

LTE e impianti di ricezione TV:

Stima dell'interferenza generata al centralino d'antenna

Assunta **De Vita**, Davide **Milanesio**, Bruno **Sacco**
Rai - Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica

Aldo **Scotti**
RaiWay - Innovazione Sperimentazione Certificazione Radioelettrica

1. INTRODUZIONE

La crescente richiesta di servizi a banda larga ha portato la Conferenza Mondiale sulle Radiocomunicazioni (WRC-07) ad allocare nella regione 1 dell'ITU, che include l'Europa, una porzione dello spettro nella banda UHF, tra 790 e 862 MHz, su base co-primaria al broadcasting e ai servizi di telefonia mobile. L'Unione Europea ha deciso di armonizzare questa "banda 800 MHz" (il cosiddetto Dividendo Digitale) a favore dei servizi a standard LTE a partire dal 1 Gennaio 2013. Tali frequenze sono state assegnate anche in Italia mediante gara pubblica ai tre operatori di telefonia mobile Wind, Tim e Vodafone (figura 1).

La situazione rappresentata nella figura 1 non è definitiva: infatti, la più recente WRC-12 ha stabilito di allocare su base co-primaria anche la cosiddetta "banda 700 MHz" (indicativamente da 694 a 790 MHz, figura 2), con effetto a partire dal termine della conferenza WRC-15, che dovrà indicarne il limite inferiore in frequenza e fissare i criteri di coesistenza e compatibilità dei servizi broadcast e di telefonia mobile.

La presenza di segnali LTE a 800 MHz, all'interno della banda UHF tradizionalmente utilizzata per la distribuzione dei segnali televisivi, può in alcuni casi causare problemi interferenziali. In particolare, nel caso di impianti di ricezione TV con amplificazione a larga banda, molto diffusi in Italia, l'elevato livello dei segnali d'ingresso potrebbe portare alla saturazione dell'amplificatore, con generazione di prodotti di intermodulazione e conseguenti disturbi su tutti i canali televisivi.

L'articolo riporta i risultati di simulazioni estensive, effettuate in uno scenario reale (San Benedetto del Tronto) e basate sui corretti criteri di valutazione indicati dalla normativa internazionale (ITU-R), allo scopo di stimare l'effetto dell'interferenza dovuta all'intermodulazione generata nel centralino sull'area di copertura dei segnali DTT.

I risultati hanno mostrato che l'installazione a monte dell'amplificatore di un buon "filtro LTE" costituisce una tecnica di mitigazione efficace nella maggior parte dei casi; tuttavia esistono aree residue in prossimità delle Base Station in cui potrebbe essere necessario adottare ulteriori accorgimenti.

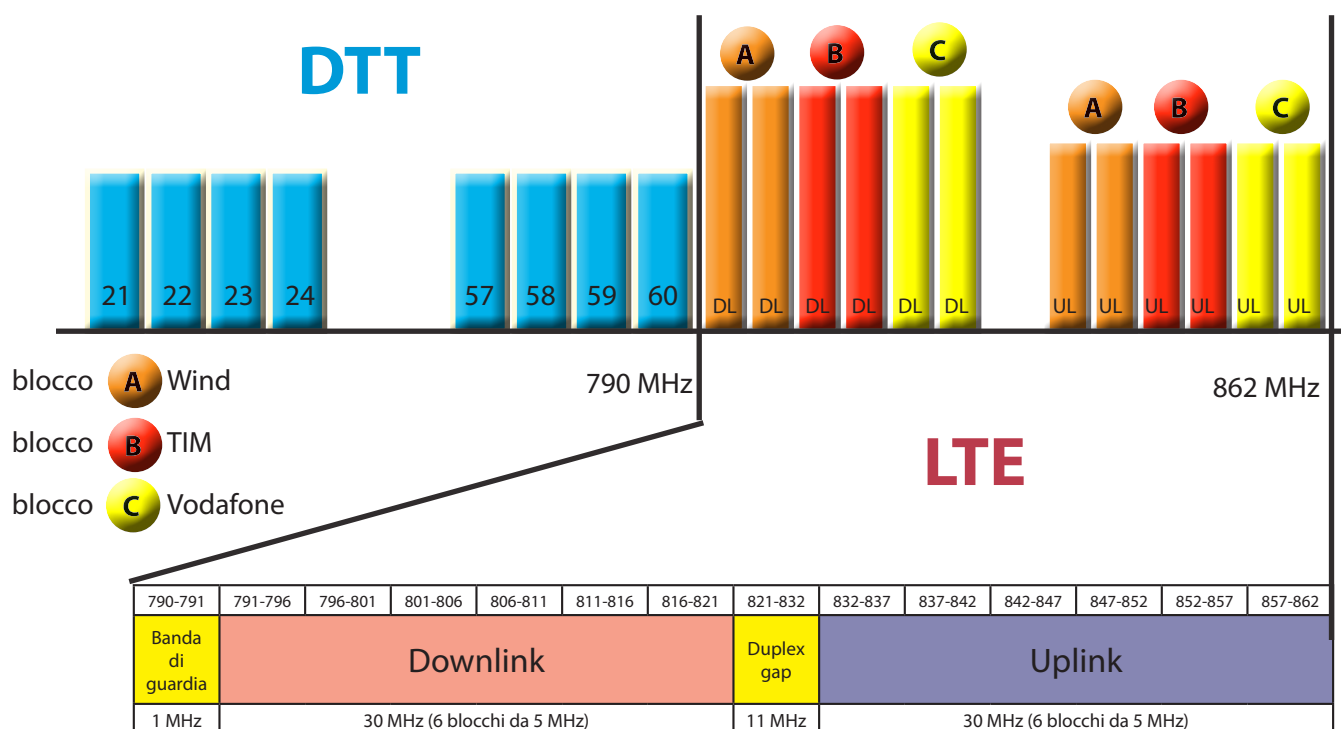


Fig. 1 - Suddivisione della banda UHF per servizi broadcast e di telefonia mobile a standard LTE.

A tal proposito, l'ITU e l'Unione Europea, così come i singoli stati membri, hanno avviato questionari e consultazioni per individuare in modo più preciso le esigenze di spettro dei vari servizi, ed una posizione verrà presa dopo il 2015: c'è la consapevolezza dell'importanza che ha oggi la banda 700 MHz per il broadcasting, e non sarà facile trovare un soluzione armonizzata. Non è escluso che alcuni di questi canali possano essere utilizzati per tecnologie di tipo TVWS in quanto, in determinate aree, solo un sottoinsieme dello spettro disponibile ai servizi broadcast viene effettivamente usato: secondo questo

scenario, le porzioni libere dello spettro possono essere usate da altri sistemi a bassa potenza su base opportunistica.

