

# SPERIMENTAZIONE DAB-T IN VALLE D'AOSTA SINTESI DEI RISULTATI

M. ARIAUDO\*

*Sommario — Il presente articolo introduce sinteticamente l'architettura e le caratteristiche della rete sperimentale DAB-T in Valle d'Aosta e riporta i risultati fondamentali delle misure condotte in area di servizio. Sono riportati alcuni dati relativi al confronto della qualità in campo del servizio radio DAB-T nei confronti del servizio a modulazione di frequenza. Sono accennate le problematiche relative ai metodi avanzati di previsione di campo per sistemi numerici in rete isofrequenziale.*

*Summary — The present article introduces syntetically the architecture and the main characteristics of the experimental Single Frequency Network (SFN) in the Aosta Valley and reports the most important results of the measurement campaigns in the service area. Some elements relevant to the quality comparison in the field between DAB-T and FM radio service are presented. A short account of the problems relevant to the advanced field strength prediction methods for digital systems in SFN is given.*

## 1. Introduzione

La rete sperimentale DAB-T in Valle d'Aosta è stata sviluppata sulla base del piano di sperimentazione che la RAI effettua nel contesto della partecipazione al Consorzio Europeo Eureka 147 («Piano di sperimentazione della RAI sul DAB-T» in questo numero della rivista).

Lo studio, il progetto e la realizzazione della rete è stato effettuato da un Gruppo di lavoro con la partecipazione di varie strutture della RAI.

Il sistema numerico DAB-T, per le sue caratteristiche di codifica e di modulazione garantisce una superba qualità del segnale sonoro anche in aree di ricezione affetta da riflessioni e disturbi e può operare in rete isofrequenziale con impianti irradianti sulla stessa frequenza anche in aree adiacenti ed in sovrapposizione.

Questi due elementi distintivi del nuovo sistema ed altamente innovativi per la radiofonia richiedono peraltro di applicare nuovi concetti, metodologie e procedimenti nella progettazione e realizzazione della rete di trasporto e degli impianti di diffusione; nella predizione della intensità di campo in area di servizio e nelle misure per la validazione del sistema in campo e l'acquisizione dei parametri per la pianificazione del nuovo servizio sul territorio.

Le problematiche affrontate sono state molteplici e complesse:

- Analisi e rilevazione dei fenomeni interferenziali nell'area interessata, dato l'intensivo utilizzo dello spettro VHF per emittenti televisive.

- Studio dell'architettura della rete isofrequenziale e modalità di trasporto del segnale agli impianti di diffusione.
- Tecniche di sincronizzazione degli apparati di trasmissione, equalizzazione dei ritardi di propagazione e controllo remoto degli impianti.
- Studio della propagazione e.m. con applicazione della Teoria Geometrica della Diffrazione e tecniche di ray-tracing, finalizzata allo sviluppo di metodi predittivi dell'intensità di campo in area, adeguati alle caratteristiche del sistema numerico DAB-T in rete isofrequenziale SFN.
- Sviluppo di metodologie avanzate per misure (intensità di campo, tasso d'errore) georiferite GPS per la validazione del sistema di campo, la verifica della copertura del servizio e l'ottimizzazione dei parametri per la pianificazione del territorio.

I diversi argomenti sono trattati in dettaglio negli articoli che seguono. Nei paragrafi successivi del presente articolo si riportano sinteticamente le caratteristiche essenziali della rete e degli impianti e si riassumono i risultati delle misure in area. Viene illustrato il confronto sulla qualità del segnale sonoro DAB-T ricevuto in movimento a bordo di un'auto nei confronti del segnale in modulazione di frequenza, su alcuni percorsi nell'area di servizio. È dato infine un breve cenno sulle linee di indirizzo dello studio sui metodi predittivi avanzati.

## 2. Architettura e problematiche di rete SFN

L'architettura e la sistemistica della rete isofrequenziale (SFN) sono descritte in dettaglio nell'articolo «Architettura e sistemistica della rete SFN in Valle d'Aosta» in questo

\* Dr.ssa Margherita Ariaudo del Centro Ricerche RAI — Torino. Dattiloscritto pervenuto alla Redazione l'8 Novembre 1996.

numero della rivista, con particolare attenzione alle problematiche della rete di trasporto e degli impianti di diffusione (sincronizzazione in frequenza, equalizzazione dei ritardi, linearità dell'amplificatore finale, sistema radiante).

