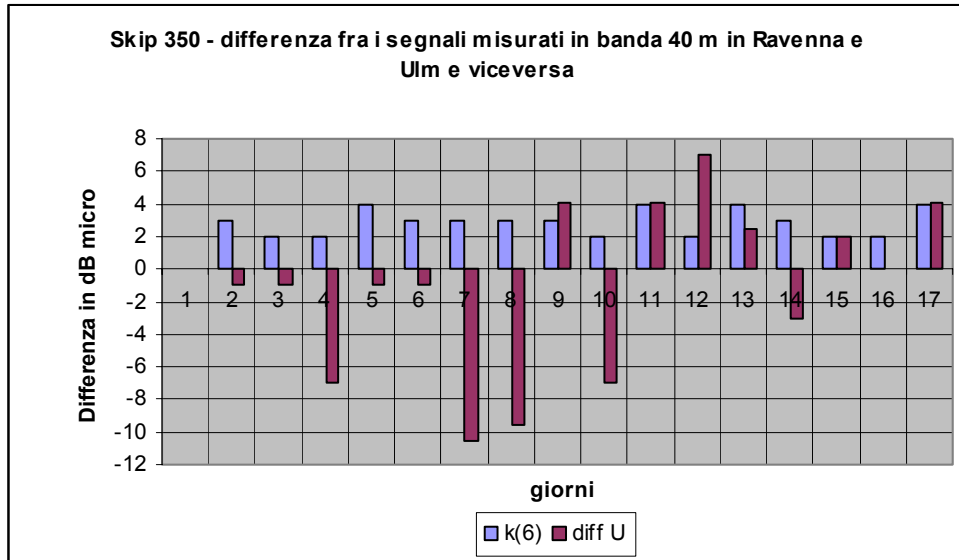


### 5.5.3 La propagazione unilaterale

Uno dei fenomeni che stupiscono chi si avvicina per la prima volta al mondo delle radiotrasmissioni, è una strana differenza fra i segnali quasi contemporanei di due stazioni in collegamento punto/punto sulla stessa frequenza e con la stessa ERP, con buona probabilità riconducibile a variazioni dello stato anisotropo della ionosfera da irregolari variazioni magnetiche.



Il grafico rappresenta la **differenza** dei segnali delle 07ut30 di Ulm in Ravenna e viceversa dal 16.12.2004 al 19.02.2005: periodo magneticamente disturbato con  $k \geq 2$ . Analizzando il grafico sembra che al calare di  $k$  la differenza aumenti a favore di Ravenna (valore positivo) e diminuendo  $k$  in favore di Ulm (valore negativo). Una debole traccia, ma insufficiente per trarre delle conclusioni. Sia come sia la questione sarà oggetto delle prossime ricerche che cercheranno di dare una risposta

### 5.5.4 Instabilità da mobilità

Fino ad ora ci si è occupati di stazioni radio in onde corte, fisse. Anche se le comunicazioni mobili (su veicoli) e portatili sono sempre più richieste. Si ricorda che la velocità del mezzo di trasporto (veicolo e persone) è infima e trascurabile rispetto ai 300000 km/s della velocità di propagazione del campo elettromagnetico nel vuoto. Molto più importante per l'esistenza e la garanzia della comunicazione è il rispetto di uno squarcio d'orizzonte minimo, (ampiezza e altezza) assolutamente libero da ostacoli, attraverso il quale l'antenna "veda" lo picchio ionosferico riflettente minimo su cui incidere sotto il giusto angolo.

Le comunicazioni da stazione mobile utilizzando la via ionosferica sono generalmente disturbate da:

- Instabilità ionosferica**
- Instabilità meccanica dell'antenna durante il moto:** oscillazioni durante la marcia del veicolo
- Instabilità da forma e dimensioni del veicolo:** radiazione in direzioni preferenziali durante il moto
- Instabilità delle costanti elettriche del luogo:** variazione della conduttività, costante dielettrica e permeabilità del terreno che scorre sotto il veicolo in moto
- Instabilità geografica e orografica:** variazione dell'ampiezza e altezza dell'orizzonte durante il moto. Alternanza di zone piane, collinose, montagnose: aperte, incassate, impervie, ecc.