2. PROBLEMATICHE DI COESISTENZA DI SERVIZI BROADCAST E LTE NELLA BANDA UHF

La coesistenza in bande di frequenza contigue di servizi broadcast e cellulari, all'interno della banda UHF tradizionalmente utilizzata per la distribuzione TV, può in alcuni casi determinare problemi alla ricezione dei segnali televisivi.

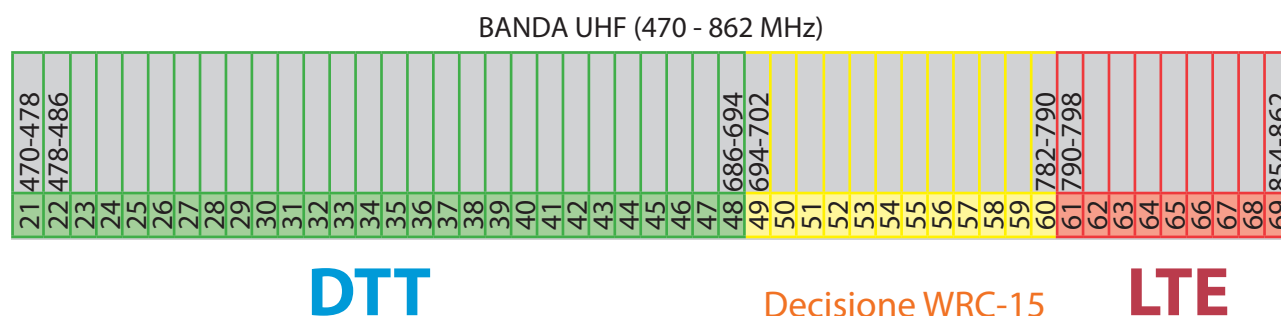


Fig. 2 - Futura allocazione dei servizi nella banda UHF.

Le zone più critiche sono le fasce periferiche all'interno dell'area di copertura dei trasmettitori DTT, se una Base Station LTE operante nella banda a 800 MHz è installata a breve distanza (figura 3).

Infatti, gli esistenti amplificatori di testa degli impianti riceventi TV o gli stessi apparecchi televisivi sono stati progettati per funzionare sull'intera banda UHF, ricevendo così il segnale LTE emesso dalle BS o dai terminali d'utente, con potenza che, in alcune situazioni, può essere superiore a quella dei segnali DTT.

I fenomeni principali che si possono verificare sono:

- **interferenza da canale adiacente**, con effetti soprattutto sul canale 60;
- **saturazione dell'amplificatore di testa**, con conseguenti disturbi su tutti i canali della banda UHF.

Il secondo fenomeno è il più critico, e si manifesta nel caso di ricezione mediante impianti centralizzati d'antenna o, comunque, in generale di tutti gli impianti riceventi che includono amplificatori a larga banda. Questi impianti, molto diffusi soprattutto in Italia, sono generalmente utilizzati per servire gruppi di utenti, ad esempio residenti in un condominio, attraverso una opportuna rete di distribuzione del segnale. Gli amplificatori delle centraline hanno lo scopo di amplificare il segnale TV ricevuto tramite l'antenna ad un livello sufficiente per potere essere distribuito e correttamente ricevuto da ogni singolo apparecchio televisivo collegato, compensando l'attenuazione introdotta dalla rete di distribuzione. Poiché i segnali LTE a 800 MHz rientrano nella banda di progetto degli amplificatori esistenti, essi sono ricevuti e amplificati dalla centralina insieme ai segnali TV: un elevato livello di questi segnali LTE può quindi fare superare il livello

d'uscita nominale dell'amplificatore, causando fenomeni di intermodulazione o saturazione. Gli effetti di questi disturbi possono presentarsi su tutti i canali televisivi, in funzione del loro livello, della distanza dalla Base Station e dell'entità del traffico dati generato dagli utenti connessi alla cella LTE in quel momento.

Il tema è già stato trattato in un precedente numero di Elettronica e Telecomunicazioni [1], in cui veniva descritto il modello matematico di un amplificatore per impianti centralizzati d'antenna ed erano mostrati i risultati delle prime simulazioni e di misure di laboratorio.

Nel presente articolo vengono riportati i risultati di simulazioni più estensive, relative a uno scenario reale (San Benedetto del Tronto), tese a valutare l'interferenza dovuta all'intermodulazione generata nel centralino e l'efficacia dell'uso di "filtri LTE" come tecnica di mitigazione.

Fig. 3 - Impianti riceventi DTT in prossimità di una Base Station LTE.



In un ulteriore articolo pubblicato su questo stesso numero vengono inoltre forniti suggerimenti e indicazioni per la messa in opera sull'impianto ricevente di tecniche per la mitigazione delle interferenze [2].

3. SIMULAZIONI IN UNO SCENARIO REALE

3.1 LO SCENARIO INTERFERENZIALE

L'area geografica scelta per le simulazioni è la città di San Benedetto del Tronto, ritenuta uno scenario ideale per una sperimentazione sulla coesistenza dei servizi TV e LTE nella banda UHF. Infatti, parte dei segnali DTT sono ricevuti con livello piuttosto basso (l'impianto trasmittente è situato a circa 90 km), mentre gli altri segnali sono ricevuti dalla direzione opposta, rendendo necessario dotare gli impianti di due antenne UHF opportunamente miscelate. La stessa area è stata scelta dal Ministero dello Sviluppo Economico per una sperimentazione preliminare, della durata di un numero limitato di ore, effettuata nel periodo giugno-luglio 2012 in collaborazione con un operatore di telefonia mobile.

3.1.1 TRASMETTITORI DVB-T

Come accennato, il servizio televisivo DVB-T è garantito da due siti trasmittenti: il primo è Punta Bore Tesino, situato su un rilievo a Nord-Ovest contiguo all'abitato; il secondo è nel comprensorio della Maiella, a circa 90 km di distanza dalla città, in direzione Sud-SudEst (in blu in figura 4).

Quindi, salvo casi particolari, si può assumere che gli impianti d'utente siano abbastanza omogenei, e costituiti da due antenne distinte, ciascuna orientata nella direzione e sulla polarizzazione opportuna, un combinatore e un amplificatore a larga banda^{Nota 1}.

