

ANNESSO 1

alla relazione illustrativa
del piano nazionale integrato di assegnazione delle frequenze
per la radiodiffusione televisiva in tecnica digitale

CRITERI E PARAMETRI DI PIANIFICAZIONE

I criteri tecnici e i parametri rilevanti per l'elaborazione del presente Piano sono stati definiti sulla base di quanto indicato dai seguenti documenti:

- *Annex 1: "Technical criteria to be used in the coordination of DVB-T"* (di seguito *Annesso 1*) al *"Chester 1997 Multilateral Coordination Agreement relating to Technical Criteria, Coordination Principles and Procedures for the introduction of Terrestrial Digital Video Broadcasting (DVB-T)"* (di seguito *CH97*)
- *"Libro bianco sulla televisione digitale terrestre"* (in seguito *Libro bianco*) pubblicato dall'Autorità nel 2000
- decreto del Ministero delle comunicazioni 8 luglio 2002 *"Approvazione del piano nazionale di ripartizione delle frequenze"* (di seguito *PNRF*)
- *"Handbook on Digital Terrestrial Television Broadcasting (Planning Part)"* pubblicato dall'ITU-R Radiocommunication Study Group

1. Bande di frequenze

Le bande di frequenze attribuite dal PNRF per la pianificazione del servizio di radiodiffusione televisiva sono le seguenti:

- banda VHF-I: 52,5 - 68 MHz
- banda VHF-III: 174 - 223 MHz
- banda UHF-IV e UHF-V: 470 - 854 MHz.

La banda VHF-I non è stata oggetto della presente pianificazione.

Già all'atto della elaborazione del piano nazionale di assegnazione delle frequenze per la radiodiffusione televisiva analogica si decise di non pianificare i canali di banda VHF-I (canali A e B) per alcuni motivi che in parte sono validi anche per il presente piano. Tuttavia la problematica relativa all'impiego dei canali A e B sarà eventualmente approfondita in un momento successivo per individuare la soluzione più idonea per la loro utilizzazione.

2. Canalizzazione

All'atto della elaborazione del piano nazionale di assegnazione delle frequenze per la radiodiffusione televisiva analogica si ipotizzò di modificare l'attuale canalizzazione esistente in Italia per la banda VHF-III, che suddivide la banda in 6 canali da 7 MHz (D, E, F, G, H e H1), con banda di guardia pari a 1,5 MHz fra i primi 5 canali e pari a 0 MHz fra H e H1, per uniformarla alla canalizzazione europea che alloca nella banda 7 canali da 7 MHz con banda di guardia di 0 MHz fra di essi.

Tale previsione di ricanalizzazione della banda è contenuta nella nota 87 del PNRF.

Tuttavia la possibilità di impiegare nella banda una larghezza del canale pari a 8 MHz, già adottata in alcuni Paesi europei, offre il vantaggio di uniformare a tale valore la canalizzazione televisiva delle bande VHF-III e UHF-IV e V, e quindi di uniformare la capacità trasmissiva per canale nelle due gamme, oltre ai vantaggi in termini di costi nella realizzazione dei terminali di utente.

I suddetti vantaggi dell'uso della larghezza di canale di 8 MHz nella banda VHF-III possono compensare lo svantaggio della perdita di un canale (6 canali da 8 MHz invece di 7 canali da 7 MHz) rispetto all'ipotesi di adozione della canalizzazione europea, termine che in realtà si

può considerare una definizione convenzionale in quanto, come detto, già alcuni paesi hanno da tempo adottato la canalizzazione a 8 MHz della banda in argomento.

Per i suddetti motivi, si è deciso di pianificare in banda VHF-III 6 canali, scelta compatibile con entrambe le suddette larghezze del canale.

Tenendo conto di quanto sopra detto, le frequenze utilizzate per la pianificazione sono 54 di cui 6 in banda VHF-III e 48 in banda UHF-IV e V.

3. Configurazioni di trasmissione

Il Piano è stato elaborato utilizzando le seguenti configurazioni di trasmissione:

- schema di modulazione: **64-QAM (pianificazione 1° livello)**
16-QAM (pianificazione 2° livello)
- tasso di codifica: **2/3**
- rapporto Tg/Tu: **1/4**
- numero portanti: **8k**

La configurazione con schema di modulazione 64-QAM è stata adottata per la pianificazione di 1° livello in quanto si è ritenuto che garantisce il miglior compromesso tra valore del rapporto C/N richiesto, capacità trasmissiva utile e distanza massima permessa fra trasmettitori in reti SFN. Anche nelle analisi di copertura effettuate nel *Libro bianco* è stata scelta questa configurazione come rappresentativa dei modi operativi utilizzabili nelle reti di tipo SFN. Per la pianificazione di 2° livello è stata adottata una configurazione basata sullo schema di modulazione 16-QAM in considerazione della maggiore robustezza che il suddetto schema garantisce rispetto alle interferenze.

