. Pertanto, al fine di semplificare i

⁵ Per il calcolo dei livelli di segnale nel PNAF-DAB è stato utilizzato il DEM NASA SRTM 90 metri.

⁶ *Height loss correction factor* (L_h), in dB, calcolato secondo le indicazioni del report ITU-R BS.2214-5.

calcoli necessari a verificare il rispetto dei vincoli radioelettrici stabiliti dal PNAF-DAB e al fine di allineare il metodo di calcolo dei valori di campo sia sui PDV esteri che su quelli nazionali, tutti i valori di soglia indicati nei PDV del PNAF-DAB sono riferiti a un'altezza sul terreno dell'antenna ricevente di 10 m e sono già comprensivi dell'opportuno fattore di correzione.

2.3. Definizione della posizione geografica dei PDV

I PDV sono posizionati in corrispondenza di specifici punti di ricezione (c.d. *pixel*) ciascuno identificato da un numero progressivo. Ogni *pixel* è caratterizzato dalle sue coordinate geografiche⁷ e dall'altitudine⁸. I *pixel* sono disposti secondo un reticolo regolare con passo di 96 secondi in latitudine e in longitudine (corrispondente, in media, a un passo di circa 2,5 km) esteso all'intero territorio nazionale e alle porzioni di territorio estero che ricadono nelle aree di coordinamento definite nell'ambito della pianificazione di GE06 oppure 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. 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 87.996, dei quali 44.958 posizionati sul territorio nazionale e 43.038 su territorio estero.

Si evidenzia che i PDV devono essere intesi come **punti di calcolo** e non come punti di misura. Analizzando, infatti, le caratteristiche dell'insieme dei *pixel* in termini di posizionamento⁹ e di numerosità¹⁰, si evince chiaramente come questi costituiscano 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

⁷ Riferite al sistema geodetico di riferimento (*datum*) WGS84.

⁸ Ricavata dal DEM NASA SRTM 90 metri.

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 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.

Ciascun PDV è caratterizzato, oltre che dalla sua posizione geografica, anche 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 vi è una frequenza pianificata da proteggere.

Le soglie dei PDV sono sempre espresse in **dB μ V/m** e corrispondono, in generale, al valore massimo di campo interferente cumulativo¹¹ 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 353.302 PDV esteri del PNAF-DAB 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 generale, la **soglia** associata a un PDV estero definisce il livello massimo del *campo interferente cumulativo* che in quel **punto geografico** non deve essere superato dal complesso degli impianti italiani operanti sulla **frequenza** protetta del PDV e ubicati all'interno della rilevante area di coordinamento internazionale¹².

La delimitazione geografica delle aree di coordinamento è riportata come indicato in **annesso 3** al presente documento.

Considerando che tutti gli accordi di coordinamento bilaterali e multilaterali, sottoscritti o in discussione, prevedono un analogo metodo per la determinazione dei valori di soglia, si è ritenuto, al fine di semplificare la verifica del rispetto dei suddetti PDV esteri, di applicare in tutte le aree di coordinamento, comprese quelle utilizzate nell'ambito del Piano di GE06, il medesimo metodo in base al quale la soglia di campo interferente cumulativo massimo ammesso a un'altezza di 10 m sul livello del terreno è dato dalla formula che qui di seguito si riporta:

$$Soglia_{max} = 36,56 \text{ dB}\mu\text{V/m} + 10 \log (\text{Bandwidth}/1 \text{ MHz}) + f_{corr}$$

¹¹ Il campo interferente (E_I), espresso in dB μ V/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. Laddove vi siano diversi segnali indesiderati, deve essere applicato un metodo per la combinazione delle intensità di campo interferente individuali, come il metodo della somma di potenza o altri metodi appropriati, al fine di ottenere l'intensità di campo interferente risultante.