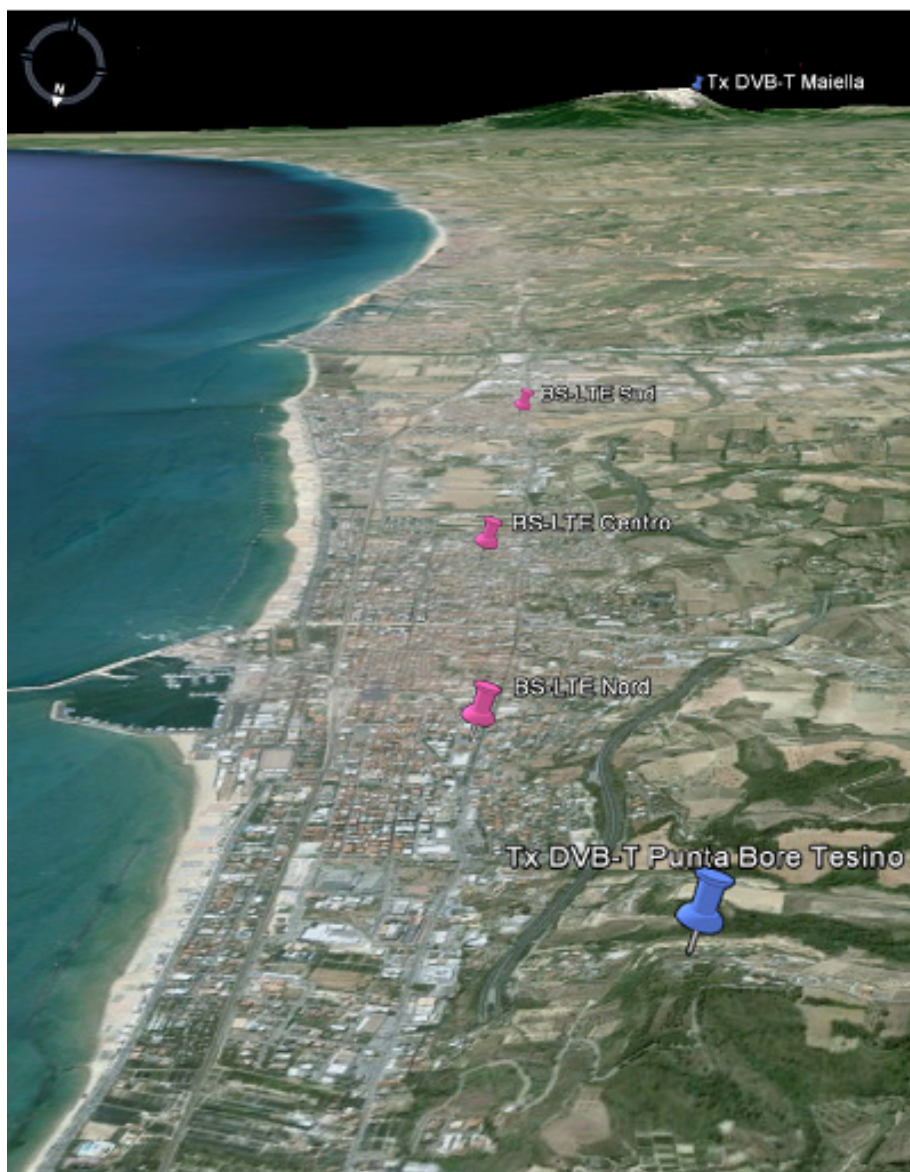


Fig. 4 - Posizione dei siti trasmittenti DVB-T e delle Base Station LTE secondo lo scenario simulato nell'area di San Benedetto del Tronto.

Nota 1 - Nella zona Nord della città questo schema potrebbe avere delle eccezioni, in quanto i segnali provenienti da uno dei due siti vengono ad essere molto più elevati degli altri: qui l'antennista, ad esempio, potrebbe avere deciso di amplificare solo questi ultimi e sommare i primi.

Nella fase preparatoria di queste simulazioni sono stati raccolti i dati disponibili (coordinate geografiche, canali, ERP, polarizzazione) relativi a tali trasmettitori. Per reperire i dati mancanti (ERP di alcune emittenti minori) e verificare i dati disponibili, è stata effettuata una campagna preliminare di misure sul campo da parte di RaiWay, che ha permesso di raccogliere i valori effettivi di campo elettromagnetico ricevuto (e contestualmente azimut e polarizzazione), acquisendo inoltre elementi diretti sulla tipologia di antenne d'utente^{Nota 2}.

La tabella 1 riporta l'elenco dei canali ricevibili, con le indicazioni relative a sito trasmittente e polarizzazione.

Come si può osservare, i canali DVB-T ricevibili nella zona di San Benedetto del Tronto sono in totale trenta.

3.1.2 BASE STATION LTE

Sono stati considerati tre siti LTE, denominati "BS-LTE Nord", "BS-LTE Centro" e "BS-LTE Sud" (in rosa in figura 4). La tabella 2 riporta i parametri salienti degli impianti LTE in accordo con il documento 6A/166 dell'ITU [3]. Ai fini della valutazione dell'interferenza verso il servizio televisivo si deve tenere conto di un'attenuazione di 3 dB tra la polarizzazione del segnale LTE ($\pm 45^\circ$) e quella dei segnali televisivi (H o V).

Nelle simulazioni sono stati considerati segnali LTE nella condizione di 100% di traffico trasportato. Va osservato che, nelle condizioni reali di esercizio, la potenza emessa dalle BS LTE non è costante, ma variabile nel tempo in funzione del traffico istantaneo generato dagli utenti nella cella; tuttavia, riteniamo che il metodo adottato sia l'unico che permetta di valutare in modo corretto l'entità dell'interferenza, poiché un disturbo intermittente o saltuario pregiudica comunque la Qualità del Servizio (QoS) definita in sede di pianificazione della rete DTT, ed è quindi non accettabile^{Nota 3}.

Canale	Emittente	Sito	Polarizzazione
21	Tele Mare	Maiella	H
22	RTM	Punta Bore Tesino	V
23	ATV7	Maiella	H
26	MUX-3 RAI	Punta Bore Tesino	V
27	TIVU Italia	Maiella	H
28	TVQ	Maiella	H
29	TRSP	Maiella	H
30	MUX-2 RAI	Punta Bore Tesino	V
31	7-Gold	Punta Bore Tesino	V
32	MUX-1 RAI	Punta Bore Tesino	V
33	eTV Marche	Punta Bore Tesino	V
35	Vera TV	Punta Bore Tesino	V
36	MEDIASET-2	Maiella	H
38	n.i.	Maiella	H
39	TV Centro Marche	Punta Bore Tesino	V
40	MUX-4 RAI	Punta Bore Tesino	V
41	TELE A	Maiella	H
42	Rete A MUX-2	Maiella	H
43	TVRS	Punta Bore Tesino	V
44	Rete A MUX-1	Maiella	H
45	RETE 8	Maiella	H
46	Antenna 10	Maiella	H
47	TIMB-1	Punta Bore Tesino	V
48	TIMB-3	Punta Bore Tesino	V
49	MEDIASET-4	Maiella	H
50	D-Free	Maiella	H
51	TELEMAX	Maiella	H
52	MEDIASET-1	Maiella	H
56	MEDIASET-5	Maiella	H
60	TIMB-2	Punta Bore Tesino	V

Tab. 1 - Canali DVB-T a San Benedetto del Tronto.

Nota 2 - Dati rilevati nel mese di settembre 2012.