Nell'attuale realizzazione della rete SFN, si effettua la codifica del segnale audio di sorgente (MUSICAM), la moltiplicazione e la modulazione (COFDM) in un unico punto che, per comodità operative, è stato individuato nell'impianto caporete di St. Vincent.

Il trasporto agli altri impianti di diffusione del segnale DAB, modulato COFDM, relativo al blocco così costituito, avviene attraverso ponte radio analogico in modalità «pseudo-video».

Presso ciascun impianto trasmittente della rete SFN viene effettuata la conversione alla frequenza finale e la successiva amplificazione e diffusione sul canale H2.

Questa soluzione è stata dettata dalle caratteristiche tecnologiche degli apparati DAB disponibili al momento del progetto e realizzazione della rete in Valle d'Aosta.

L'evoluzione tecnologica consente ora di adottare soluzioni avanzate, flessibili e più adatte alla configurazione di servizi DAB-T nazionali e regionali, nei quali l'architettura di rete prevede, in generale, la codifica e la moltiplicazione dei vari programmi localizzata in un solo punto. Il trasporto del segnale DAB dal moltiplicatore ai centri trasmettenti, può essere effettuato attraverso collegamenti numerici (ponte radio, fibra ottica, satellite) su un flusso a 2.048 Mbit/s secondo gli standard ITU-T.

Possibili soluzioni tecnologiche «avanzate» per l'architettura di rete nell'intera catena di radiodiffusione del servizio DAB-T (codifica, moltiplicazione, trasporto e diffusione) sono analizzate nell'articolo «Evoluzione della tecnologia di rete per il servizio DAB-T» in questo numero della rivista.

La notevole flessibilità di gestione del multiplex e della capacità trasmissiva (circa 1,5 Mbit/s disponibile per blocco DAB) consentita dalle soluzioni tecnologiche suddette permette di adottare configurazioni operative diverse per numero e qualità dei programmi, a seconda dei requisiti del servizio.

A titolo di esempio, si riporta in tabella la configurazione del multiplex per il servizio DAB nazionale adottata dalla BBC sul blocco 12D nell'area di Londra:

TABELLA 1

CONFIGURAZIONE DEL MULTIPLEX DAB DEL SERVIZIO NAZIONALE BBC

Programma	Bit-rate (kbit/s)	Servizio
1	192	BBC Radio 1 DAB
2	192	BBC Radio 2 DAB
3	192	BBC Radio 3 DAB
4	192	BBC Radio 4 DAB
5	96	BBC R5 Live DAB
6	96	BBC World Service
7	96	BBC Parliament
8	96	5 Live Sports +

Nell'ipotesi di estensione del servizio sperimentale DAB-T si potrebbe prevedere una configurazione del multiplex che comprendesse per esempio:

i tre programmi stereofonici RAI (Radio 1, 2 e 3) codificati a 192 kbit/s, un programma «sperimentale» di alta qualità originato localmente da sorgenti digitali (compact-

disc, DAT) codificato a 256 kbit/s, un programma monofonico (ad es. canale RAI-Parlamento) codificato a 64 kbit/s, un canale dati da 64 kbit/s per la sperimentazione di servizi multimediali.

La capacità residua potrebbe essere destinata ad ospitare fino a tre programmi stereofonici forniti dall'emittenza privata.

### 3. Validazione del sistema in area di servizio

#### 3.1 RICEZIONE FISSA

Le campagne di misura in area di servizio sono iniziate con una fase di verifica della funzionalità operativa dei tre impianti trasmettenti attuata mediante misure di campo e.m. in alcuni punti significativi sul territorio.

Le misure di campo sono state effettuate con antenna Yagi a 10 m di altezza sulla portante video di un segnale PAL e sul segnale DAB con la stessa potenza irradiata. I risultati sono riportati nell'articolo «Funzionalità degli impianti trasmettenti e valutazione in campo del sistema DAB» in questo numero della rivista, e risultano in discreto accordo con le previsioni di campo effettuate con i metodi in uso per i sistemi analogici.