Una stazione mobile (stazione montata fissa su un veicolo) o portatile (stazione al portatore) su un veicolo fermo, oppure una portatile in cammino, sono considerate fisse, per cui ci si occuperà solo di stazioni **su veicoli, in movimento**.

La sicurezza di un collegamento in onde corte, fra veicoli in moto a distanza ottica, nella zona di propagazione dell'onda diretta, fatto salvo lo spazio libero di radiazione, è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda utilizzata e dipende dalle costanti elettriche del terreno.

Il collegamento fra veicoli oltre la distanza ottica e oltre la zona limite dell'onda di terra. Oppure fra veicoli separati da ostacoli (case, montagne, ecc.) avviene per onda ionosferica, prescindendo da piccoli fenomeni

di rifrazione alla sommità di creste dei monti che interessano solo segnali attorno o superiori a 30 MHz. In quest'ultimo caso bisogna tenere conto della zona di silenzio fra il limite della zona di propagazione dell'onda di terra e il ritorno sulla terra di quella ionosferica.

Le comunicazioni per onda di terra specialmente attorno e oltre i 30 MHz soggiacciono alle leggi dell'ottica. Premessa per la comunicazione è il cosiddetto: **spazio libero**. L'assenza d'ostacoli di qualunque genere fra l'antenna del corrispondente e la propria e in un vasto raggio attorno alle singole antenne. Gli ostacoli, a dipendenza delle dimensioni e delle lunghezze d'onda utilizzata, sono fonti di riflessioni che sommate **vettorialmente** al segnale principale possono rinforzarlo o attenuarlo secondo il ritardo con cui la riflessione raggiunge il punto di somma. Le comunicazioni per onda di terra a brevi distanze danno buoni risultati durante il giorno, nel periodo in cui lo strato D arresta i segnali provenienti dagli strati superiori. Durante la notte possono essere disturbate da interferenza di segnali d'origine ionosferica che le rendono difficili se non impossibili.

Tralasciando l'instabilità ionosferica particolare, comune a tutte le stazioni radio fisse e mobili, si consideri l'instabilità meccanica. Fenomeno che trova origine nel modo e solidità di fissaggio dell'antenna al veicolo, nelle forme della carrozzeria, nell'irregolarità del moto e in altre forze esterne agenti sull'antenna.

In mobile, si utilizzano fin tanto che leggi, regolamenti e limiti costruttivi lo permettono, stili verticali semirigidi di lunghezza attorno ad un quarto d'onda, detti anche: "Antenne a frusta". Alle frequenze inferiori, superando lo stilo l'altezza massima consentita, si usano antenne fisicamente più corte, allungate artificialmente inserendo bobine d'allungamento in modo tale da portare l'antenna a risonare sulle frequenze interessate.

Un altro modo di raccorcere l'antenna sta nell'avvolgere un conduttore su un tubo isolante rigido di una data lunghezza e un dato diametro, fino ad ottenere un sistema irradiante in risonanza. Genere d'antenna detto ad elica.

Le antenne raccorciate hanno in generale una resistenza di radiazione molto bassa. Si ricorda che la potenza efficace irradiata da un'antenna:  $P_{rad}$  è uguale alla corrente efficace d'antenna  $I_{ant}$  al quadrato, per la resistenza di radiazione:  $R_{rad}$ . In formule:

$$P_{rad} = R_{rad} * (I_{ant})^2$$

Un'antenna raccorciata ha in generale una resistenza di radiazione molto bassa: attorno a 2... 5 ohm, rispetto ai 52 ohm teorici dello stilo in quarto d'onda o i 73,3 ohm teorici del dipolo semplice. Ne consegue che volendo irradiare con un'antenna raccorciata la stessa potenza (ERP) irradiata da uno stilo o un dipolo bisogna fare in modo d'aumentare la corrente d'antenna. Si faccia un esempio pratico. Volendo irradiare con un dipolo semplice con una resistenza di radiazione di 73,3 ohm un'ERP di 25W è sufficiente una corrente efficace d'antenna di 0,6A. Volendo irradiare la stessa ERP con un'antenna raccorciata con resistenza di radiazione di 4 ohm, la corrente efficace dovrà essere 2,5A. L'aumento di corrente di per se non ha conseguenze dirette. Per ridurre le perdite è sufficiente dimensionare convenientemente i conduttori d'antenna e della discesa d'antenna. Quanto nella resistenza di transizione delle connessioni: prese, spine, saldature, morsetti ecc. che percorsi da forti correnti danno origine a cadute di tensione e ad inutili dissipazioni caloriche che riducono l'ERP.

Il moto irregolare del veicolo (accelerazione, frenate, buche, sbandate, ecc.) provoca irregolari oscillazioni meccaniche dell'antenna, quindi delle costanti distribuite dell'antenna (grandezze elettriche per unità di lunghezza) riferite alla terra, alterando: impedenza, risonanza, diagramma di radiazione ed ERP.

La scelta della posizione di fissaggio dell'antenna. Lateralmente o centralmente, sul tetto. Sulla parte anteriore o posteriore della carrozzeria. Sul paraurti anteriore o posteriore. Lateralmente al cofano o al baule, ecc. Altera il diagramma di radiazione da circolare a preferenziale con lobi di radiazione indesiderati. Un fenomeno tipico dei veicoli a posteriore alto o medio (fuoristrada, camioncini, veicoli militari, ecc.) con antenna montata sul paraurti posteriore, è una riduzione della potenza irradiata nel senso di marcia (il massimo di radiazione di un'antenna in quarto d'onda è alla base). Una specie di "oscuramento" elettromagnetico, dato dal parziale assorbimento e parziale riflessione (non sempre in fase) dell'energia da parte della fiancata metallica. Il montaggio posteriore lungo una fiancata laterale, tipico dei veicoli militari, migliora la radiazione posteriore, ma peggiora quella laterale. Il montaggio che garantisce la migliore radiazione circolare, il minor assorbimento e una benefica riflessione in fase è al centro del tetto del veicolo. Montaggi agli estremi del tetto, come su certi veicoli militari, sebbene più efficienti dei montaggi a paraurti o a fiancata, sono più o meno affette da radiazioni preferenziali.

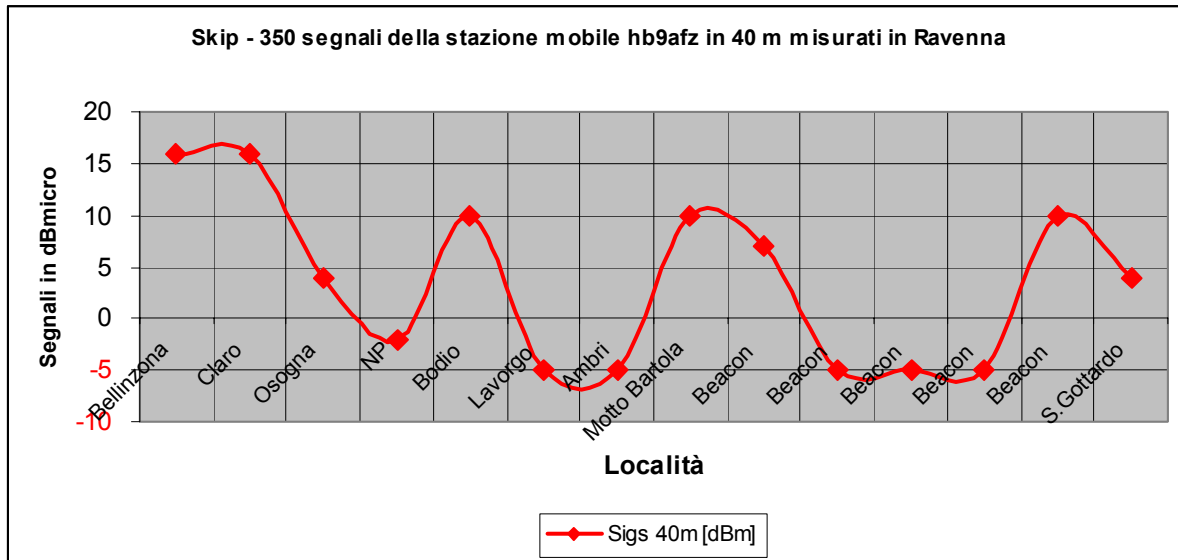
Una questione a se stante è l'accoppiamento di antenne montate troppo vicine. Secondo la distanza uno o più antenne non alimentate possono entrare in risonanza e fungere da riflettore generando altre direzioni preferenziali di radiazione, oppure assorbire energia riducendo l'ERP.