Nota 3 - La condizione di ricezione QEF è rispettata se si verifica al più un errore visibile sullo schermo per ogni ora di trasmissione.

È stato considerato sia il caso di un solo operatore LTE attivo che il caso di tre operatori contemporaneamente attivi. In quest'ultimo caso, si è ipotizzata la condivisione dei siti LTE da parte dei tre operatori telefonici (caso più critico): nella realtà il "co-siting", che ha il vantaggio di ridurre i costi dell'infrastruttura, sarà possibile soltanto ove non vengano superati i limiti di legge sulle emissioni elettromagnetiche.

3.2 IL SOFTWARE DI SIMULAZIONE

L'analisi interferenziale si è basata su simulazioni; esse sono state effettuate mediante l'impiego di un software di simulazione per lo studio radioelettrico e un modulo software che valuta il comportamento non lineare dell'amplificatore a larga banda. I risultati sono rappresentati in forma grafica su una mappa.

Il set-up di simulazione è illustrato in figura 5.

Sito LTE	LTE Nord	LTE Centro	LTE Sud
Altezza antenna [m]	30	20	20
Potenza min/max [dBm]	33,5/45	33,5/45	33,5/45
Guadagno antenna [dB]	15	15	15
ERP min/max [dBm]	48,5/60	48,5/60	48,5/60

Tab. 2 - Base Station LTE.

3.2.1 SOFTWARE DI SIMULAZIONE RADIOELETRICA

SEAMCAT^{Nota 4} è uno strumento di simulazione statistica sviluppato dal *Working Group Spectrum Engineering* del CEPT che usa il metodo Monte Carlo per valutare i potenziali effetti interferenziali tra i diversi sistemi di radiocomunicazione terrestri, definire appropriate regole di pianificazione

Nota 4 - <http://www.SEAMCAT.org>.

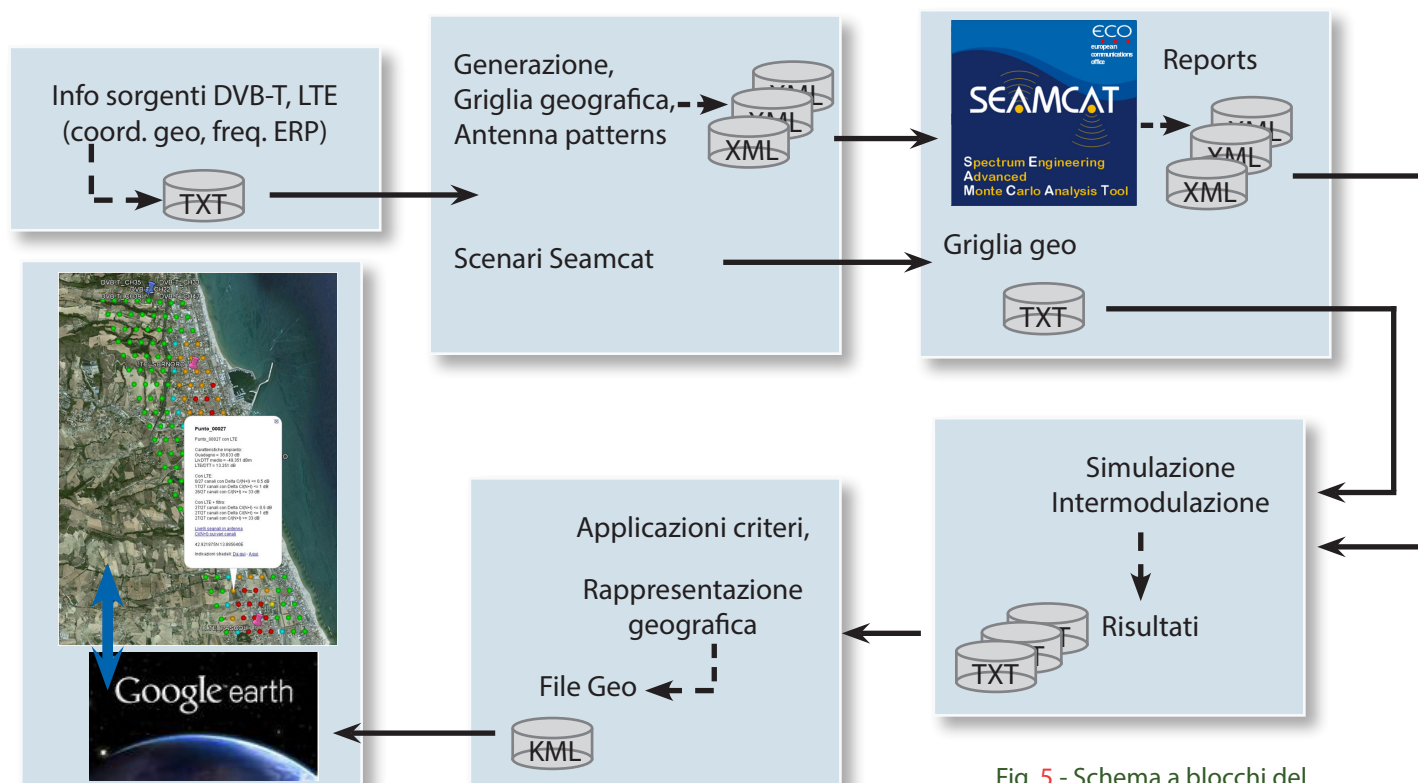


Fig. 5 - Schema a blocchi del software di simulazione.

frequenziali o specificare opportuni limiti per le prestazioni del trasmettitore/ricevitore. Il modello di propagazione Okumura-Hata [4,5], sviluppato per stimare l'attenuazione del segnale radio in ambienti urbani tipici del servizio mobile, è stato scelto come modello di propagazione della tratta LTE Tx – DVB-T Rx.

Per le tratte del DVB-T, si è scelto invece il modello ITU-R P.1546-4 [6] per ambiente urbano e parametrizzato per un'altezza media dell'edificio di circa 12 m.

Si è quindi definito un set di griglie di punti di simulazione sul territorio, e con un modulo software si sono creati gli scenari associati ad ogni singolo punto, in cui ogni coppia di coordinate del ricevitore^{Nota 5} viene ricalcolata, e il diagramma d'antenna del ricevitore viene ricostruito combinando i diagrammi d'antenna singoli, relativi alle due direzioni di puntamento.

Ogni punto geografico (scenario) è stato quindi simulato con il modulo SEAMCAT, ricavando le potenze di ciascun segnale ai morsetti dell'antenna. Questi risultati costituiscono i dati di ingresso al modulo di simulazione dell'intermodulazione, descritto nella sezione seguente.

