

Il Rumore in HF



by i5WHC
i5-whc@libero.it

Chi mi conosce bene sa che appartengo a quella categoria di OM, probabilmente in via di estinzione, che definirei “romantica” e per la quale il ruolo del radioamatore sta a mezza strada tra scienza e diletto. Per questo motivo dedico buona parte del mio tempo libero ad osservare e cercare di comprendere i fenomeni fisici legati al mondo della radio e le leggi fisiche che li regolano piuttosto, che dedicarmi all’utilizzo della radio anche se questo rimane poi sempre e comunque l’obiettivo finale.

Ciò deriva probabilmente anche da un aspetto anagrafico che mi colloca di diritto nella fascia degli OM “anziani” avendo conseguito la licenza di radioamatore nei primi anni ‘70 e cioè circa a metà strada del percorso che oggi ci separa da quella che ritengo si possa considerare a buon diritto la “data di nascita” dell’attività radiantistica e che coincide con un evento che di fatto ha cambiato significativamente la storia delle comunicazioni.

Vale la pena ricordarlo, la notte del 27 Novembre 1923 due OM, l’americano Fred Schnell 1MO e il Francese Léon Deloy F8AB, stabilirono il primo contatto radio transoceanico in HF con apparati di “debole potenza” operanti sulla lunghezza d’onda di 103 mt. (2,9 MHz) dimostrando la superiorità delle “onde corte” nei collegamenti a lunga distanza rispetto a quanto fatto alcuni anni prima (1901) da Guglielmo Marconi con l’impiego però di sistemi ad onda lunga e apparati di notevole potenza.



Fig.1 – QSL del 1° QSO transoceanico in HF

Come è capitato spesso nel caso di importanti scoperte scientifiche, anche questo evento fu probabilmente in parte condizionato dal caso, il quale volle che, a novembre del 1923, ci trovassimo esattamente nel bel mezzo della transizione tra il 15° e il 16° ciclo solare (infatti il database del SISLO ci dice che a novembre 1923 fu registrato un SSN pari a 9,5) condizione che probabilmente contribuì a determinare condizioni ideali di propagazione ionosferica per il collegamento DX a 3MHz.

Da notare però che all'epoca questo aspetto era totalmente ignoto in quanto lo studio della ionosfera e la scoperta dell'esistenza degli strati ionizzati, nonché del loro effetto sulla propagazione delle onde elettromagnetiche, era iniziato giusto in quegli anni ^[1].

Fatta questa breve digressione storica introduttiva, vengo all'argomento specifico che vorrei trattare in questo testo, ovvero l'importanza del rumore nei collegamenti radio in HF.

Senza dover scomodare il teorema di Shannon e la teoria dell'informazione, tutti noi sappiamo benissimo, anche solo per esperienza diretta, come la qualità di una comunicazione sia fortemente condizionata dal rumore, pensiamo ad esempio quanto sia difficile riuscire a conversare pacatamente in un ambiente molto rumoroso.

Qualcosa di analogo avviene anche nei nostri ricevitori per cui si può affermare che la qualità e l'intelligibilità di un segnale radio ricevuto non dipende esclusivamente dall'ampiezza (potenza) assoluta del segnale stesso ma piuttosto da quanto questa sovrasta il livello del rumore.

Diretta conseguenza di questa affermazione è che per migliorare la qualità di una comunicazione è possibile agire indifferentemente sul livello del segnale utile (aumentandolo) o sul livello del rumore (diminuendolo).

La sola misura del livello assoluto del segnale ricevuto (es: l'indicazione del S-meter del nostro RX) non è di per se, lo sappiamo bene, una indicazione univoca della qualità della comunicazione, questo a prescindere dal fatto che, come vedremo più avanti, nella maggior parte degli apparati in circolazione la calibrazione del S-meter lasci molto a desiderare. Non di meno tutti noi abbiamo potuto constatare come un S6 in 40 o 80 metri sia un segnalino al limite del comprensibile mentre magari lo stesso S6 in 10 metri sia un segnale perfettamente comprensibile, questo perché, come vedremo, il livello del rumore in 10 metri è mediamente molto più basso di quanto non sia in 40 o in 80.

Per questo motivo al fine di misurare univocamente la qualità di una comunicazione è stato definito il concetto di **"Rapporto Segnale/Rumore"** generalmente indicato dall'acronimo inglese **SNR** (Signal to Noise Ratio) o **S/N**. Tra l'altro chi pratica i sistemi digitali come ad esempio FT8 ha familiarizzato con questa unità di misura visto che in questi modi si usa scambiarsi i rapporti non con S-unit ma con S/N.

$$SNR_{(dB)} = 10 \log_{10} \frac{P_s}{P_n}$$

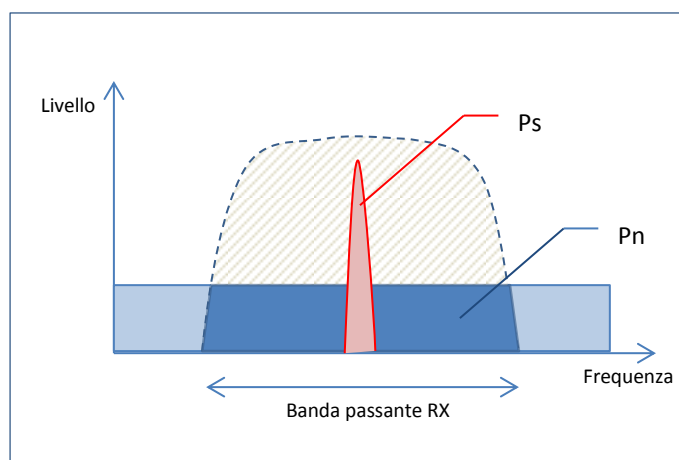


Fig.2 – Definizione di SNR

[1] Nel 1925 fu dimostrata da Edward Appleton la presenza di strati riflettenti nella ionosfera e per questo gli fu assegnato il Nobel per la fisica e successivamente, nel 1929, fu introdotto da Robert Watson Watt il concetto di "ionosfera" e della presenza di singole zone (strati) con differente livello di ionizzazione.

La definizione formale di Rapporto Segnale/Rumore ci dice che il valore di **SNR** è dato dal *“rapporto espresso in dB tra la potenza del segnale ricevuto e la potenza di rumore presente nel canale di comunicazione”*

Una ulteriore osservazione che è importante fare è che il valore di SNR, a parità di potenza del segnale utile e di livello medio del rumore, varia in funzione dalla larghezza di banda del canale di ricezione.

Come appare evidente in fig.2 la potenza del segnale P_s è rappresentata dalla superficie dell'area rossa mentre la potenza del rumore P_n è rappresentata dalla superficie dell'area blu, la cui estensione, nel caso del rumore, è appunto funzione della larghezza di banda del canale di ricezione.

Riducendo la larghezza di banda si riduce la quantità di rumore ricevuto migliorando quindi di conseguenza il SNR con un limite che, ovviamente, è imposto dall'ampiezza dello spettro del segnale utile, ampiezza oltre la quale non possibile restringere ulteriormente il canale di ricezione pena la perdita anche di parte dell'informazione utile.

E' per questo motivo che, con l'impiego dei sistemi di trasmissione digitali che utilizzano sofisticati metodi di codifica della modulazione, unitamente a processi di elaborazione numerica dei segnali (DSP), è possibile utilizzare larghezze di banda estremamente ridotte, dell'ordine di poche decine di Hertz, ottenendo così di conseguenza un incremento significativo del SNR, incremento che può raggiungere valori di oltre 20 dB rispetto al tradizionale canale fonico (2,7KHz) permettendo così di realizzare dei QSO altrimenti impossibili a parità di condizioni.