Nel caso della ricezione del segnale DAB-T si è utilizzata un'antenna omnidirezionale situata ad una altezza di circa 1,5 m rispetto al suolo. Pertanto, ai fini dell'utilizzo dei metodi tradizionali di predizione del campo e.m. per la pianificazione, è necessario verificare la validità del fattore di correzione di 10 dB, assunto dalla CEPT, per tenere conto del «guadagno di altezza dell'antenna» (GAA) passando da 1,5 a 10 m.

I risultati delle misure di campo e.m. effettuate hanno indicato un valore medio di GAA di 7,5 dB con una deviazione standard di 6,3 dB. L'elevato valore della deviazione standard, imputabile anche al limitato numero di misure, non consente di trarre conclusioni definitive. Sarebbe comunque possibile ritenere che l'ipotesi CEPT di 10 dB garantisca margini adeguati.

Un importante obiettivo delle misure effettuate con ricezione fissa nei punti esaminati è stata la caratterizzazione del canale radio attraverso la risposta impulsiva su un segnale di prova  $\sin(x)/x$  e la registrazione degli echi ricavati dalla sequenza CAZAC (Constant Amplitude and Zero AutoCorrelation sequence) del segnale DAB/COFDM.

La presenza degli echi, riscontrata con l'antenna omnidirezionale, genera in taluni casi una sensibile alterazione dello spettro del segnale DAB, con conseguente degradamento (dell'ordine di 2÷3 dB) delle prestazioni del sistema in termini di campo e.m. minimo richiesto, rispetto a quello con antenna direttiva.

Le misure della potenza all'ingresso del ricevitore alla soglia di funzionamento del sistema DAB-T e del campo e.m. derivato hanno evidenziato l'effetto migliorativo della rete SFN, rispetto alla condizione di impianti singoli, in termini di valore medio e di deviazione standard, come risulta dalla Tab. 2.

Circa la statistica degli echi nella condizione SFN si è osservata essenzialmente la presenza di echi principali, dovuti ai tre trasmettitori. Gli echi dovuti a riflessioni multiple sono risultati di basso livello e contenuti in ogni caso all'interno dell'intervallo di guardia del sistema ( $\tau_g = 256 \mu s$ ).

TABELLA 2  
POTENZA, CAMPO E.M. E C/N RICHIESTI ALLA SOGLIA DI ERRORE  
DEL RICEVITORE

	Potenza Media [dBm]	$\sigma$ (dB)	Campo e.m. soglia dBmV/m	C/N (dB)
Tipo ricezione				
Canale gaussiano ideale				7
Canale Rayleigh			35	15
YAGI direttiva (impianti singoli)	-87,5		31,8	11,8
Omnidirezionale (impianti singoli)	-87,5	3,2	34,5	14,5
Omnidirezionale SFN	-88,6	2,5	33,4	13,4

### 3.2 RICEZIONE MOBILE

Specificare l'area di copertura del servizio DAB-T richiede l'adozione di criteri in parte diversi da quelli applicati nella pianificazione dei servizi radiofonici in modulazione di frequenza (MF). Infatti il tipico comportamento a soglia del segnale digitale nei confronti del rumore od altri degradamenti può determinare una improvvisa interruzione del servizio qualora vengano superati i margini per la corretta ricezione del segnale. Se invece, grazie all'impiego di opportuni criteri di pianificazione, tali margini sono garantiti, si renderà sempre disponibile all'utente la qualità perfetta del segnale audio di sorgente, anche in condizioni di ricezione affette da severi degradamenti.

Questo comportamento a soglia del segnale digitale suggerisce quindi di adottare, in fase di pianificazione del servizio, curve di propagazione basate su requisiti più rigorosi rispetto al criterio F (50,50) stabilito dalla Racc. 370-5 dell'ITU-R, sia per quanto riguarda il riferimento alle località che alla disponibilità temporale del servizio. Si propone correntemente di adottare il criterio F(99,99), la cui validità dovrà essere confermata mediante indagini sperimentali sul campo.

È necessario, pertanto, rivedere i metodi di predizione di campo e.m. della Racc. 370-5 dell'ITU-R adottando opportune correzioni relative al fattore di variazione locale e al guadagno di altezza dell'antenna ricevente.