3.2.2 MODULO DI SIMULAZIONE DELL'INTERMODULAZIONE

Questo secondo modulo implementa le seguenti funzionalità:

1. Estrazione e interpretazione dei risultati forniti dal primo modulo.
2. Regolazione del guadagno dell'amplificatore in funzione del livello dei segnali ricevuti in antenna, per ogni punto simulato (si suppone che l'amplificatore sia stato regolato dall'installatore prima dell'introduzione dei segnali LTE). Il livello d'uscita nominale dell'amplificatore deve essere opportunamente ridotto rispetto al valore di catalogo^{Nota 6}, secondo la formula seguente [7]:

$$\Delta P = 10 \log (n_c - 1)$$

dove n_c è il numero di canali distribuiti.

3. Calcolo analitico, canale per canale, della potenza dei prodotti di intermodulazione generati dall'insieme dei segnali d'ingresso (solo DTT, DTT + LTE, con o senza filtro LTE) [1].
4. Interpretazione dei risultati in funzione di criteri opportunamente fissati (§ 3.3): a ciascun punto è fatto corrispondere un valore riassuntivo su una scala di colori.
5. Generazione di un file in formato KML per la rappresentazione grafica dei risultati mediante Google Earth. I risultati sono presentati sotto forma di punti colorati su una mappa; selezionando uno dei punti si possono inoltre avere informazioni più dettagliate sulle prestazioni in quello specifico impianto.

Il tempo di elaborazione richiesto da questo modulo dipende dal numero di segnali presenti, ma si può stimare nell'ordine di 1 minuto per punto simulato e per scenario.

3.3 CRITERI DI VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI

La protezione del servizio di radiodiffusione da altri servizi, aventi spettro allocato e non, operanti nelle bande di frequenza assegnate in via primaria alla radiodiffusione è oggetto di studio a livello internazionale da parte dell'ITU da alcuni anni. I risultati sinora disponibili hanno prodotto una nuova Raccomandazione, la ITU-R BT.1895 [8], che definisce l'entità dell'interferenza che si può ritenere accettabile agli effetti del servizio e la sua eventuale

Nota 5 - In realtà il simulatore SEAMCAT utilizza un sistema di riferimento multiplo in cui la posizione del ricevitore interferito (nel caso specifico DVB-T) è riferita a quella del relativo trasmettitore, e la posizione di ciascun trasmettitore interferente è riferita a sua volta a quella del ricevitore interferito.

Nota 6 - Il caso di amplificatore regolato ad un valore di guadagno inferiore rispetto al livello nominale è trattato in [2].

quantificazione una volta accertato che questa non sia trascurabile.

Il criterio base dice che l'interferenza totale prodotta da tutte le nuove sorgenti non deve superare una determinata percentuale della potenza di rumore complessiva del sistema. Tale criterio, detto dell'I/N, richiede che l'interferenza, nella globalità delle nuove sorgenti, non ecceda il 10% della potenza di rumore complessiva al ricevitore^{Nota 7}.

I risultati delle simulazioni sono stati quindi interpretati sulla base di questa Raccomandazione e raffigurati su una mappa secondo una scala di colori (tabella 3): i punti di colore **verde**, che rispettano tale raccomandazione, sono considerati non critici: in questi punti si presume che l'intervento sull'impianto non sia necessario; i punti di colore **giallo** presentano un certo degradamento su alcuni dei canali: in questi punti, in funzione del margine di ricezione originario, una verifica da parte dell'installatore è auspicabile; i punti di colore **rosso** sono quelli più critici, poiché su oltre il 10% dei canali il degradamento del segnale è tale da non garantire statisticamente la ricezione: in questi punti l'adozione di opportune tecniche di mitigazione sull'impianto è necessaria^{Nota 8}.

Nei casi in cui non è soddisfatto il criterio definito in precedenza, si attivano criteri aggiuntivi della quantificazione dell'impatto dell'interferenza.

Tra le metodologie possibili vi sono quelle che valutano il degrado del C/N oppure che considerano il degrado della RLP, che rappresenta la percentuale di punti geografici entro un'area di 100 m x 100 m dove il segnale desiderato è sufficientemente elevato rispetto al rumore e all'interferenza per una data percentuale di tempo e tenendo conto delle variazioni statistiche spaziali e temporali dei campi^{Nota 12} [9]: nel caso specifico, si valuta l'interferenza tenendo conto

del contributo di intermodulazione che si somma al rumore termico all'interno dei canali ricevuti in ogni punto di valutazione sia prima ("before") che dopo ("after") l'attivazione dei segnali disturbanti oggetto di indagine.

Nel calcolo della RLP bisogna tener conto, per ciascun canale DVB-T, di diversi fattori quali il tipo di modulazione, il code rate, il C/N e l'effetto degli echi attivi di elevata potenza, che nel loro insieme definiscono l'EPT [10].

3.4 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

In ogni scenario simulato, sono state valutate le prestazioni degli impianti in un certo numero di punti geografici disposti su una griglia.

Nota 7 - Questo criterio corrisponde ad un degradamento del C/(N+I) di 0,5 dB rispetto al valore originario.

Nota 8 - Le statistiche, per ogni punto geografico, sono sempre riferite ai soli canali DVB-T considerati ricevibili con margine adeguato in assenza di LTE (per effetto del diverso livello dei segnali ricevuti dai due trasmettitori DVB-T, sui 30 canali complessivi, il numero di canali considerati ricevibili varia lungo l'area di simulazione, da 15 canali nei punti più a nord a 28 canali nei punti più a sud).

Nota 9 - È rispettato il criterio dell'I/N, ovvero l'interferenza, nella globalità delle nuove sorgenti, non eccede il 10% della potenza di rumore complessiva al ricevitore (degradamento del C/(N+I) non superiore a 0,5 dB rispetto al valore originario).

Nota 10 - Margine di ricezione sul C/(N+I) sufficiente su almeno il 90% dei canali DTT ricevibili.

Nota 11 - Margine di ricezione sul C/(N+I) insufficiente su oltre il 10% dei canali DTT ricevibili.

Nota 12 - Le reti DVB-T sono tipicamente pianificate per una RLP del 95%.

Verde	Interferenza trascurabile ^{Nota 9}
Giallo	Possibile degradamento su alcuni canali ^{Nota 10}
Rosso	Degradamento significativo su alcuni (o tutti i) canali ^{Nota 11}

Tab. 3 - Criteri e scala di colori

Il numero totale di punti simulati è di circa 700. È stata dapprima considerata una griglia a maglie più larghe, con distanza tra i punti di circa 250 m e copertura sull'intero territorio di San Benedetto del Tronto e zone limitrofe; successivamente è stata approfondita l'analisi della zona centrale della mappa, attorno alla Base Station "LTE Centro", con griglie più fitte (distanza tra i punti di circa 80 m e 10 m rispettivamente).

Gli scenari considerati sono i seguenti:

- Celle LTE attive soltanto sul Blocco B (una sola cella o tre celle);
- Celle LTE attive su un altro Blocco (A o C);
- Utilizzo dell'intero spettro LTE downlink: celle LTE attive sui tre blocchi (A, B e C) contemporaneamente (siti condivisi tra i tre operatori LTE).