Appare quindi evidente che il rumore riveste un ruolo determinante nella possibilità di stabilire o meno un collegamento radio ed è proprio per questo motivo che è opportuno cercare di comprenderne meglio tutte le caratteristiche.

Il Rumore elettromagnetico

Nell'ambito delle radiocomunicazioni con il termine “Rumore” (o Noise in inglese) si intende genericamente un insieme di segnali indesiderati che si sommano al segnale utile che arriva all'ingresso del nostro ricevitore deteriorandone l'intelligibilità.

Tali segnali indesiderati che costituiscono il rumore hanno origini e caratteristiche differenti, tra queste possiamo effettuare una prima importante distinzione:

- Rumore di origine INTERNA
- Rumore di origine ESTERNA

Vediamo quali sono le differenze.

Rumore di origine INTERNA

Il rumore di origine interna è il rumore che si genera all'interno del ricevitore ed è classificabile come rumore termico (rumore di Johnson) in quanto è generato dall'agitazione termica degli elettroni all'interno della materia.

L'esistenza e la natura del rumore termico è stata teorizzata per la prima volta da Johnson e Nyquist nel 1926. E' stato inoltre dimostrato, nell'ambito della meccanica quantistica, che la densità spettrale del rumore termico risulta praticamente costante fino a frequenze minori del valore F_{lim} risultante dalla seguente relazione per poi tendere a zero:

$$F_{lim} = \frac{K * T}{10 * h}$$

Dove:

F_{lim} = Frequenza limite in Hz oltre la quale la densità spettrale del rumore non è più costante

K = Costante di Boltzmann ($1,38 \cdot 10^{-23}$ Joule/K)

T = Temperatura assoluta espressa in gradi Kelvin ($300 \text{ K} = 27^\circ\text{C}$)

h = Costante di Planck ($6,62 \cdot 10^{-34}$ Joule/sec)

Tale valore di frequenza, alla temperatura ambiente di 27°C pari a circa 300 K , risulta essere pari a circa **600Ghz** frequenza molto al di sopra di quella a cui gran parte dei componenti elettronici tradizionali hanno già smesso di funzionare e quindi, nella pratica, si può ragionevolmente considerare che la densità spettrale del rumore termico sia costante a tutte le frequenze. E' per questo motivo che il rumore termico è noto anche come "rumore bianco" dal colore della luce che l'occhio umano percepisce quando sono presenti tutte le componenti spettrali di colore della banda ottica a pari intensità.

Qualsiasi dispositivo elettrico quindi, anche se non percorso da corrente, produce rumore termico con le caratteristiche appena descritte a causa del movimento delle cariche al suo interno e il cui livello di potenza dipende esclusivamente dalla temperatura del dispositivo stesso secondo la relazione:

$$P_n = KTB$$

Dove:

P_n = Potenza di rumore espressa in W

K = Costante di Boltzmann ($1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K)

T = Temperatura assoluta espressa in gradi Kelvin ($300 \text{ K} = 27^\circ\text{C}$)

B = Banda passante espressa in Hz

Dalla precedente relazione appare una interessante e fondamentale caratteristica del rumore termico P_n e cioè che il livello di potenza del rumore non dipende dal valore di resistenza del dispositivo. Dispositivi con diverso valore resistivo ma che si trovino alla stessa temperatura fisica sono soggetti allo stesso livello di potenza di rumore (termico).

Il rumore termico rappresenta quindi un limite intrinseco dei circuiti elettronici al di sotto del quale non è possibile scendere.

Facendo il caso di un ricevitore ideale con una larghezza di banda tipica di **2,7KHz** a **27°C** il valore di P_n è quindi pari a:

$$P_n = 1,38 * 10^{-23} * 300 * 2700 = 1,118 * 10^{-14} \text{ mW}$$

Esprimendo per comodità il valore di P_n in **dBm** equivale a :

$$P_{n(\text{dBm})} = 10 \log_{10} P_{n(\text{mW})} = -140 \text{ dBm}$$

Il valore di **-140dBm** rappresenta il limite teorico al di sotto del quale un ricevitore ideale con 2,7KHz di banda passante, non è in grado di decodificare un segnale. Nella realtà questo limite è generalmente superiore in quanto i componenti attivi presenti nel ricevitore producono un ulteriore incremento del rumore di fondo.

Si definisce infatti “cifra di rumore” (**NF** Noise Figure) di un ricevitore reale il valore espresso in dB dell’incremento della soglia di rumore del ricevitore stesso rispetto al valore teorico (KTB), incremento causato dalle caratteristiche fisiche dei circuiti di ingresso.

Una puntuale descrizione del comportamento reale di un ricevitore è riportata nell’ottimo articolo [“sensibilità di un ricevitore”](#) di Rossano IZ5TEK.

Peraltro, come vedremo più avanti, la soglia di **-140 dBm** è un livello talmente basso da potersi considerare assolutamente trascurabile nell’impiego normale di un ricevitore in HF, mentre diverso è il discorso per le frequenze più elevate.

In alcuni ambiti, come ad esempio la radioastronomia, dove si impiegano sistemi riceventi con bassissima cifra di rumore, come nel caso dei radiotelescopi, si usa spesso indicare per un sistema radioricevente non il valore **NF** (Cifra di rumore o Noise Figure) ma piuttosto il suo equivalente parametro di **“Temperatura equivalente di rumore T_e ”** ovvero la temperatura teorica in gradi Kelvin che dovrebbe avere un resistore per generare un rumore termico di potenza pari a quella rilevata in ingresso dal ricevitore.

Tornando all’esempio del nostro ricevitore reale la cui soglia di rumore supponiamo possa essere **-133dBm** (cioè 7dB sopra il limite teorico di -140dBm) dire che il ricevitore in oggetto ha una **NF** di **7dB** o dire che ha una **T_e** di **1345 K** è esattamente la stessa cosa.

Vedremo nel paragrafo successivo come la cifra di rumore di un ricevitore sia un parametro importante per stabilirne le prestazioni solo se lo stesso è impiegato per ricevere segnali in un ambito tale in cui il livello di rumore dominante sia solo il rumore “Interno” ovvero, detto in altre parole, quando il rumore “Esterno” sia ad un livello inferiore a quello interno; posso già anticipare che questo non è il caso delle HF (e in buona parte anche delle VHF) e vedremo più avanti per quale motivo.

Rumore di origine ESTERNA

Sarà capitato a tutti di notare come, soprattutto in HF, collegando l’antenna al ricevitore, sintonizzato su una frequenza apparentemente libera, il livello di rumore aumenti, in qualche caso anche significativamente; questo avviene perché al rumore “Interno” del ricevitore si va ad aggiungere il rumore di origine “Esterna” che captato dall’antenna, alla stessa stregua di un segnale utile, raggiunge l’ingresso del ricevitore.

Esistono sostanzialmente tre tipologie di rumore “Esterno” classificabili in base alla loro origine, le prime due sono di origine naturale:

- Rumore Galattico (Galatic Noise)
- Rumore Atmosferico (Atmosferic Noise)

Mentre la terza è di origine artificiale:

- Rumore Elettromagnetico Artificiale (Man-Made Noise)

Rumore Galattico (Galatic Noise)

Il Rumore Galattico è sostanzialmente un rumore termico che ha origine nei corpi celesti presenti nello spazio interplanetario. La scoperta della presenza del rumore galattico emesso dai corpi celesti è relativamente recente e coincide con la nascita della radioastronomia. La scoperta è attribuita al fisico statunitense Karl Jansky che nel 1931 scoprì che i corpi celesti emettono onde elettromagnetiche. Successivamente fu scoperto anche che esiste una radiazione cosmica di fondo, il cui livello è comunque estremamente basso, non riconducibile a singoli corpi celesti o costellazioni (**CMBR** dall'inglese *Cosmic Microwave Background Radiation*)^[2] detta anche radiazione di sincrotrone, è la radiazione elettromagnetica che permea l'universo e che gli scienziati ipotizzano sia una conseguenza del Big Bang.