I principali parametri derivanti dalle configurazioni scelte sono:

- rapporto C/N richiesti (BER= $2 \cdot 10^{-4}$ dopo Viterbi; can. Rice): **17.1 dB (pianificazione 1° liv.)**
11.7 dB (pianificazione 2° liv.)
- durata simbolo utile (T_u): **896 μ s**
- durata intervallo di guardia (T_g): **224 μ s**
- capacità trasmissiva utile (dopo Reed-Solomon): **19.91 Mbit/s (pianificazione 1° liv.)**
13.27 Mbit/s (pianificazione 2° liv.)

Nota: I valori del rapporto C/N indicati non comprendono nessun margine di implementazione. Nel calcolo dell'intensità di campo minima è stato pertanto aggiunto al valore del rapporto C/N richiesto, come suggerito nell'*Annesso 1* e nel *Libro Bianco*, un margine di circa 3 dB.

4. Qualità di ricezione

La caratteristica di decadimento del servizio “a soglia” - passaggio brusco senza gradazioni intermedie da ricezione perfetta a fuori-servizio del ricevitore - tipico dei sistemi digitali, rende necessario assicurare il livello minimo di segnale in un'alta percentuale di luoghi (anche detta *location probability*). Nell'*Annesso 1* e nel *Libro Bianco* si suggerisce, al fine di evitare un aumento eccessivo delle potenze irradiate e del numero dei trasmettitori, di fissare questa percentuali al 95% dei luoghi per la qualità di ricezione “buona” e al 70% per la qualità di ricezione “accettabile”.

Il Piano è stato elaborato per assicurare una qualità di ricezione “buona”.

5. Determinazione del valore dell'intensità di campo minima nel punto di ricezione

I valori dell'intensità di campo minima nel punto di ricezione per le bande VHF-III, UHF-IV e UHF-V sono stati calcolati sulla base delle seguenti assunzioni.

- **Figura di rumore del ricevitore**

È stata assunta una figura di rumore del ricevitore pari a 7 dB.

- **Larghezza di banda**

La larghezza di banda considerata è di 8 MHz sia per la banda VHF-III che per le bande UHF-IV e UHF-V (vedi par. 2).

- **Condizioni di ricezione**

I valori dell'intensità di campo minima sono stati calcolati per la ricezione con antenna fissa direttiva. Questa tipologia di ricezione nel *Libro bianco* viene definita ad "alta priorità" rispetto alla ricezione portatile e mobile. L'antenna, per la quale sono state assunte le caratteristiche di direttività riportate nella Raccomandazione ITU-R BT.419, è ipotizzata ad un'altezza di 10 m sul livello del terreno.

- **Frequenze di riferimento:**

Le frequenze alle quali sono stati calcolati i valori dell'intensità di campo minima mediana equivalente sono le seguenti:

- Banda VHF-III: 200 MHz
- Banda UHF-IV: 500 MHz
- Banda UHF-V: 800 MHz

- **Rapporto C/N richiesto**

Sono stati assunti i seguenti valori comprensivi di un margine di implementazione di circa 3 dB:

- 20,1 dB per la configurazione di trasmissione basata sullo schema di modulazione 64-QAM
- 14,7 dB per la configurazione di trasmissione basata sullo schema di modulazione 16-QAM

- **Guadagno antenna**

Per il calcolo dell'apertura efficace dell'antenna sono stati assunti i seguenti valori di guadagno (riferiti al dipolo a mezz'onda):

- 200 MHz: 7 dB
- 500 MHz: 10 dB
- 800 MHz: 12 dB

- **Perdite feeder d'antenna**

- 200 MHz: 2 dB
- 500 MHz: 3 dB
- 800 MHz: 5 dB

Sulla base delle assunzioni e dei parametri sopra elencati, i valori dell'intensità di campo minima nel punto di ricezione risultano essere i seguenti:

- Banda VHF-III: **38 dB μ V/m (pianificazione di 1° livello)**
32 dB μ V/m (pianificazione di 2° livello)
- Banda UHF-IV: **44 dB μ V/m (pianificazione di 1° livello)**

38 dB μ V/m (pianificazione di 2° livello)

- Banda UHF-V: **48 dB μ V/m (pianificazione di 1° livello)**
42 dB μ V/m (pianificazione di 2° livello)

Nota: I valori dell'intensità di campo minima nel punto di ricezione per la banda VHF-III non comprendono il margine di 1 dB per il rumore *man-made*.