¹² Nel bacino adriatico la protezione delle assegnazioni estere è stata cautelativamente estesa anche a talune porzioni di territorio estero adiacenti l'area di coordinamento.

dove:

- $Bandwidth = 7$ MHz per un canale DTT (DVB-T/DVB-T2);
- $Bandwidth = 1,75$ MHz per un blocco DAB (DAB/DAB+);
- $f_{corr} = 30 * \log (F/200$ MHz);
- F = frequenza centrale del canale televisivo o del blocco DAB in MHz.

Alla frequenza di riferimento di 200 MHz il valore di soglia nei PDV esteri vale quindi 39,0 dB μ V/m in caso di interferenza generata da trasmettitori DAB/DAB+ e 45,0 dB μ V/m in caso di interferenza generata da trasmettitori DVB-T/DVB-T2. Nel caso del PNAF-DAB rileva unicamente il caso di interferenza generata da trasmettitori DAB/DAB+ ($Bandwidth = 1,75$ MHz).

Da notare che con il metodo sopra descritto il valore di soglia da rispettare non dipende dalla tipologia di servizio interferito (televisivo o radiofonico) bensì dalla tipologia di servizio interferente.

2.4.2. Definizione delle soglie dei PDV nazionali

Le soglie dei 290.852 PDV nazionali sono calcolate sulla base del livello minimo di segnale utile indicato dalla normativa tecnica di riferimento.

In generale, la **soglia** associata a un PDV nazionale definisce il livello massimo del *campo interferente cumulativo* che in quel **punto geografico** non deve essere superato da nessuna delle reti iso-canali operanti nei bacini dove il PNAF-DAB prevede il riuso della medesima **frequenza**.

In pratica, la soglia di un PDV corrisponde al livello minimo di segnale utile previsto dalla normativa a un'altezza di 1,5 m, aumentato del fattore di correzione per perdita d'altezza (necessario per tenere conto del fatto che il calcolo di previsione è effettuato a 10 m) e diminuito del rapporto di protezione e del fattore di correzione statistico necessario per assicurare la protezione nella desiderata percentuale di luoghi. In pratica:

$$Soglia\ PDV\ nazionale = E_{med} + L_h - PR - CF + f_{corr}$$

dove:

- E_{med} è l'intensità di campo equivalente mediana minima a 1,5 m e a 200 MHz;
- L_h è il fattore di correzione per perdita d'altezza dell'antenna in ambiente di ricezione urbano;
- PR è il rapporto di protezione;
- CF è fattore di correzione combinato necessario per assicurare la protezione dalle interferenze nella desiderata percentuale di luoghi;

- $f_{corr} = 30 * \log (F/200 \text{ MHz});$
- F = frequenza centrale del blocco DAB in MHz.

Alla frequenza di riferimento di 200 MHz la soglia dei PDV nazionali vale 39,9 dB μ V/m.

3. Modalità di impiego dei vincoli radioelettrici del PNAF-DAB

Il rispetto dei vincoli radioelettrici del PNAF-DAB da parte delle reti di diffusione reali assicura l'uso efficiente dello spettro previsto dal PNAF-DAB 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 (qualità di ricezione, percentuale di popolazione coperta, capacità trasmissiva, etc.).

Attraverso lo strumento dei PDV, è possibile verificare preventivamente **in via simulativa** se un progetto di rete rispetti i vincoli radioelettrici stabiliti dal PNAF-DAB. Ciò in quanto i PDV forniscono le **prescrizioni** sui livelli massimi di interferenza che una rete non deve superare in territorio estero e negli altri bacini dove il Piano ha previsto il riuso della frequenza.

3.1. Verifica del rispetto dei PDV esteri

Un **PDV estero** è rispettato se il campo interferente cumulativo prodotto dal complesso degli impianti trasmissivi italiani ubicati nella rilevante area di coordinamento e operanti sulla frequenza protetta dal PDV, non supera il valore di soglia previsto nel medesimo PDV¹³. Si evidenzia che il rispetto dei PDV esteri, se in ambito nazionale costituisce un presupposto per l'assegnazione dei diritti d'uso delle frequenze pianificate e per l'esercizio delle reti trasmissive reali, dall'altro non sostituisce le procedure di notifica e coordinamento internazionale cui gli specifici impianti effettivamente messi in esercizio devono essere sottoposti dall'Amministrazione competente.