A causa dell'effetto di "schermo" esercitato dalla ionosfera terrestre la presenza del rumore galattico può essere rilevata, sulla terra, solo al di sopra della frequenza critica degli strati F1 e F2 della ionosfera terrestre e, a causa della debole intensità, è discriminabile rispetto ad altre sorgenti di rumore solo con l'impiego di antenne direttive a fascio molto stretto e lobi secondari estremamente ridotti per eliminare i contributi dovuti ad altre forme di rumore provenienti dalla superficie terrestre.

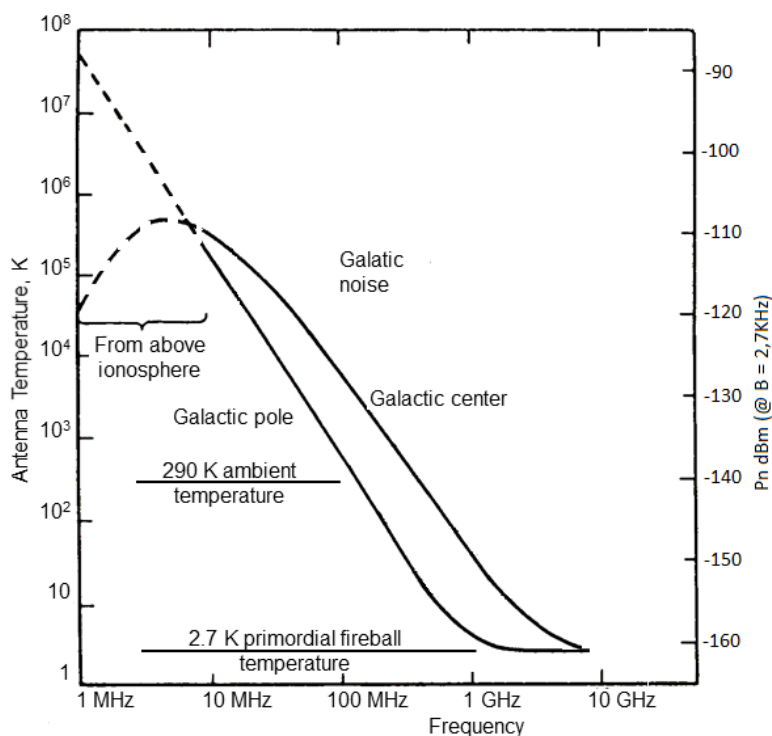


Fig.3 – Galactic Noise

Per questi motivi, di norma, il rumore galattico non è particolarmente dannoso per le comunicazioni terrestri se non a frequenze superiori ai 15-20 Mhz ed in particolari condizioni.

Lo sa bene ad esempio chi ha fatto esperienze di traffico EME in VHF/UHF in quanto il rumore galattico proveniente da determinati corpi celesti può essere utilizzato per "testare" le performance dei sistemi di antenna e dei relativi LNA (low noise amplifier).

[2] La CMBR fu scoperta nel 1964 dagli astronomi statunitensi Arno Penzias e Robert Woodrow Wilson scoperta per la quale conseguirono il Premio Nobel per la fisica nel 1978.

Rumore Atmosferico (Atmospheric Noise)

Il rumore atmosferico è un rumore di origine naturale che si genera e si propaga all'interno della "cavità ionosferica" cioè la fascia di spazio compresa tra la superficie terrestre e il limite superiore della ionosfera (circa 400-500Km di altezza).

La distribuzione spettrale del rumore atmosferico copre quasi totalmente lo spettro elettromagnetico compreso tra le VLF e le VHF (10Khz – 300Mhz) ma la densità spettrale non è costante ed è massima alle frequenze più basse e decresce rapidamente all'aumentare della frequenza.

I fulmini sono la principale fonte di energia che contribuisce a generare il rumore atmosferico; si stima che ogni giorno si abbattano sulla terra diversi milioni di fulmini con una media di 100 scariche al secondo.

Si stima anche che l'energia totale rilasciata sia enorme, nell'ordine di $3 \cdot 10^{12}$ KW/h, un'enormità se si considera che la produzione mondiale di energia elettrica nel 2019 è stata pari a circa $150 \cdot 10^{12}$ KW/h.

Circa un decimo dell'energia rilasciata dai fulmini viene irradiata come energia elettromagnetica che si propaga all'interno della cavità ionosferica raggiungendo ogni parte del globo secondo le leggi della propagazione ionosferica.

Lo studio del rumore atmosferico si è sviluppato parallelamente agli studi sulla propagazione ionosferica per l'impatto che esso ha avuto sin dall'inizio per le comunicazioni radio nelle bande LF/MF/HF e da subito si è compreso come la propagazione del rumore atmosferico seguisse le stesse regole della propagazione ionosferica dei segnali radio.

Di conseguenza il livello del rumore atmosferico non è costante ma varia in funzione della frequenza, delle condizioni di propagazione, e della posizione geografica in cui ci troviamo.

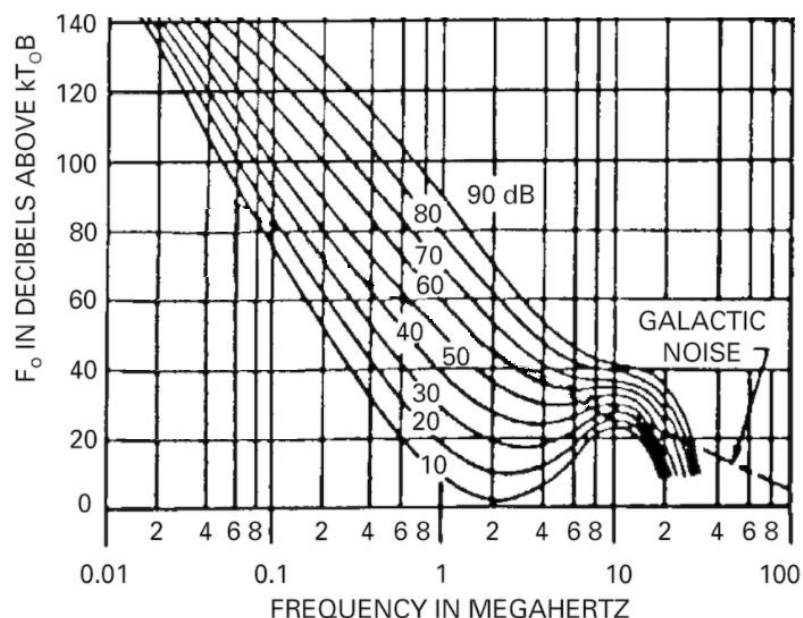


Fig. 3 - Rumore Atmosferico – fonte CCIR-322

Nel 1960 il CCIR (l'attuale ITU) promosse una campagna di misure a livello mondiale dando il maggior contributo alla conoscenza del rumore atmosferico e redigendo nel 1963 un rapporto completo ([CCIR n.322](#)) sulle caratteristiche e sulla distribuzione del rumore atmosferico a livello mondiale.

La famiglia di curve riportate in fig.3, e tratte dal report CCIR-322, rappresentano l'andamento medio del rumore atmosferico alle varie latitudini in funzione della frequenza, del periodo stagionale e dell'orario.