Tutti gli scenari sono stati considerati nel caso sia di assenza che di presenza di un filtro LTE^{Nota 13} in accordo con le specifiche definite dalle Guida CEI 100-7 [7] installato sull'impianto.

Dal confronto dei risultati ottenuti nei vari casi è emerso che:

- Nel caso di un solo blocco LTE attivo, le simulazioni con segnale LTE sul Blocco A evidenziano un aumento dell'interferenza rispetto al segnale sul Blocco B o sul Blocco C. Il motivo è dovuto al fatto che i prodotti d'intermodulazione del 3° ordine tra 3 delle portanti appartenenti ai segnali LTE, che nelle vicinanze delle Base Station hanno potenza maggiore rispetto ai segnali DVB-T, cadono ad una distanza in frequenza entro 10 MHz rispetto agli estremi della banda del segnale LTE: mentre nel caso del Blocco B questi prodotti cadrebbero nella stessa banda LTE, senza interferire sui canali TV (interferiti soltanto dai prodotti d'intermodulazione "misti" tra portanti DVB-T e portanti LTE), nel caso del Blocco A cadono anche sui canali 60 e (parzialmente) 59, contribuendo in modo determinante al degradamento del C/(N+I).
- La combinazione dei tre blocchi LTE (A, B e C) è naturalmente il caso più critico. Gli effetti

dell'interferenza si possono rilevare fino ad oltre 1 km di distanza dalla BS.

- L'inserimento di un buon filtro LTE all'ingresso dell'amplificatore dell'impianto d'antenna permette di ridurre notevolmente l'interferenza, anche se, in presenza dei tre blocchi LTE, esiste un'area residua nell'intorno della BS, entro circa 60÷80 m di distanza nella direzione di puntamento delle antenne riceventi, in cui i criteri sopra descritti non sono soddisfatti.

In figura 6 sono riportati i risultati relativi al caso di tre blocchi LTE attivi. Nell'immagine principale, relativa alla situazione in assenza di filtri LTE sull'impianto ricevente, la distanza tra i punti è di circa 250 m. Nei riquadri è mostrato un dettaglio dell'area circostante la cella "BS-LTE Centro" (distanza tra i punti di circa 10 m), in assenza (in alto) e in presenza (in basso) del filtro LTE.

In alcuni punti significativi è stato effettuato il calcolo dettagliato del degradamento del C/(N+I) e della RLP canale per canale.

Un esempio è riportato in Appendice A, da cui risulta che, nelle vicinanze della BS, in presenza dei tre blocchi LTE la riduzione della RLP è significativa su tutti i canali DVB-T.

3.5 VERIFICHE IN CAMPO

Un confronto dei risultati delle simulazioni con misure in campo rappresentative, effettuate nelle stesse condizioni (tre operatori attivi e celle a pieno carico), non è ad oggi agevole. Infatti, in questa fase, le reti LTE a 800 MHz sono ancora in corso di progressiva installazione e attivazione, con stato di avanzamento diverso per i vari operatori; inoltre, in assenza di traffico significativo generato dagli utenti, la potenza emessa dalle Base Station è al momento notevolmente inferiore al valore massimo. Per queste ragioni, non è quindi ancora possibile riscontrare problematiche della stessa entità in un ambiente reale.

Nota 13 - Nel modello simulativo utilizzato, la curva livello-frequenza del filtro è stata rappresentata per punti, indicando l'attenuazione introdotta su ciascuno dei segnali ricevuti. Tali attenuazioni sono conformi alla maschera CEI.

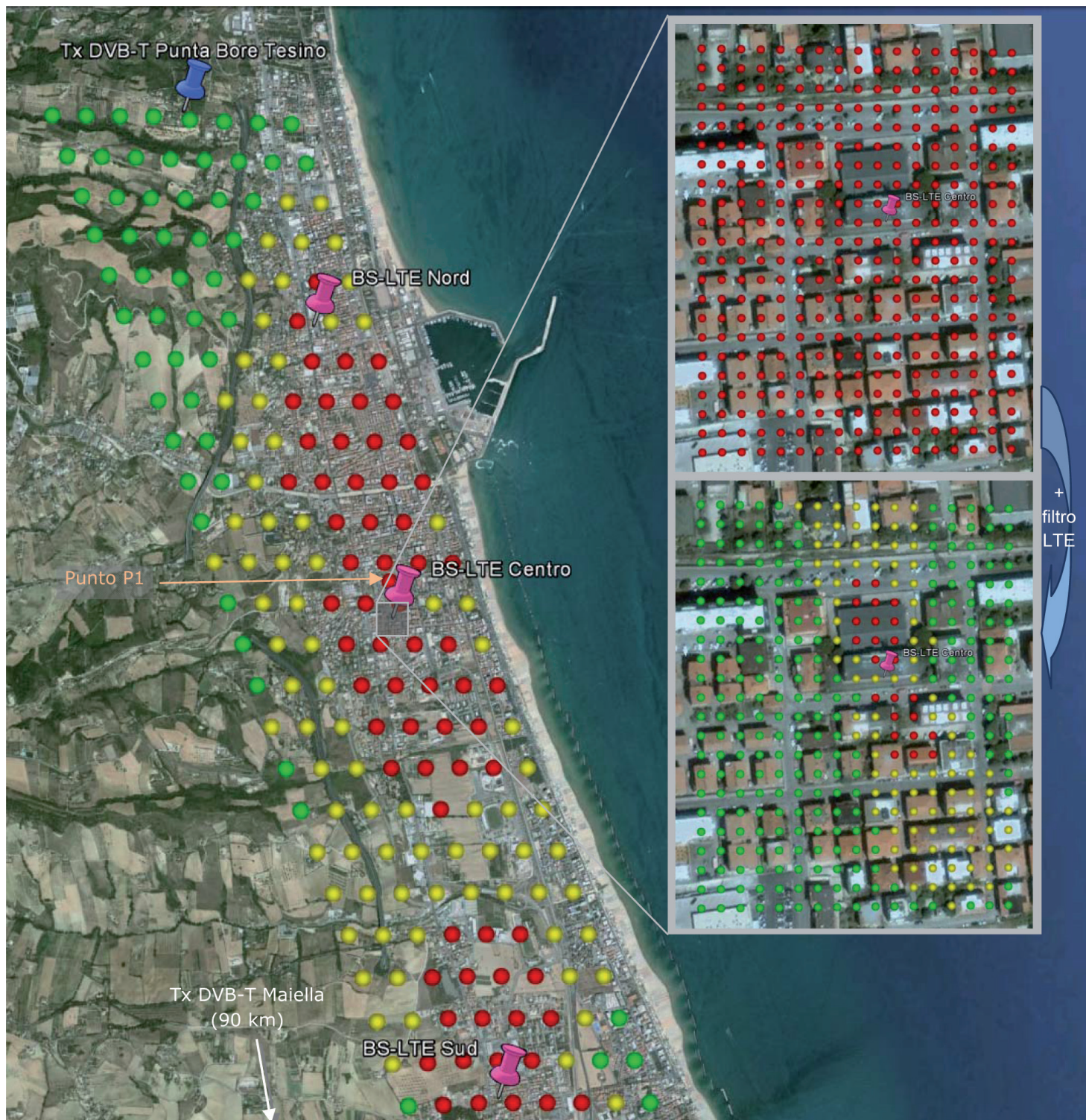


Fig. 6 - Risultati delle simulazioni nel caso di tre blocchi LTE attivi (A, B e C).