Dal punto di vista pratico, per verificare il rispetto di un determinato PDV estero è necessario calcolare il campo interferente cumulativo¹⁴ prodotto nel PDV dai rilevanti

¹³ Le metodologie descritte nel presente documento non sostituiscono le procedure disciplinate dall'art. 15 del *Regolamento delle Radiocomunicazioni* dell'ITU, dall'Accordo di GE06 e dagli accordi di coordinamento sottoscritti dall'Italia con gli Stati radioelettricamente confinanti. 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, tuttavia, non esaurisce gli obblighi derivanti dal coordinamento internazionale in quanto la verifica deve tenere conto del complesso degli impianti italiani ubicati nella rilevante area di coordinamento sulla

impianti italiani. Sono da considerarsi rilevanti, ai fini della verifica, gli impianti italiani ricadenti nella medesima area di coordinamento internazionale dove ricade il PDV in esame e operanti sulla medesima frequenza. Il campo interferente cumulativo è dato quindi dall'aggregazione dei valori di campo interferente individuale prodotti nel PDV estero da ciascun impianto italiano rilevante.

Il campo interferente individuale di un impianto è calcolato in condizione troposferica (all'1% del tempo) con uno dei metodi di previsione indicati al Par. 2.2.

Per aggregare i campi interferenti individuali, gli accordi internazionali prevedono l'utilizzo del metodo della c.d. "somma in potenza" (*power sum*)¹⁵.

Riepilogando, un PDV estero è rispettato se:

$$10 \log \left(\sum 10^{\frac{E_i}{10}} \right) \leq \text{Soglia PDV estero}$$

dove E_i rappresenta il campo interferente individuale troposferico (all'1% del tempo) prodotto da ciascuno dei trasmettitori italiani ubicati nella stessa area di coordinamento e operanti sulla stessa frequenza del PDV.

In merito alle valutazioni finalizzate a verificare il rispetto dei PDV esteri, infine, va evidenziata l'opportunità di considerare i risultati con un certo intervallo di confidenza a mezzo del quale tenere conto delle approssimazioni che influenzano i risultati ottenuti con metodi di tipo simulativo. Nel caso particolare delle simulazioni di natura radioelettrica, a causa della complessità e della quantità dei calcoli da effettuare, risulta difficile applicare una metodologia esatta per la valutazione di tale intervallo, il quale pertanto non può che essere determinato con un approccio euristico. In questo senso appare ragionevole ipotizzare che l'applicazione di un **intervallo di confidenza dell'1%** sul totale dei PDV afferenti a un determinato Stato estero, possa contemperare sia la necessità di tenere conto delle approssimazioni insite nei metodi simulativi sia gli obblighi derivanti dagli accordi internazionali di coordinamento sottoscritti dall'Amministrazione Italiana.

Quanto sopra equivale a dire che in una determinata area di coordinamento internazionale, gli impianti italiani rilevanti devono garantire, per una determinata frequenza, il rispetto

frequenza da proteggere. Ulteriori attenuazioni su specifici impianti potrebbero pertanto rendersi necessarie per tenere conto del possibile incremento del valore di campo interferente cumulativo nazionale dovuto a impianti eserciti da altri operatori italiani che utilizzano la medesima frequenza in altri bacini.

¹⁵ Si raccomanda, in particolare, l'applicazione del metodo descritto nel Par. 3.1 ("*Field strength calculations*") dell'Annex 4, Section II, dell'Accordo di GE06.

della soglia almeno nel 99% dei PDV di ciascuno Stato estero ricadente nella medesima area.