Nella figura le curve che indicano livelli più alti di rumore sono da associare prevalentemente alle zone equatoriali mentre i livelli più bassi sono relativi prevalentemente alle zone polari anche se per una corretta interpretazione del dato è opportuno far riferimento a quanto riportato nel report CCIR-322.

Ad ogni modo, come già detto, il livello del rumore varia anche in funzione delle condizioni di propagazione e quindi vi sono variazioni giornaliere e stagionali dei livelli di rumore. Nel report CCIR-322 sono riportati diagrammi e mappe stagionali relative alle varie fasce orarie e, a titolo di esempio, in fig.4 è riportata la mappa tratta dal report e relativa ai livelli di rumore alla frequenza di riferimento di 1MHz nella fascia oraria 20:00-24:00 in primavera.

Nelle pagine successive riprenderò l'argomento con una analisi puntuale di dettaglio dei dati estratti dal report e focalizzati sulle nostre latitudini

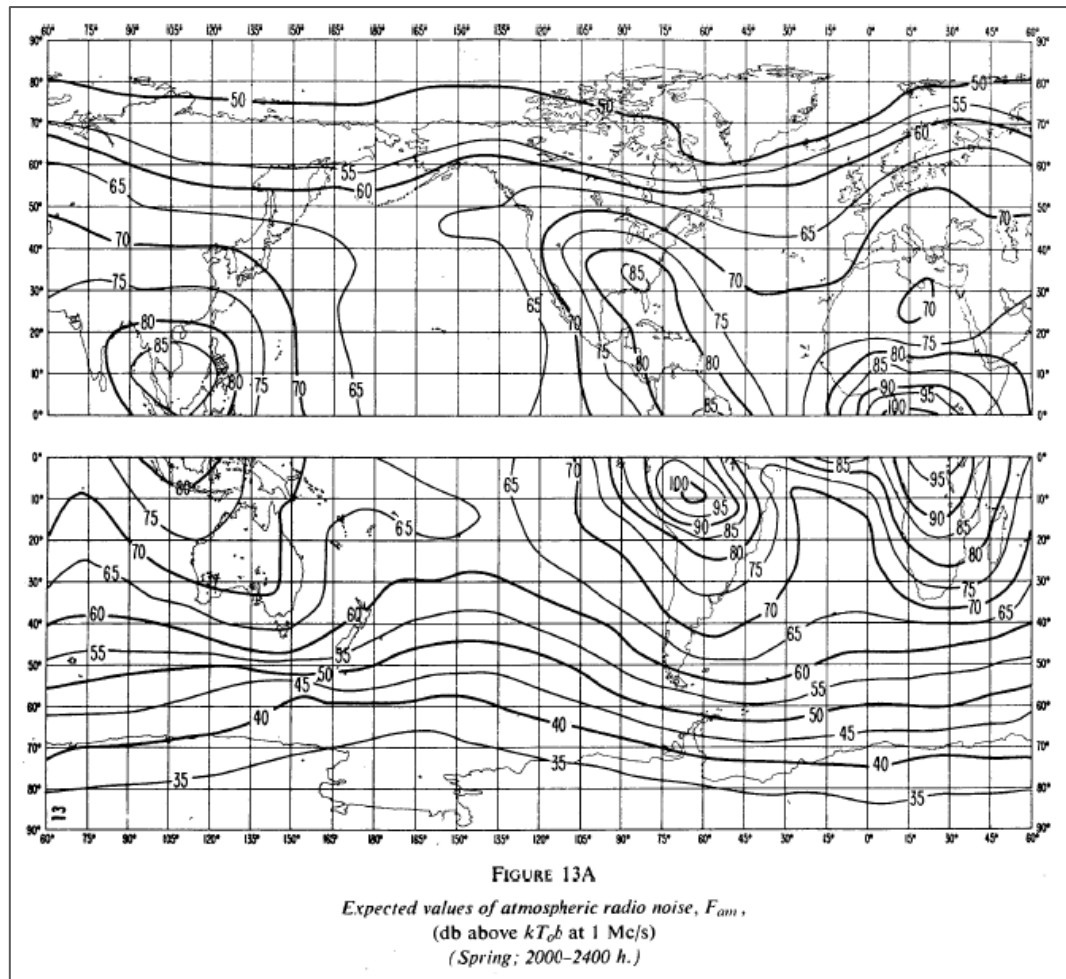


Fig.4 Mappa del Rumore Atmosferico – fonte CCIR-322

Dall'esame di questi dati è possibile fare alcune considerazioni che confermano peraltro quanto tutti noi abbiamo spesso osservato empiricamente.

Per quanto vi sia una variazione molto marcata del livello del rumore atmosferico in funzione della posizione geografica e dell'orario, osservando l'andamento delle curve di fig.3 nella fascia 3-30 MHz (HF), possiamo comunque notare come l'escursione sia maggiore nella fascia più bassa di frequenza (tra 3 e 10

MHz), questo è dovuto al fatto che in orario diurno la forte attenuazione introdotta dallo strato D della ionosfera, a queste frequenze, fa sì che di giorno la propagazione del rumore atmosferico sia minore rispetto alla notte sulla parte bassa delle HF.

L'altra osservazione che possiamo fare è come, al di sopra di 20MHz, il livello del rumore atmosferico scenda rapidamente e anche questo fenomeno è da mettere in relazione con il fatto che nei periodi di attività solare media la propagazione ionosferica dei segnali oltre i 20MHz non sia sempre garantita.

In ogni caso possiamo notare come il livello medio del rumore atmosferico nello spettro delle HF può variare da un minimo di 20dB fino ad un massimo anche di 60-70dB sopra la soglia di sensibilità minima teorica di un ricevitore (che abbiamo visto essere intorno a -140 dBm) e che il livello del rumore è maggiore quando la propagazione è "aperta" e minore quando è "chiusa".

Come anticipato sopra questo ci permette di dire che in HF la sensibilità minima di un ricevitore non è un fattore così determinante per una buona ricezione, questo perché anche nelle condizioni migliori il rumore esterno sarà sempre molto superiore al rumore interno del ricevitore.

Rumore Elettromagnetico Artificiale (Man-Made Noise)

Oltre il rumore di origine naturale vi sono altre sorgenti di rumore elettromagnetico generato dalle attività umane. La presenza ed il livello del rumore di origine artificiale sono andati via via crescendo di pari passo con lo sviluppo industriale e tecnologico ed in particolare in questi ultimi anni.

Le tipologie e le caratteristiche del rumore artificiale differiscono, in funzione della loro origine, per energia, frequenza, distribuzione temporale e spaziale.

Le principali fonti sono le linee elettriche ad alta tensione, gli impianti industriali, i sistemi di radiocomunicazione, i sistemi di accensione di autoveicoli e motoveicoli, i sistemi di saldatura ad arco, le macchine elettriche rotanti, le lampade fluorescenti, ecc. ma, soprattutto negli ultimi anni, la diffusione capillare di impianti di telefonia mobile, dispositivi elettronici per uso domestico in tecnologia digitale come TV, monitor, PC e non ultimo, la grande diffusione delle linee di trasmissione dati in tecnologia xDSL nonché dei sistemi di illuminazione a LED con l'impiego di alimentatori switching, hanno dato un grande contributo all'aumento del rumore artificiale (man-made noise).

Le caratteristiche del rumore generato da tutte queste sorgenti sono le più diverse e difficilmente prevedibili, con la più ampia gamma di intensità. Può trattarsi di rumore a banda larga, banda stretta, rumore impulsivo, instabile, casuale o bianco, con livelli molto variabili nel tempo. Il suo livello può variare tra estremamente alto se vicino ad una sorgente o essere prossimo a zero in una località remota rispetto alla sorgente. In altre parole, è estremamente imprevedibile.