I valori sopra indicati sono determinati per una percentuale dei luoghi del 50% nell'ipotesi di segnale utile prodotto da un singolo trasmettitore. Nell'elaborazione del Piano, tenuto conto delle specifiche caratteristiche delle reti digitali (possibilità di combinazione di più segnali utili, necessità di garantire i livelli di segnale nel 95% dei luoghi ecc.) il raggiungimento del livello di segnale utile necessario per la desiderata qualità di ricezione è stato verificato mediante il metodo statistico di combinazione dei segnali descritto al successivo par. 7.

6. Rapporti di protezione

Vengono di seguito forniti i valori dei rapporti di protezione relativi alle condizioni rilevanti per il presente Piano (DVB-T interferito da DVB-T; schemi di modulazione 64-QAM e 16-QAM *code rate* 2/3; canale *Rice*). Tali valori si riferiscono sia al caso di interferenza continua che al caso di interferenza troposferica.

- rapporto di protezione per interferenza co-canale: **20.1 dB (pianificazione 1° livello)**
14.7 dB (pianificazione 2° livello)
- rapporto di protezione per interferenza da canale adiacente: **-40 dB**

Nell'elaborazione del Piano, tenuto conto delle specifiche caratteristiche delle reti digitali (possibilità di combinazione di più segnali utili, necessità di garantire la protezione nel 95% dei luoghi ecc.) il raggiungimento del valore di probabilità di copertura corrispondente alla desiderata qualità di ricezione è stato verificato mediante il metodo statistico di combinazione dei segnali, descritto al successivo par. 7, all'interno del quale vengono utilizzati i valori sopra forniti del rapporto di protezione.

7. Modello di previsione del campo e.m.

Per l'elaborazione del Piano è stato utilizzato il modello di previsione del campo e.m. descritto nel *Libro bianco*.

8. Metodo di valutazione della probabilità di copertura

Come illustrato al par. 4., il raggiungimento della desiderata qualità di ricezione in un dato punto del territorio è stato verificato calcolando la probabilità di copertura in quel punto e controllando che questa fosse uguale o superiore al 95%, valore corrispondente ad una qualità di ricezione "buona".

Le specifiche caratteristiche delle reti digitali, quali ad esempio la possibilità di combinare utilmente sotto certe condizioni più segnali utili, l'esigenza di garantire livelli di segnale e rapporti di protezione in un'alta percentuale dei luoghi ecc., determinano la necessità di utilizzare specifici algoritmi per la classificazione e la combinazione dei segnali ricevuti in un punto.

Nell'elaborazione del Piano pertanto, dopo aver applicato un algoritmo di classificazione dei segnali come utili o interferenti in base alla rete SFN di appartenenza e al posizionamento temporale rispetto al finestra FFT del ricevitore, è stato applicato un algoritmo di combinazione basato sul metodo statistico k-LNM così come suggerito dall'ITU-R nel documento *Handbook on Digital Terrestrial Television Broadcasting (Planning Part)*” al quale si rimanda per la descrizione analitica del procedimento.

9. Sistemi radianti

Nel Piano i sistemi radianti sono rappresentati per mezzo di diagrammi di radiazione. In essi sono riportati, per ogni direzione di radiazione (36 direzioni a intervalli di 10°), il valore di attenuazione in dB rispetto alla e.r.p. (*effective radiated power*) nella direzione di massima irradiazione. Sono stati utilizzati due tipi di diagramma che si differenziano per la caratteristica di radiazione sul piano orizzontale:

- ND: omnidirezionale nel piano orizzontale
- D: direttivo con angolo di apertura a -3 dB pari a 120° nel piano orizzontale e differenza tra guadagno massimo e minimo pari a 12 dB

Entrambi i tipi di diagramma hanno una caratteristica di radiazione nel piano verticale non direttiva.

L'altezza sul terreno del sistema radiante è stata fissata al valore standard di 30 metri.

10. Antenne riceventi

I calcoli interferenziali sono stati effettuati tenendo conto della discriminazione per direttività delle antenne riceventi secondo quanto indicato nella Raccomandazione ITU-R BT.419. Le antenne sono state ipotizzate ad un'altezza sul terreno di 10 metri.