L'individuazione di tali fattori di correzione richiede che vengano effettuate estese campagne di misura in ricezione mobile per meglio identificare il modello di propagazione, l'influenza del terreno, nonché l'impatto della banda del ricevitore sull'intensità di campo misurata.

I risultati delle campagne suddette devono quindi essere confrontati con i parametri di pianificazione adottati dalla CEPT per il servizio DAB-T, riportati in Tab 3.

Una *prima campagna di misure* è stata effettuata dal Centro di Controllo di Monza, con la collaborazione del Centro Ricerche, su alcuni percorsi selezionati nell'area dei singoli trasmettitori. («Campagna di misure DAB-T su impianti trasmettenti singoli» in questo numero della rivista).

Lo scopo è stato quello di raccogliere informazioni relative al campo e.m. mediano (50%) nelle varie località; al fattore di variazione locale, derivato dalla deviazione standard del campo mediano tenendo conto sia dell'influenza del territorio che della distanza rispetto al trasmettitore; e all'influenza della misura a banda larga (sul segnale DAB; 1.5 MHz) e a banda stretta (sul segnale PAL; 300 kHz).

TABELLA 3  
PARAMETRI DI PIANIFICAZIONE DEL SISTEMA DAB-T  
PER IL METODO DI PREDIZIONE ITU-R RACC. 370

Banda di frequenza	Banda III
Cifra di rumore del ricevitore (dB)	7
Flusso di potenza di rumore impulsivo (dBW/m <sup>2</sup> )	-134.6
Rapporto portante/rumore C/N (dB) alla soglia (Canale Rayleigh, velocità 130 Km/h)	15
Intensità di campo minima (dB $\mu$ V/m)	35
Guadagno di altezza dell'antenna (dB)	10
Fattore di correzione da 50% al 99% delle località (dB)	13
Campo mediano minimo per la pianificazione (dB $\mu$ V/m) a 10 m. di altezza	58

È stata inoltre effettuata una verifica della validità di due metodi predittivi per la stima del campo e.m.: il metodo A (punto-punto) e il metodo B (ITU-R Racc. 370-5).

I risultati della campagna di misure si possono così sintetizzare:

- Il valore mediano del campo e.m. risulta in tutte le zone esaminate superiore a 48 dB $\mu$ V/m che rappresenta il livello minimo a 1,5 m di altezza rispetto al suolo, stabilito dalla CEPT.
- Il fattore di variazione locale derivato dalla deviazione standard ( $\sigma = 3$  dB), nell'ipotesi di distribuzione log-normale, risulta uguale a 7 dB ed è pertanto inferiore al valore di 13 dB assunto dalla CEPT. Ulteriori verifiche sono necessarie specialmente in ambiente urbano in zone non in visibilità diretta dell'antenna trasmittente ed in condizioni di maggiore variabilità del segnale.
- Il confronto fra segnale DAB-T a banda larga e PAL a banda stretta evidenzia come prevedibile una deviazione standard del campo e.m. mediano maggiore per il segnale a banda stretta. Il valore risultante di circa 4 dB (con variazioni di  $\pm 0,5$  dB in funzione della distanza dal trasmettitore), è comunque inferiore agli 8,3 dB riportati nella Racc. 370-5 per la deviazione standard del fattore di variazione locale.
- Dall'analisi dei valori derivati con i due metodi di previsione considerati risulta che:  
*Il metodo A*, che si basa solo sul calcolo delle attenuazioni lungo il profilo altimetrico, rilevato nel piano verticale della congiungente trasmettitore — punto ricevente, ha prodotto errori notevoli anche perché manca di fattori correttivi legati al tipo di ambiente, non disponendo di una banca dati dettagliata del territorio che contenga anche informazioni topografiche.  
*Il metodo B*, che prende in considerazione le caratteristiche topografiche del territorio e limitate informazioni sul profilo altimetrico, ha prodotto risultati migliori. Nessuno dei due metodi ha condotto comunque a risultati soddisfacenti poiché entrambi mancano di modelli che tengano conto dei raggi riflessi e della propagazione per percorsi multipli. D'altra parte per la pianificazione delle tradizionali reti analogiche TV ed MF, che in genere prevedono un'utenza dotata di antenne direttive, non è strettamente necessario considerare i raggi rifles-

si che oltretutto producono solo effetti dannosi. Nella pianificazione delle reti di diffusione del segnale DAB-T, al contrario, non può essere ignorato il contributo energetico, che il sistema è in grado di utilizzare efficacemente, fornito dai raggi riflessi soprattutto nelle zone montuose.