Solo un accenno ad un fenomeno particolare, **Rusty Bolt PIM** (letteralmente *Intermodulazione Passiva da "Bullone Arrugginito"*) che è stato studiato a fondo solo di recente in quanto spesso affligge gli impianti di telefonia mobile. Il fenomeno noto come Rusty Bolt PIM si determina in prossimità di antenne trasmettenti dove siano presenti più campi EM di livello elevato (è il caso delle stazioni radio base di telefonia mobile ma anche di stazioni radio e TV) campi che possono interessare strutture metalliche che presentino ossidazioni e poste nelle immediate vicinanze dell'antenna (ma il fenomeno può anche avvenire all'interno

dell'antenna stessa), soprattutto nel caso di strutture metalliche in cui siano in contatto tra loro metalli diversi.

L'ossidazione nel punto di contatto, dal punto di vista elettrico, crea una "giunzione" (come quella di un diodo) che avendo una caratteristica elettrica non lineare agisce come un "mixer" generando prodotti di intermodulazione che vengono reirradiati.

Il livello è generalmente basso ma se ciò accade in prossimità della nostra antenna ricevente non si può escludere che qualche prodotto di intermodulazione (vedi fig.8) possa arrivare ad interessare anche il nostro ricevitore.

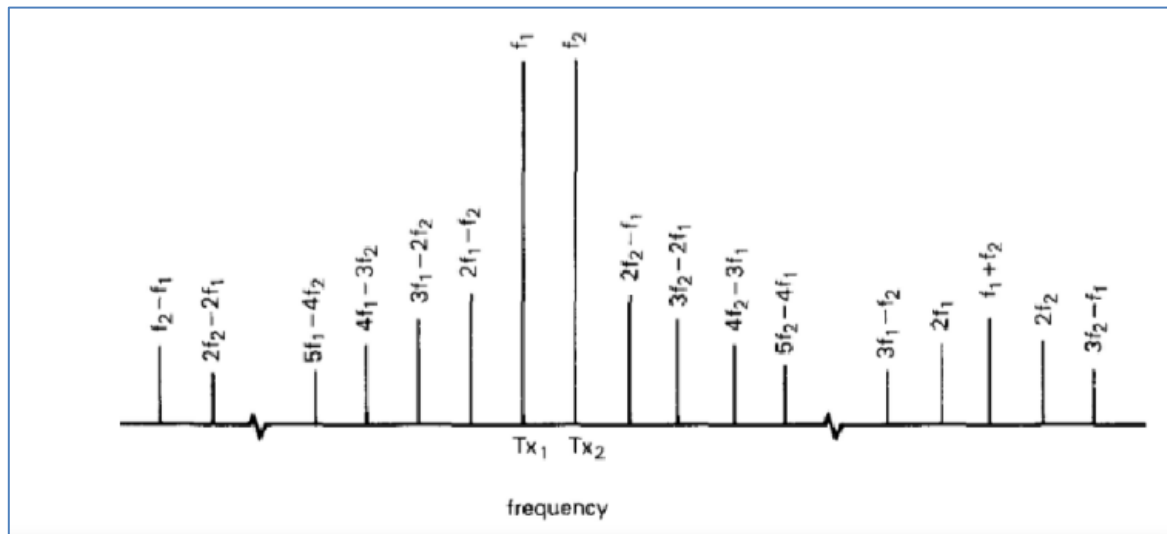


Fig.8 – Prodotti di intermodulazione tra due segnali

Come per il rumore atmosferico anche per il rumore artificiale sono stati condotti studi scientifici per determinarne l'impatto sulle radiocomunicazioni e nel 1990 ITU ha redatto un rapporto (CCIR-258-5) nel quale si definiscono 4 diverse tipologie di macro aree di riferimento per la determinazione dei livelli di rumore elettromagnetico artificiale :

- **Business Area** – Aree densamente popolate dove vengono svolte attività industriali e commerciali con presenza di impianti di produzione e distribuzione di energia elettrica e in prossimità di reti ferroviarie
- **Residential Area** – Aree densamente popolate con prevalente presenza di edifici residenziali e dove vengono svolte attività prevalentemente di tipo domestico e commerciale
- **Rural Area** – Aree scarsamente popolate con edifici sparsi o raggruppati in piccoli gruppi dove vengono svolte attività agricole e piccole attività commerciali
- **Quiet Rural Area** – Aree non popolate senza la presenza di insediamenti umani nelle vicinanze (regioni montuose, grandi foreste, deserti, regioni polari, ecc.)

Per ciascuna di queste tipologie sono state condotte campagne di misurazione per rilevare i livelli medi del rumore artificiale i cui risultati aggiornati sono riportati nel report ITU-R P372 da cui è estratto il grafico di fig.5 e la tabella di fig.6

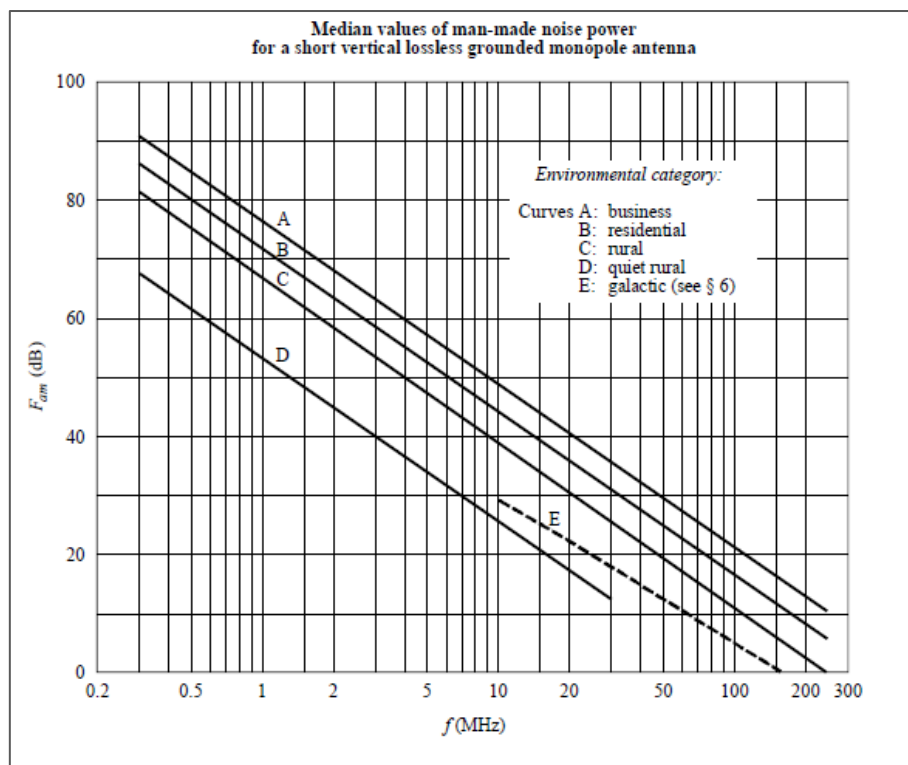


Fig.5 - Valori medi del rumore artificiale (man-made noise) fonte ITU-R P372

I grafici di fig.5 ci mostrano i valori medi riscontrati per le macro aree definite nel report mentre la tabella di fig.6 ci dice, per ciascuna tipologia di macro area quanto il livello del rumore può variare in più o in meno nel tempo e tra località diverse appartenenti ad una stessa tipologia.