3.2. Verifica del rispetto dei PDV nazionali

Un **PDV nazionale** è rispettato se nessuna delle reti potenzialmente interferenti (quelle, cioè, operanti negli altri bacini di servizio dove il Piano prevede il riuso della medesima frequenza) produce un campo disturbante cumulativo 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 interferente cumulativo che è dato dall'aggregazione dei valori di campo interferente individuale prodotti nel PDV da ciascuno degli impianti appartenenti alla rete interferente.

Il campo interferente individuale di un impianto è calcolato in condizione troposferica (al 10% del tempo) con uno dei metodi di previsione indicati al Par. 2.2.

Analogamente ai PDV esteri, anche per i PDV nazionali, è possibile aggregare i campi disturbanti individuali utilizzando il metodo della *power sum*. In alternativa, tenendo presente che il suddetto metodo non considera la natura statistica del campo e.m. e tende a sottostimare l'interferenza, è possibile utilizzare metodi di combinazione statistici più complessi quali il k-LNM, il T-LNM, etc.

Riepilogando, una rete rispetta un PDV nazionale ubicato in un altro bacino di servizio dove il Piano ha previsto il riuso della stessa frequenza se:

$$10 \log \left(\sum 10^{\frac{E_i}{10}} \right) \leq \text{Soglia PDV nazionale}$$

dove E_i rappresenta il campo interferente individuale troposferico (al 10% del tempo) prodotto da ciascuno dei trasmettitori della rete in esame operanti sulla stessa frequenza del PDV.

In merito alle valutazioni finalizzate a verificare il rispetto dei PDV nazionali, vanno evidenziati alcuni aspetti legati alle caratteristiche generali degli stessi PDV. In primo luogo, va considerato che i PDV nazionali sono disposti a copertura integrale di ciascun bacino pianificato. Inoltre, in ciascun PDV, la soglia di campo interferente cumulativo è fissata, come spiegato al Par. 2.4.2, in modo da proteggere il livello di segnale utile minimo previsto dalla normativa tecnica di riferimento. La combinazione di questi due criteri dà la possibilità teorica alle reti assegnatarie di raggiungere una copertura territoriale pressoché integrale dei bacini pianificati. Tuttavia, un obiettivo di copertura

così elevato va considerato come puramente teorico, sia a causa dei costi di realizzazione delle reti sia delle approssimazioni che influenzano i risultati ottenuti con metodi di tipo simulativo.

Per tale motivo è opportuno applicare un margine di tolleranza nella valutazione del rispetto dei PDV nazionali, valutazione che in caso contrario rischierebbe di essere inutilmente cautelativa. Un simile margine può essere espresso in termini di percentuale di non conformità ammesse rispetto al numero di PDV complessivamente previsti in ciascuna provincia facente parte del bacino pianificato. Ipotizzando un obiettivo di copertura potenziale pari al 90% del territorio, è possibile fissare detto margine di non conformità ammesse al 10% dei PDV complessivamente previsti in ciascuna provincia facente parte del bacino pianificato.

Quanto sopra equivale a dire che una rete operante su una determinata frequenza deve garantire il rispetto della soglia almeno nel 90% dei PDV di ciascuna provincia dove il Piano ha previsto il riuso della medesima frequenza.

4. Struttura dei dati

I dati tecnici dei PDV nazionali ed esteri, pubblicati sotto forma di *file* elettronici, sono riportati nella cartella compressa di cui all'annesso 1 al presente documento. Nella cartella sono presenti due sottocartelle contenenti rispettivamente la raccolta dei *file* dati relativi ai PDV esteri e quella dei *file* dati relativi ai PDV nazionali. Ogni *file* dati è relativo a un blocco DAB. I *file* dati dei PDV sono in formato testo ASCII (txt) con i campi delimitati dal carattere di tabulazione.

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 di esempio estratte da un *file* relativo alla protezione del blocco 6A (*file PDVesteri_06A.txt*).