Una *seconda campagna di misura* in ricezione mobile è stata effettuata dal Centro Ricerche nell'area di servizio dei tre trasmettitori operanti singolarmente, ed in rete SFN, su vari percorsi in ambiente diversificato per un totale di circa 424 Km.

Le modalità ed i risultati ottenuti in questa campagna di misure sono riportati in dettaglio nell'articolo «Campagna di misure DAB-T su rete isofrequenziale SFN» in questo numero della rivista. Lo scopo principale è stato quello di ottenere, attraverso l'acquisizione e l'elaborazione statistica di un gran numero di dati, la verifica dell'estensione del servizio in termini di campo e.m. al 50% e al 99% e la determinazione dei valori dei parametri particolarmente significativi per la pianificazione del servizio DAB-T su rete SFN, quali il «fattore di variazione locale» del campo e.m. ed il «guadagno di rete».

Rispetto alla prima campagna di misure è stato possibile definire con maggiore attendibilità il fattore di variazione locale dalla misura diretta del campo e.m. al 50% e al 99%, mentre nella prima campagna tale fattore è derivato dal valore della deviazione standard del campo mediano (50%).

Le elaborazioni tengono conto globalmente sia dei «fading lenti» che di quelli «veloci», che normalmente influenzano la ricezione mobile.

Nella effettuazione delle misure sono stati scelti otto itinerari diversi, particolarmente significativi per la caratterizzazione del territorio: urbano, suburbano, rurale e montano.

Relativamente alle buone prestazioni del DAB-T su rete isofrequenziale SFN, è opportuno segnalare che esse derivano dalla tolleranza del segnale alla propagazione per cammini multipli, per cui all'ingresso del ricevitore si verifica una mutua addizione dei segnali provenienti dai diversi percorsi.

Ciò avviene a condizione che i ritardi rispettivi non superino l'intervallo di guardia del sistema ( $\tau_g = 256\mu s$ ). Questa importante proprietà è chiamata «guadagno di rete» e comprende due componenti, una additiva ed una statistica.

La *componente additiva* è il risultato del fatto che ci può essere più di un segnale utile e quindi le potenze al ricevitore vengono sommate. La *componente statistica* è dovuta alle distribuzioni delle variazioni locali dei campi che contribuiscono al segnale ricevuto. Poiché la deviazione standard del segnale complessivo è minore rispetto a quella dei singoli segnali, il margine in potenza per raggiungere una determinata copertura può essere ridotto rispetto al caso di trasmettitori singoli.

Ciò significa quindi che, in rete SFN, è in generale possibile ridurre la potenza irradiata dai singoli trasmettitori per una uguale copertura del servizio (esempio 99% delle località) rispetto al caso di trasmettitori indipendenti e non sincronizzati.

In alternativa, senza alterare la potenza irradiata dai singoli trasmettitori, la rete SFN consente di aumentare sensibilmente l'area di copertura e la disponibilità del servizio.

Dalla campagna di misure si possono trarre i seguenti risultati:

- La condizione di campo e.m. minimo (35 dB $\mu$ V/m) richiesto dalla CEPT per il 99% delle località è stata sempre verificata con margini adeguati su tutti i percorsi esaminati della rete SFN.

L'assunzione corrente del campo minimo di 35dB $\mu$ V/m, quale riferimento per il funzionamento del sistema DAB-T alla soglia di corretta ricezione, richiede però ulteriori approfondite verifiche da effettuarsi sui vari percorsi mediante misure di tasso di errore.

- Per quanto riguarda il fattore di variazione locale del campo e.m., in ambienti discretamente omogenei, si sono rilevati valori compresi tra 5,8 e 9,3 dB, inferiori quindi al valore di 13 dB normalmente assunto come riferimento dalla CEPT, sostanzialmente in accordo con il valore medio di 7 dB derivato dalle misure effettuate nella prima campagna («Campagna di misure DAB-T su impianti trasmettenti singoli» in questo numero della rivista).