Values of decile deviations of man-made noise			
Category	Decile	Variation with time (dB)	Variation with location (dB)
Business	Upper	11.0	8.4
	Lower	6.7	8.4
Residential	Upper	10.6	5.8
	Lower	5.3	5.8
Rural	Upper	9.2	6.8
	Lower	4.6	6.8

Fig.6 - Massima escursione del rumore artificiale rispetto al valore medio - fonte ITU-R P372

Per meglio interpretare questi valori proviamo a fare un esempio:

Supponiamo di avere il solito ricevitore con $B = 2,7\text{KHz}$ sintonizzato sulla banda dei 40m. (7Mhz) e di abitare in una zona residenziale (curva B), il diagramma di fig.5 ci dice che il valore medio del rumore artificiale dovrebbe aggirarsi intorno a -92dBm (ben 48 dB sopra alla soglia di -140dBm) con una variabilità statistica che può portare il rumore a scendere di 11 dB fino a -103dBm nelle condizioni migliori, o a salire di 16,4dB fino a raggiungere il livello di -75,6dbm nelle condizioni peggiori in funzione della località e dell'orario.

Se traduciamo questi valori in “S-unit” del nostro ricevitore, ammesso che l’indicazione del nostro S-meter sia attendibile (caso estremamente raro), avremmo un rumore che può andare da un S4 ad un S8/9.

S-reading	HF $\mu V (50\Omega)$	Ref. dBm	FT 100 dBm	TS 870 dBm
Fondo			-140	-140
S1	0,2	-121	-108	-107
S2	0,4	-115	-106	-105
S3	0,8	-109	-105	-103
S4	1,6	-103	-104	-100
S5	3,1	-97	-103	-96
S6	6,3	-91	-101	-91
S7	12,6	-85	-99	-82
S8	25,1	-79	-94	-70
S9	50,2	-73	-86	-55
S9+10dB	160,0	-63		-47
S9+20dB	500,0	-53	-72	-42

IARU Region 1 Technical Recommendation R.1

The International Amateur Radio Union (IARU) Region 1 agreed on a technical recommendation for S Meter calibration for HF and VHF/UHF transceivers in 1981.

IARU Region 1 Technical Recommendation R.1 defines S9 for the HF bands to be a receiver input power of **-73 dBm**. This is a level of 50 microvolts at the receiver's antenna input **assuming** the input impedance of the receiver is 50 ohms.

For VHF bands the recommendation defines S9 to be a receiver input power of **-93 dBm**. This is the equivalent of 5 microvolts in 50 ohms.

The recommendation defines a difference of one S-unit corresponds to a difference of 6 decibels (dB), equivalent to a voltage ratio of two, or power ratio of four.

Signals stronger than S9 are given with an additional dB rating, thus "S9 + 20dB", or, verbally, "20 decibels over S9".

Fig.7 – Tabella di corrispondenza tra “S-Unit” e livello di potenza in dBm

A sostegno di quanto affermato circa la lettura del S-meter riporto in fig.7 a titolo di esempio una tabella comparativa della corrispondenza dei valori della scala “S” con i valori in dBm così come definiti nelle raccomandazioni tecniche del IARU reg.1 confrontati con i valori misurati strumentalmente in laboratorio su due apparati commerciali.

Come si può notare vi sono scostamenti significativi rispetto ai valori di riferimento tali da non poter certo considerare attendibile l’indicazione del S-meter per valutare l’intensità reale di un segnale o del rumore. Nell’esempio riportato tra un S9 indicato dal Yaesu FT100 e un S9 indicato dal TS870 ci sono ben 29dB di differenza ed entrambi sono abbastanza lontani dal valore nominale previsto dalle raccomandazioni IARU, l’S9 del FT100 è in realtà un S7 mentre quello del TS870 è quasi un S9+20.

Da quanto mi risulta l’unico costruttore di apparati che garantisca una taratura del S-meter conforme allo standard IARU è Elecraft che offre anche un dispositivo per la verifica ([Elecraft XG3 signal source](#)) decisamente più economico della strumentazione da laboratorio necessaria per misure di questo tipo.

Torniamo però al nostro rumore, i dati del report ITU-R P372 devono essere considerati come riferimento medio per valutarne l’ordine di grandezza, l’effettivo livello di rumore in una singola località e in un determinato momento può essere valutato solo con una misurazione specifica.

Quello che però si può affermare è che, soprattutto in area urbana, la situazione può essere anche peggiore di quanto riportato nel report e spesso i valori misurati stanno nella fascia più alta del range se non addirittura oltre.

Cercando in rete si trovano molti report relativi a campagne, anche recenti, di misurazione del rumore, ne cito uno prodotto dall'associazione degli OM olandesi VERON e presentato nel 2019 a Vienna al meeting IARU reg.1 che mi pare decisamente interessante:

(<https://vienna.iaru-r1.org/wp-content/uploads/2019/03/VIE19-C7-007-VERON-Noise-Floor-Measurements.pdf>).

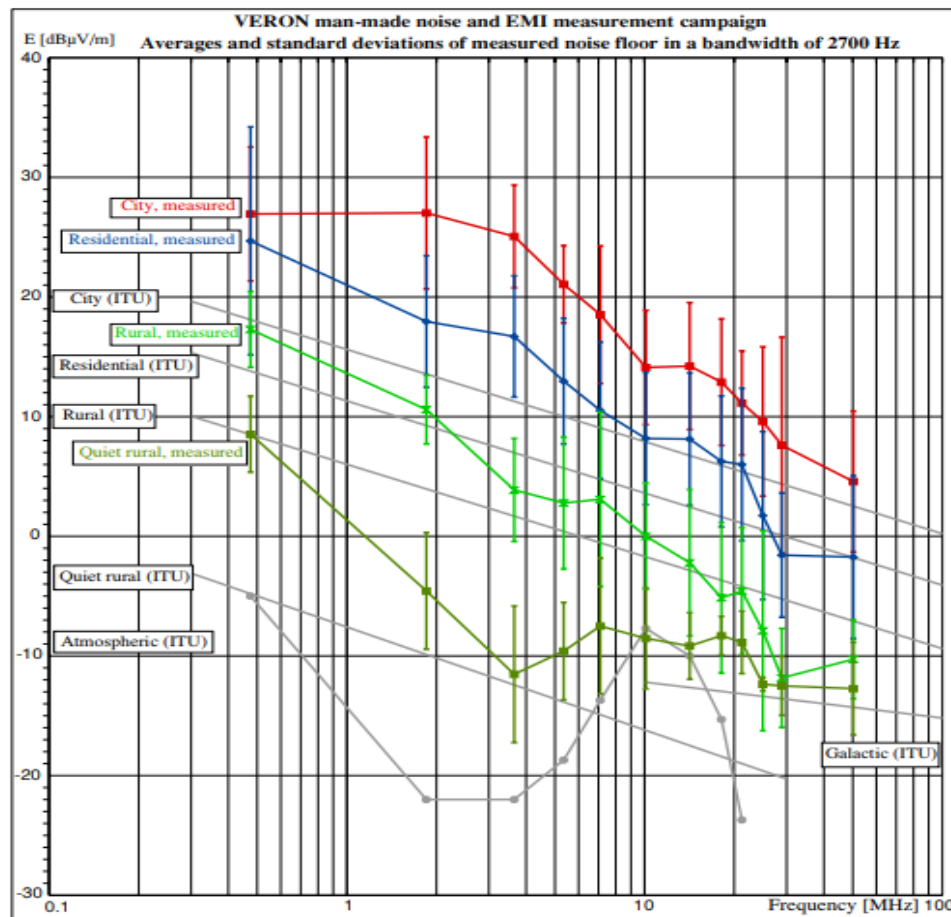


Fig.8

Le misure effettuate in Olanda mostrano un livello di rumore artificiale mediamente molto più alto di quanto riportato nel report ITU.