Blocco	ID_PDV	Latit	Longit	Altit	Admin	Allotment	Soglia
06A	438459	46,387	14,573	1378	AUT	KAERNTEN WEST (CARINTHIA WEST)	37,8
06A	439260	46,413	14,573	1283	AUT	KAERNTEN WEST (CARINTHIA WEST)	37,8
06A	439261	46,413	14,547	1202	AUT	KAERNTEN WEST (CARINTHIA WEST)	37,8
06A	440060	46,440	14,600	1429	AUT	KAERNTEN WEST (CARINTHIA WEST)	37,8
06A	440061	46,440	14,573	969	AUT	KAERNTEN WEST (CARINTHIA WEST)	37,8

Tabella 3 – Esempio di file txt contenente PDV esteri

Segue una breve descrizione del contenuto delle varie colonne:

- *Blocco*: blocco DAB estero protetto dal PDV;
- *ID_PDV*: identificativo del *pixel* dove è posizionato il PDV;
- *Latit/Longit*: coordinate geografiche del PDV nel *datum* WGS84, in gradi decimali;
- *Altitudine*: altezza sul livello del mare del PDV ricavata dal modello altimetrico NASA SRTM 90, in metri;
- *Admin*: codice ITU dell'Amministrazione estera nel cui territorio ricade il PDV;
- *Allotment*: denominazione dell'*allotment* estero entro cui ricade il PDV;
- *Soglia*: soglia di campo interferente cumulativo nazionale da rispettare nel PDV, in dB μ V/m.

Prendendo, come esempio, la prima riga della Tabella 3 si ricava che nel PDV posizionato sul **pixel n. 438459**, ricadente in Austria (AUT) nell'*allotment* KAERN TEN WEST, il complesso degli impianti italiani ubicati nell'area di coordinamento definita dall'Accordo Italia-Austria VHF e operanti sul **blocco 6A** non può produrre un campo interferente cumulativo (calcolato per l'1% del tempo) superiore alla **soglia di 37,8 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 e locali. Per ogni frequenza pianificata è presente un *file* contenente l'elenco dei PDV destinati alla sua protezione. Nella tabella seguente sono riportate alcune righe di esempio estratte da un *file* relativo alla protezione del blocco 6A, pianificato nel bacino regionale *01-Piemonte* in provincia di Alessandria (*file PDVnazionali_06A.txt*).

Blocco	ID_PDV	Latit	Longit	Altit	Bacino	Prov	Soglia
06A	381020	44,467	8,360	428	01-Piemonte	AL	38,7
06A	381805	44,493	8,787	724	01-Piemonte	AL	38,7
06A	381820	44,493	8,387	489	01-Piemonte	AL	38,7
06A	381821	44,493	8,360	390	01-Piemonte	AL	38,7
06A	381822	44,493	8,333	432	01-Piemonte	AL	38,7

Tabella 4 – Esempio di file txt contenente PDV nazionali

Segue una breve descrizione del contenuto delle varie colonne:

- *Blocco*: blocco DAB pianificato protetto dal PDV;
- *ID_PDV*: identificativo del *pixel* dove è posizionato il PDV;
- *Latit/Longit*: coordinate geografiche del PDV nel *datum* WGS84, in gradi decimali;

- *Altitudine*: altezza sul livello del mare del PDV ricavata dal modello altimetrico NASA SRTM 90, in metri;
- *Bacino*: bacino d'utenza in cui ricade il PDV;
- *Prov*: provincia in cui ricade il PDV;
- *Soglia*: soglia di campo interferente cumulativo da rispettare nel PDV, in dB μ V/m.

Prendendo, come esempio, la prima riga della Tabella 4 si ricava che nel PDV posizionato sul **pixel n. 381020**, ricadente nel bacino 01-Piemonte in provincia di Alessandria, una rete interferente operante in qualsiasi altro bacino dove il Piano ha previsto il riuso del blocco 6A non dovrà produrre un campo interferente cumulativo (calcolato per il 10% del tempo) superiore alla **soglia di 38,7 dB μ V/m**.