Tali valori, seppure relativi ad una statistica ancora limitata, sono sostanzialmente coerenti con i risultati ottenuti in altri paesi e riportati in letteratura. In ogni caso è opportuno osservare che le misure sono state effettuate prevalentemente in una zona in cui la presenza di alte montagne crea echi di elevato livello che, attraverso cammini multipli, possono contribuire a ridurre le variazioni del segnale ricevuto, portando il fattore di variazione locale a valori inferiori.

- Relativamente al guadagno di rete SFN sono stati trovati valori compresi tra 0,5 e 5,4 dB, a seconda della differenza tra i livelli di potenza mediani dei segnali ricevuti dai vari trasmettitori nelle aree esaminate.

Tali risultati sono confrontabili a quelli riportati in bibliografia. Il massimo guadagno di rete si ha nelle aree di servizio in cui i vari trasmettitori contribuiscono con livelli di campo di entità confrontabile, mentre nelle zone in cui uno dei trasmettitori della rete SFN contribuisce con un campo significativamente più elevato rispetto agli altri trasmettitori, ad esempio in prossimità di ciascun trasmettitore, il guadagno di rete tende a zero.

#### 4. Confronto sulla qualità di ricezione MF e DAB

Allo scopo di valutare le prestazioni del sistema DAB-T in termini di qualità del segnale sonoro nei confronti del segnale irradiato in modulazione di frequenza, sono stati effettuati ascolti e registrazioni nell'area di servizio dei tre impianti trasmettenti in rete SFN. Allo scopo il programma stereofonico Radio 2 Time, irradiato in modulazione di frequenza dai tre impianti di St.Vincent, Gerdaz e Blavy, è stato inserito contemporaneamente nel blocco DAB-T (F = 223,936 MHz), generato presso l'impianto di St.Vincent e distribuito agli altri due impianti della rete SFN.

Nell'area di servizio, su percorsi differenziati (autostrada, ambiente urbano e montano), i segnali FM e DAB-T ricevuti in movimento su auto attrezzata con entrambi i ricevitori, sono stati registrati contemporaneamente all'immagine video del percorso.

Le immagini e i due segnali audio sono stati registrati su cassetta Betacam, realizzando un audiovisivo che è stato presentato a Radio Expo (Bologna maggio '95) e alla mostra della radio (Roma novembre-dicembre '95).

Dalle registrazioni suddette si possono trarre le seguenti conclusioni:

- il segnale DAB-T ricevuto in movimento a bordo dell'auto attrezzata, mantiene ovunque nell'area di servizio della rete SFN l'elevata qualità audio di sorgente senza degradamento apprezzabile dovuto alla diffusione via etere.
- la qualità del segnale a modulazione di frequenza è talvolta degradata, specialmente in aree in cui si è in presenza di percorsi multipli (ambiente urbano, montano). In queste condizioni sarebbe possibile migliorare la qualità del servizio MF solo attraverso un aumento del numero dei ripetitori e delle frequenze occupate.
- Questi risultati, seppure limitati ad un'area di sperimentazione circoscritta, consentono quindi di concludere che, dal punto di vista della qualità sonora e della disponibilità del servizio, il sistema DAB-T supera i limiti dell'attuale sistema a modulazione di frequenza e permette di portare all'utente la qualità del Compact Disc, anche in ricezione mobile grazie al *tutto digitale* presente nell'intera catena dalla produzione in studio alla diffusione in area di servizio.

## 5. Previsioni di copertura del servizio DAB-T

Una prima indicazione delle previsioni di copertura sull'area di servizio del sistema DAB-T in rete SFN in Valle d'Aosta è stata ottenuta mediante lo sviluppo di un algoritmo automatico, basato su strutture modulari software. Tale metodo, sviluppato dalla Direzione Diffusione e Trasmissione-Reti di Diffusione, è descritto nell'articolo «Previsione del servizio svolto da una rete DAB-T» in questo numero della rivista. Esso illustra i criteri di pianificazione che si devono adottare per i nuovi sistemi di radiodiffusione digitale ed i parametri correttivi da introdurre per l'utilizzo dei metodi di previsione di campo e.m. per i sistemi analogici.