Verde	Interferenza trascurabile
Giallo	Possibile degradamento su alcuni canali
Rosso	Degradamento significativo su alcuni (o tutti i) canali

Tuttavia, un *test bed* completo, realizzato con una configurazione dei segnali coerente con le simulazioni sopra descritte, è stato allestito in Inghilterra (nella città di Tamworth), sotto la supervisione di Ofcom, fornendo risultati in buon accordo con quanto ricavato per via simulativa [11].

3.6 INTERVENTI SUGLI IMPIANTI RICEVENTI PER LA MITIGAZIONE DELLE INTERFERENZE

Come si evince dalle simulazioni, in presenza di interferenza dovuta ai segnali LTE, al fine di ridurre i disturbi agli apparati televisivi si possono attuare alcuni provvedimenti, di seguito elencati, eventualmente applicabili anche in combinazione tra loro:

- verifica della necessità di introdurre opportuni filtri fra l'antenna e l'entrata del primo amplificatore a larga banda del terminale di testa per ridurre il livello dei segnali LTE BS ricevuti dall'antenna televisiva;
- riduzione del guadagno dell'amplificatore, al fine di diminuire il livello dei prodotti d'intermodulazione, ricordando che, per ogni dB di riduzione del guadagno, si riduce di 3 dB il livello dei prodotti di intermodulazione (il C/I varia di 2 dB/dB);
- sostituzione del centralino a larga banda con un centralino canalizzato, basato cioè su filtri di canale, soprattutto per i canali prossimi al servizio LTE.
- spostamento o diverso orientamento dell'antenna ricevente in modo da minimizzare il segnale ricevuto dal servizio LTE, sfruttando, quando è possibile, l'attenuazione introdotta dal diagramma di direttività dell'antenna televisiva stessa;

Una descrizione più approfondita delle suddette tecniche di mitigazione è riportata in [2].

4. CONCLUSIONI

La coesistenza di servizi broadcast e cellulari all'interno della banda UHF, tradizionalmente utilizzata per la distribuzione TV, potrà determinare problemi alla ricezione dei segnali televisivi in particolare modo in prossimità delle stazioni LTE.

Simulazioni estensive, effettuate in uno scenario reale e basate sui corretti criteri di valutazione indicati dalla normativa internazionale (ITU-R), hanno permesso di stimare l'effetto dell'interferenza dovuta all'intermodulazione generata nel centralino dell'impianto d'antenna sull'area di copertura dei segnali DTT.

Da queste analisi emerge che l'impatto dei segnali LTE in banda 800 MHz sugli attuali impianti centralizzati d'antenna potrà essere piuttosto esteso: tali effetti si manifesteranno gradualmente, a seguito dell'attivazione delle celle sul territorio nazionale da parte degli operatori assegnatari (fino al completo utilizzo dei 3 blocchi LTE) e dell'aumento del traffico generato dagli utenti. In molti casi gli effetti sui segnali televisivi saranno intermittenti e non continuativi.

Questo comportamento, se da un lato rappresenta un vantaggio poiché scongiurerà un black-out del segnale televisivo improvviso e diffuso, dall'altro lato può portare a sottovalutare il fenomeno, poiché l'interferenza da LTE potrebbe essere scambiata dagli utenti con altri generici problemi di ricezione del segnale DTT, causando un disservizio sia per gli utenti stessi che per gli operatori televisivi, che vedrebbero ridursi l'area di copertura del proprio servizio ben al di sotto di quanto pianificato in sede di progetto della rete.

L'utilizzo di un buon "filtro LTE" costituisce una tecnica di mitigazione efficace nella maggior parte dei casi; tuttavia esiste un'area residua in prossimità della Base Station in cui il corretto margine di ricezione sui segnali DTT non è ripristinato: in questi punti è necessario adottare ulteriori tecniche di mitigazione.

APPENDICE A

Per uno dei punti della figura 6 (il punto P1), è mostrato in dettaglio la calcolo del degradamento del $C/(N+I)$ e della RLP, ovvero del mantenimento dell'opportuno margine di ricezione su tutti i canali originariamente ricevibili, in assenza di filtro. Il punto P1 dista circa 250 m dalla "BS-LTE Centro", che si trova nella direzione di puntamento dell'antenna ricevente.

Come descritto nella § 3.3, è necessario valutare i valori di EPT per ognuno dei canali, come riportato nella tabella A.1.

Per ogni canale DVB-T, sono state effettuate le opportune analisi statistiche mediante l'impiego del software di simulazione SEMCAT, tenendo conto delle variazioni spaziali e temporali di tutti i parametri.

La figura A.1 e la tabella A.2 riassumono i risultati nel punto P1 nel caso di tre blocchi LTE attivi (A, B e C). Sono riportati:

- La potenza di ogni canale DVB-T prima dell'amplificatore (livello medio);
- La potenza ricevuta dei segnali LTE, tenendo presente il diagramma di irradiazione dell'antenna;
- Il rumore termico;
- $(N + N_{int'})_{before}$ ossia il contributo del rumore termico e quello di intermodulazione prima dell'attivazione dei segnali LTE;
- $(N + N_{int'})_{after}$ ossia il contributo del rumore termico e quello di intermodulazione dopo l'attivazione dei segnali LTE;
- RLP_{before} ossia la "Reception Location Probability" in assenza dei segnali LTE;
- RLP_{after} ossia la "Reception Location Probability" in presenza dei segnali LTE;
- RLP_{loss} ossia il degradamento della RLP ($RLP_{before} - RLP_{after}$).