In fig.8 è riportato un grafico estratto dal documento VERON che raffronta i valori misurati (linee colorate) con quelli del report ITU (linee grigie). E' lecito ipotizzare che anche da noi, e soprattutto in città, la situazione non sia molto diversa.

Alla luce di quanto fino a qui esposto appare evidente che il rumore artificiale rappresenta un problema che, soprattutto per chi abita in città, può condizionare significativamente l'attività in HF soprattutto nelle gamme "basse", problema che purtroppo nella maggior parte dei casi non è possibile eliminare.

In questo periodo di scarsa attività solare oltretutto i segnali DX sono mediamente bassi e questo rende il l'effetto del rumore ancora più marcato; avere 10db di rumore in più significa perdere una gran quantità di segnali che altrimenti sarebbero ascoltabili e abbiamo visto che in qualche caso il livello potrebbe essere anche ben maggiore.

Strategie per combattere il rumore

Come appare evidente da quanto fin qui esposto, nella stragrande maggioranza dei casi, il livello dominante del rumore è quello di origine artificiale nei confronti del quale purtroppo non abbiamo grandi strategie per poterlo combattere.

I dispositivi di riduzione del rumore come il “Noise Blanker” agiscono solo su particolari tipologie di rumore come il rumore impulsivo ma soprattutto sui segnali deboli il contributo che possono dare è abbastanza limitato.

Qualche vantaggio lo si può ottenere con l’impiego di antenne direttive ma solo nel caso che il rumore provenga da una specifica direzione e a patto che la sorgente non si trovi nell’area di “campo vicino”^[3] dell’antenna stessa, ovviamente se il rumore arriva dalla stessa direzione del segnale utile anche l’antenna direttiva può far poco.

Qualche vantaggio si può ottenere utilizzando antenne separate per RX e TX utilizzando in ricezione antenne con un buon valore di Relative Directivity Factor (RDF) come ad esempio una Beverage; questo argomento è trattato in un interessante articolo “How Low-noise Receiving Antennas really work” pubblicato da Tom Rauch W8JI sul suo sito (<http://www.w8ji.com/receiving.htm>) ma è una soluzione difficilmente realizzabile in area urbana.

In casi particolari può essere utile provare ad utilizzare un dispositivo di cancellazione del rumore a livello RF come quello realizzato da DK9NL (X-fase QRM Eliminator) utile soprattutto quando la sorgente di rumore è una sorgente locale e sia possibile far in modo che l’antenna secondaria del dispositivo capti il rumore ma non il segnale utile.

Considerazioni finali

Ora che abbiamo analizzato e compreso le caratteristiche e la tipologia del rumore proviamo ad applicare in pratica queste nozioni per cercare di stabilire quali sono i livelli di rumore che ci possiamo attendere di riscontrare all’ingresso del nostro ricevitore.

Come abbiamo visto sopra, nell’intero spettro delle HF, ci possiamo permettere di trascurare totalmente il contributo dovuto al rumore interno (rumore termico) del nostro ricevitore in quanto i livelli di rumore esterno sono di gran lunga più elevati.

Abbiamo anche visto come il contributo del rumore artificiale (Man-Made Noise) è difficilmente determinabile a causa della sua assoluta imprevedibilità anche se sappiamo che in certe condizioni può raggiungere livelli tali da essere il principale limite alla ricezione dei segnali più deboli.

Quello che possiamo quindi determinare con una certa attendibilità sono i livelli di rumore naturale (rumore atmosferico) che ci possiamo attendere nelle varie condizioni e che di fatto in HF rappresenta la soglia inferiore al di sotto della quale non è possibile scendere; questi valori ci permetteranno poi, per differenza, di poter stabilire se, e quanto, il nostro QTH sia afflitto anche da rumore artificiale.

[3] Si definisce Area o regione di Campo Vicino Reattivo (Reactive Near Field) lo spazio nelle immediate vicinanze di un’antenna, spazio in cui non esiste una correlazione definita tra campo elettrico E e campo magnetico H, i campi elettrico e magnetico non sono in fase nel tempo, il rapporto fra le ampiezze dei campi elettrico e magnetico non è una quantità costante e prevale la componente reattiva, l’area di campo vicino reattivo si estende dalla superficie dell’elemento radiante fino ad una distanza pari a $0,62 \sqrt{D^3/\lambda}$ dove D rappresenta la dimensione fisica massima dell’antenna

Partendo dai dati riportati nel report CCIR-322 ho estratto e sintetizzato le informazioni relative alla nostra posizione geografica (Lat.43°N e Long 10°E) nelle gamme di frequenza di nostro interesse ottenendo il grafico di fig.9 che riporta l'andamento dei livelli minimo (linea rossa) e massimo (linea azzurra) del rumore atmosferico che su base statistica ci possiamo attendere nelle nostre zone.

Sempre sul grafico di fig.9 sono riportati poi (linee tratteggiate) i valori medi di riferimento del rumore artificiale (man-made noise) così come indicati dal report ITUR-P372 relativamente agli ambiti Business, Residential e Rural, inoltre è riportato anche il rumore galattico limitatamente al range 10-28Mhz in quanto, come già detto, nella parte bassa delle HF il rumore galattico non può arrivare in quanto "schermato" dalla ionosfera

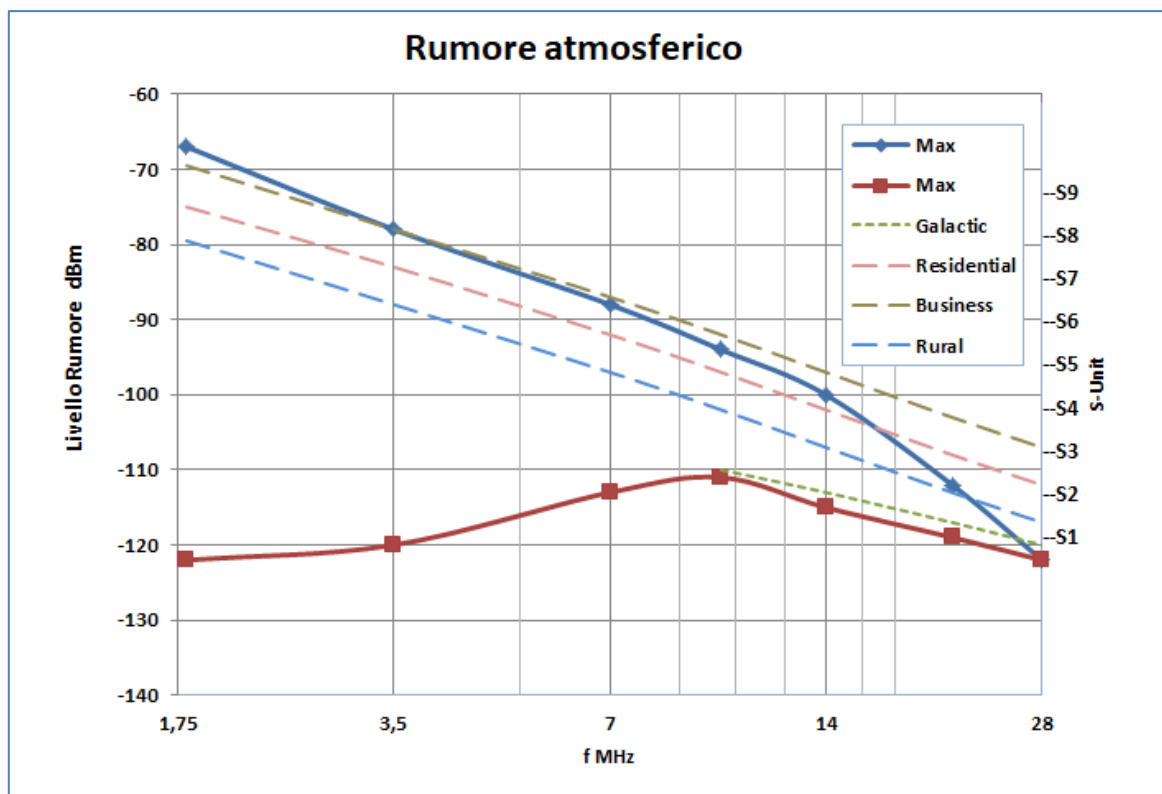


Fig.9 – Livello Minimo e Massimo di rumore atmosferico in HF

Al netto di quanto già detto circa l'affidabilità degli S-meter dei nostri apparati, se disponessimo di un apparato dotato di S-meter calibrato sarebbe abbastanza facile verificare il livello di rumore presente nel nostro QTH ma come già anticipato questa opzione è disponibile solo per i fortunati possessori di un Elecraft.