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 simulate, un *intervallo di confidenza* pari al $\pm 3\%$ ¹⁶.

Ulteriore cautela deve essere adottata nella scelta del modello di propagazione da utilizzare ai fini della valutazione del rispetto delle soglie dei PDV nazionali ed esteri. 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.1546 (ITU-R P.1546-RRC04). Anche alcuni accordi di coordinamento internazionale (es. Accordo tirrenico, Accordo Italia-Malta) prevedono espressamente l'impiego del modello ITU-R P.1546 nel caso di cammini di propagazione su mare. Inoltre, da confronti effettuati tra le previsioni ottenute con quel modello, di tipo empirico-statistico, e quelle ottenute con il modello, di tipo deterministico, 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 (proprio come nel caso dei segnali interferenti, che vengono calcolati per l'1% del tempo). Ne consegue che per i PDV nazionali ed esteri

¹⁶ Cfr. Relazione Tecnica agli atti del procedimento relativo alla delibera n. 300/10/CONS è indicato che è opportuno: “[...] 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 $\pm 3\%$ ”.

ove ricorrano le condizioni di prevalente propagazione su mare, l'utilizzo del modello ITU-R P.1812 per la verifica delle soglie dei PDV esteri potrebbe portare a risultati eccessivamente cautelativi.

Per quanto sopra, ai fini della verifica del rispetto delle soglie dei PDV nazionali, si raccomanda l'impiego del modello di propagazione ITU-R P.1546 in tutti i casi di prevalente propagazione su mare¹⁷. Nel caso dei PDV esteri, oltre ai casi espressamente previsti dagli accordi di coordinamento internazionale, si raccomanda l'impiego del modello ITU-R P.1546 nella valutazione della protezione di diritti esteri derivanti dal Piano di GE06.

In ogni caso, si evidenzia che il rispetto dei PDV esteri ha valenza esclusivamente in ambito nazionale dove costituisce un presupposto per l'assegnazione dei diritti d'uso delle frequenze pianificate e per l'esercizio delle reti trasmissive reali nelle more delle procedure di notifica e coordinamento internazionale cui gli specifici impianti trasmissivi effettivamente messi in esercizio devono essere sottoposti dall'Amministrazione competente.

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 dal *Technical Report EBU TR 051*¹⁸.

In ogni caso, qualora l'applicazione delle presenti procedure non garantisca la totale assenza di interferenze nocive in tutti i casi possibili di interferenza, sia in banda che fuori banda, si rammenta che i titolari dei diritti d'uso devono adottare le misure aggiuntive che dovessero rendersi necessarie, quali tecniche di mitigazione e coordinamento, adottandole in maniera proporzionata, tenendo conto dei rilevanti *standard*, metodologie e *best practice* anche internazionali. Qualora tali misure non garantissero la totale assenza di interferenze nocive il Ministero può imporre ai sensi del Codice norme tecniche più restrittive, nel corso dell'effettiva implementazione del PNAF-DAB, incluse specifiche tecniche di mitigazione, limiti alla potenza spettrale emessa o ulteriori limitazioni, in maniera giustificata e proporzionata.

¹⁷ Ai fini della valutazione del rispetto delle soglie dei PDV, si intendono prevalentemente su mare i cammini di propagazione la cui parte su mare supera il 50% della lunghezza totale del cammino.

¹⁸ Technical report EBU TR 051 "*Measuring techniques for DAB coverage performance*" (Geneva, April 2020).

Annesso 1

L'annesso 1 al presente documento è costituito dai dati tecnici dei PDV nazionali ed esteri, divisi in 56 file dati, ed è pubblicato come cartella di file *zip* separato.

Annesso 2

L'annesso 2 al presente documento è costituito dall'elenco dei siti preventivamente assentiti dagli Enti territoriali competenti, ed è pubblicato come file separato.



Rappresentazione cartografica delle aree di coordinamento internazionale