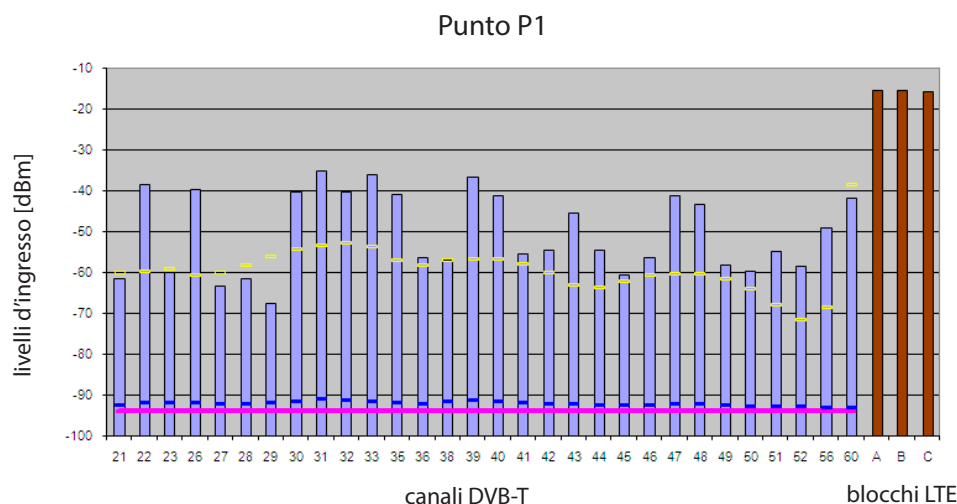
Come si può vedere, in presenza dei tre blocchi LTE si ha una significativa riduzione della RLP su tutti i canali DVB-T.

Canale	Modulazione	CR	EPT
21	64 QAM	3/4	23,9 dB
22	64 QAM	3/4	23,9 dB
23	64 QAM	5/6	25,4 dB
26	64 QAM	2/3	22,3 dB
27	64 QAM	1/2	19,3 dB
28	64 QAM	2/3	22,3 dB
29	64 QAM	3/4	23,9 dB
30	64 QAM	2/3	22,3 dB
31	64 QAM	3/4	23,9 dB
32	64 QAM	3/4	23,9 dB
33	64 QAM	5/6	25,4 dB
35	64 QAM	2/3	22,3 dB
36	64 QAM	5/6	25,4 dB
38	16 QAM	1/2	14,8 dB
39	64 QAM	2/3	22,3 dB
40	64 QAM	2/3	22,3 dB
41	64 QAM	3/4	23,9 dB
42	64 QAM	5/6	25,4 dB
43	64 QAM	2/3	22,3 dB
44	64 QAM	3/4	23,9 dB
45	64 QAM	3/4	23,9 dB
46	64 QAM	3/4	23,9 dB
47	64 QAM	3/4	23,9 dB
48	64 QAM	3/4	23,9 dB
49	64 QAM	3/4	23,9 dB
50	64 QAM	5/6	25,4 dB
51	64 QAM	1/2	19,3 dB
52	64 QAM	5/6	25,4 dB
56	64 QAM	5/6	25,4 dB
60	64 QAM	3/4	23,9 dB

Tab. A.1 - EPT (Effective Protection Target).

Fig. A.1 - Dettaglio dei risultati nel punto P1 nel caso di tre blocchi LTE (A, B e C).

■ livello medio
 ■ rumore termico
 ■ (N+I)before
 ■ (N+I)after



Tab. A.2 - Statistica del degradamento della RLP per il punto P1.

Canale	RLP _{before}	RLP _{after}	RLP _{loss}
21	89%	0%	89%
22	100%	29%	71%
23	86%	0%	86%
26	100%	36%	64%
27	94%	0%	94%
28	93%	0%	93%
29	47%	0%	47%
30	100%	12%	88%
31	100%	16%	84%
32	100%	7%	93%
33	100%	11%	89%
35	100%	17%	83%
36	96%	0%	96%
38	100%	2%	98%
39	100%	30%	70%
40	100%	16%	84%
41	98%	1%	97%
42	99%	1%	98%
43	100%	21%	79%
44	100%	2%	98%
45	91%	1%	90%
46	98%	1%	97%
47	100%	19%	81%
48	100%	14%	86%
49	97%	1%	96%
50	91%	0%	91%
51	100%	19%	81%
52	94%	2%	92%
56	100%	10%	90%
60	100%	1%	99%

BIBLIOGRAFIA

1. D. Milanesio, B. Sacco, V. Sardella: LTE e DTT: Effetti dei segnali per la telefonia mobile di 4a generazione sugli attuali impianti d'antenna televisivi, *Elettronica e Telecomunicazioni*, n° 3, dicembre 2011, <http://www.crit.rai.it/eletel/2011-3/113-6.pdf>.
2. A. De Vita, D. Milanesio, B. Sacco, A. Scotti: LTE e impianti di ricezione TV: Possibili tecniche di mitigazione delle interferenze, *Elettronica e Telecomunicazioni*, n° 2, agosto 2013, <http://www.crit.rai.it/eletel/2013-2/132-3.pdf>.
3. ITU Doc. 6A/166, WP5D: Liaison statement to Joint Task Group 4-5-6-7. Sharing parameters for WRC-15 agenda item 1.2.
4. Y. Okumura, E. Ohmohri, T. Kawano and K. Fukada, "Field strength and its variability in VHF and UHF land-mobile radio service," *Review of the Electrical Communication Laboratories*, vol. 16, no. 9-10, pp. 825-873, settembre 1968.
5. M. Hata, "Empirical formula for propagation loss in land mobile radio services," *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, vol. 29, no. 3, pp. 317-325, agosto 1980.
6. Recommendation ITU-R P.1546-4, "Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3000 MHz," ottobre 2009.
7. CEI 100-7: Guida per l'applicazione delle Norme sugli impianti di ricezione televisiva, febbraio 2013.
8. ITU-R BT.1895: Protection criteria for terrestrial broadcasting systems, maggio 2011.
9. ITU-R BT.2265: Guidelines for the assessment of interference into the broadcasting service, novembre 2012.
10. ITU-R BT.2252: Objective quality coverage assessment of digital terrestrial television broadcasting signals of Systems A and B, agosto 2012.
11. C. Swires: Living with LTE, *Broadband Journal of the SCTE*, Vol. 35, n° 1, febbraio 2013.

Gli acronimi e le sigle si riferiscono ai due articoli che seguono.

In terza colonna è indicato il riferimento al primo o al secondo articolo.

Acronimi e sigle		
4G	4th Generation	
AWG	Arbitrary Waveform Generator	2
BS	Base Station	1-2
CEI	Comitato Elettrotecnico Italiano	1-2
CEPT	Conférence Européenne des Postes et des Télécommunications	1
DTT	Digital Terrestrial Television	1-2
DVB	Digital Video Broadcasting	1-2
EPT	Effective Protection Target	1
ERP	Effective radiated power	1
ITU	International Telecommunications Union	1-2
KML	Keyhole Markup Language	1
LTE	Long Term Evolution	1-2
QEF	Quasi Error Free	1
QoS	Quality of Service	1
RLP	Reception Location Probability	1
SAW	Surface Acoustic Wave	2
SEAMCAT	Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool	1
TVWS	TV White Space	1
UHF	Ultra High Frequency	1-2
WRC	World Radiocommunication Conference	1-2