Per tutti gli altri quello che empiricamente possiamo fare è sfruttare le informazioni statistiche che ci dà il grafico di fig.9 dal quale appare evidente che se ci troviamo in un QTH sufficientemente "pulito" dovremmo poter rilevare la variazione che avviene, su base giornaliera, nel livello del rumore atmosferico.

Ovviamente non ci potremo attendere che il rumore possa scendere ai livelli "teorici" indicati dalla curva in rosso, specialmente nelle bande basse, a patto (forse) di non abitare in un'isola sperduta o sulla cima di una montagna e questo a causa della presenza costante del rumore artificiale.

Quello che è più ragionevole attenderci, se ci troviamo in una zona tranquilla, è di poter vedere una escursione di 1 o 2 punti "S" nel livello del rumore. Purtroppo come abbiamo già visto anche il rumore di

origine artificiale non è costante ed quindi è necessario monitorare per un periodo abbastanza lungo l'andamento del rumore per capire se le eventuali variazioni siano imputabili al rumore atmosferico o ad altro.

Una ulteriore indicazione che può aiutarci a capire l'andamento delle variazioni del rumore ci è data dalla fig. 10 in cui è riportato, sempre su base statistica, l'andamento medio giornaliero del rumore atmosferico alle varie frequenze e su base stagionale.

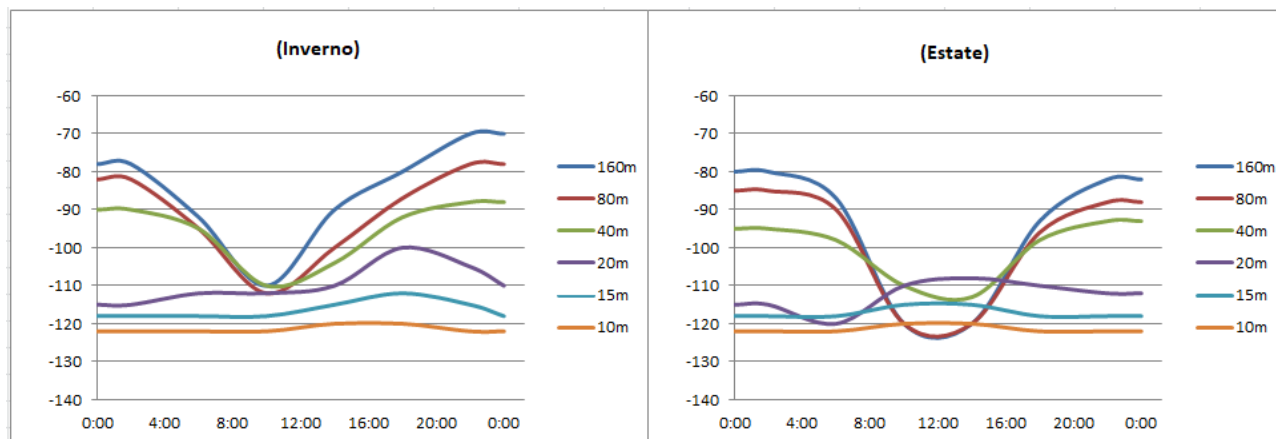


Fig. 10 – Andamento giornaliero del rumore atmosferico

Come già detto il rumore atmosferico propagandosi all'interno della cavità ionosferica segue le leggi della propagazione ionosferica e questo spiega il diverso andamento su base giornaliera e su base stagionale. In particolare per le frequenze al di sotto dei 10 Mhz è molto evidente il calo del livello di rumore nelle ore di "luce" dovuto all'effetto di attenuazione causato dalla presenza dello strato "D" effetto più marcato in estate quando la radiazione solare diurna (fonte di ionizzazione dello strato "D") è presente per un periodo maggiore.

Band		Rural	Residential	Business
160	Day	S7/8 (-81dBm)	S8/9 (-75dBm)	S9+ (-70dBm)
	Night	S9+ (-70dBm)	S9+ (-70dBm)	S9+ (-70dBm)
80	Day	S6/7 (-88dBm)	S7/8 (-82dBm)	S8 (-77dBm)
	Night	S8 (-77dBm)	S8 (-77dBm)	S8 (-77dBm)
40	Day	S5 (-98dBm)	S6 (-92dBm)	S6/7 (-87dBm)
	Night	S6/7 (-87dBm)	S6/7 (-87dBm)	S6/7 (-87dBm)
20	Day	S3 (-108dBm)	S4 (-102dBm)	S5 (-97dBm)
	Night	S4/5 (-100dBm)	S4/5 (-100dBm)	S5 (-97dBm)
15	Day	S2 (-114dBm)	S3 (-108dBm)	S4 (-103dBm)
	Night	S1/2 (-118dBm)	S3 (-108dBm)	S4 (-103dBm)
10	Day	S1/2 (-118dBm)	S2 (-114dBm)	S3 (-108dBm)
	Night	S1 (-120dBm)	S2 (-114dBm)	S3 (-108dBm)

Fig.11 - Sintesi dei valori medi in di rumore

Se dall'osservazione sistematica dell'andamento del rumore è possibile rilevare, anche se con un'escursione limitata, un andamento su base giornaliera congruente con le curve di fig.10, è ragionevole ritenere che la

componente di rumore artificiale non sia eccessiva e che quindi il nostro QTH ci offra delle ottime opportunità di ascoltare anche i segnali più deboli. Per contro se non si riesce a rilevare la variazione giornaliera dei livelli di rumore, soprattutto sulle gamme più basse, questo potrebbe essere un indicatore del fatto che nel nostro QTH prevale la componente di rumore artificiale e, pur non potendo stabilirne con precisione l'entità, è ragionevole ritenere che i segnali più bassi possano perdersi al disotto del rumore.

La tabella di fig.11 riporta una sintesi dei valori medi in di rumore rilevabili in S-Unit nelle diverse tipologie di aree in orario diurno e notturno.

Bibliografia

- *K. Davies, Ionospheric Radio Propagation — National Bureau of Standards Monograph 80 Washington, DC: U.S. Government Printing Office, April 1, 1965.*
- *International Radio Consultative Committee - Report 322 World Distribution and Characteristics of Atmospheric Radio Noise - Ginevra 1963*
- *International Radio Union – Raccomandation P372 Radio Noise – Ginevra 2001*
- *IARU Reg.1 Meeting - Measurement Methodology and Results of Measurements of the Man-made Noise Floor on HF in The Netherlands- Vienna 2019*
- *G4JTR Vin Robinson Analysis of received RF Noise – Radcom August 2012*
- *Cesidio Bianchi, Antonio Meloni, Natural and man-made terrestrial electromagnetic noise - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia,*
- *John Devoldere ON4UN - Low-Band Dxing*
- *ARRL Antenna Book 18th Edition (published by ARRL Newington CT, 1998)*