## 6. Metodi avanzati di previsione di campo

La determinazione dell'area di copertura del servizio DAB-T su rete SFN richiede la disponibilità di modelli predittivi di campo elettromagnetico e.m. adeguati alle caratteristiche del nuovo sistema digitale e di metodologie rappresentative basate sull'impiego di cartografie informatiche che rendano immediata ed evidente la valutazione tenendo conto della orografia del territorio.

Tali metodi, attualmente allo studio presso vari Enti, utilizzano procedure basate sull'impiego di modelli numerici dettagliati del territorio (DTM = Digital Terrain Model) in grado di migliorare l'approssimazione di previsione. Essi devono inoltre considerare i contributi al campo e.m. ricevuto provenienti da cammini multipli e soggetti a ritardi differenti e fornire, per ogni tratto sul territorio, la distribuzione in ampiezza e ritardo dei vari contributi di riflessione.

Presso il Centro Ricerche RAI è stata pertanto avviata una intensa attività di studio e di ricerca su *metodi predittivi* avanzati con sviluppo di adeguati modelli rappresentati-

vi delle diverse fenomenologie della propagazione, mediante l'impiego della teoria geometrica della diffrazione (GTD: Geometrical Theory of Diffraction), che viene descritta in dettaglio nell'articolo «Metodi avanzati di previsione di campo per il sistema DAB-T» in questo numero della rivista.

La prima fase dello studio è stata rivolta allo sviluppo di un ambiente software che consente la rappresentazione grafica su cartine digitalizzate per confrontare agevolmente le prestazioni dei vari metodi di previsione identificando i limiti di ciascuno. L'obiettivo finale è di pervenire allo sviluppo di un *metodo integrato* che utilizzi database *territoriali* dettagliati ed esegua previsioni attendibili con limitati tempi di elaborazione.

Allo stato attuale dello studio è possibile rappresentare la copertura sul territorio con i metodi predittivi tradizionali sotto forma di curve iso-livello che forniscono il campo e.m. in dB $\mu$ V/m, oppure sotto forma di rapporto segnale utile/segnale interferente (C/I). Noto il rapporto di protezione del sistema DAB-T (tipicamente 15 dB su rete SFN con ritardi compresi entro l'intervallo di guardia) è possibile pervenire direttamente ad una stima dell'area di copertura del servizio.

## 7. Conclusioni

I risultati conseguiti nella fase di sperimentazione del sistema DAB-T sulla *rete isofrequenziale* (SFN) in banda III (canale H2) realizzata dalla RAI in Valle d'Aosta confermano sostanzialmente le aspettative per quanto riguarda l'elevata qualità, l'affidabilità e la disponibilità del servizio, anche in condizioni di ricezione mobile affette da riflessioni multiple, spesso riscontrabili in aree urbane e montagnose. Questi risultati, seppure relativi ad una area di sperimentazione limitata, dimostrano globalmente la superiorità del DAB (full digital) rispetto all'attuale servizio MF (analogico).

La possibilità del DAB-T di operare in rete SFN, anche su vaste aree del territorio (con copertura nazionale e regionale), offre evidenti e considerevoli vantaggi in termini di sfruttamento delle risorse in frequenza e consente di allargare globalmente l'area di copertura del servizio rispetto ad una *rete multifrequenziale* (MFN), composta cioè di trasmettitori operanti con frequenze diverse, come avviene con le attuali reti radiofoniche MF.

Relativamente all'architettura ed alla sistemistica della rete SFN, sono state esaminate le problematiche tecnico-operative individuandone alcune soluzioni, con particolare attenzione alla rete di trasporto ed alla diffusione del segnale.

Le campagne di ricezione effettuate in area hanno consentito di pervenire ad una conoscenza più approfondita dei criteri e dei parametri di pianificazione del servizio, con particolare riferimento alla ricezione mobile, ed hanno evidenziato la necessità di sviluppare metodi avanzati di previsione di campo e.m. che tengano conto dell'orografia del territorio e del contributo dovuto alle riflessioni da cammini multipli.