Un problema irrisolvibile sono i differenti terreni: umido, secco, sabbioso, roccioso, ecc., su cui il veicolo si trova a correre o si arresta, che influenzano la potenza irradiata.

Da ultimo la questione geografica e orografica. Condito sine qua non per l'esistenza e la sicurezza di un collegamento ionosferico mobile è un orizzonte libero di dimensioni tali che garantisca l'intervallo dell'angolo

d'incidenza nella ionosfera imposto dalla LUF e MUF corrente, entro cui si situa la frequenza di trasmissione utilizzata.

L'irregolarità della pendenza, altezza, estensione e rugosità dei versanti delle valli spesso e volentieri impediscono ai segnali di raggiungere la ionosfera in modo confacente oltre che dar luogo a una miriade di riflessioni che sommandosi vettorialmente rovinano l'omogeneità del campo elettromagnetico generando buchi e massimi di campo irregolari a dipendenza della posizione del veicolo.



Nell'intento di volere conoscere più a fondo questo particolare modo di propagazione si decise di misurare in Ravenna i segnali della stazione mobile HB9AFZ/m in viaggio in Svizzera, lungo un tratto alternato: pianura, montagna che porta al colle del San Gottardo. Partito da Bellinzona, città prealpina sita nell'ampio piano di Magadino a un'altezza di circa 200 m/sm, il veicolo si è diretto verso nord imboccando la larga Valle Riviera oltrepassando il paese di Biasca e imboccando l'incassata Valle Leventina fino al paese d'Airolo a 1200m/sm per arrampicarsi verso il bellissimo terrazzo del Motto Bartola all'altezza di 1500m/sm, con ampia vista su tutta la valle e, continuando, raggiungere il passo del San Gottardo all'altezza di 2300 m/sm, con vista panoramica sulle Alpi.

L'apparecchiatura utilizzata: un ricetrasmittitore telegrafico in cw con possibilità di tastatura automatica (beacon) della potenza di uscita di 10 W, collegato a un'antenna a elica per la banda 40 m montata sul lato destro dell'automobile, all'altezza dello specchietto retrovisore laterale.

Il grafico evidenzia la prima forte caduta di segnale a Claro, all'imbocco della Valle Riviera. Lo strano massimo misurato nel paese di Bodio si spiega con una bassa verso sud nella catena montagnosa che l'attornia, che ha permesso ai segnali di raggiungere correttamente la ionosfera. L'inatteso calo dei segnali dallo stretto altopiano di Ambri a 1000m/sm, si spiega osservando la corona di alte montagne che lo circonda e che riduce l'orizzonte. Senza storia i due massimi del Motto Bartola e del passo del San Gottardo con il loro ampio orizzonte, preceduti da due notevoli minimi causati dall'incassarsi della valle verso sud. Si può pertanto concludere:

**Una comunicazione mobile in onde corte per via ionosferica è condizionata dalla stabilità e posizione di montaggio dell'antenna, dalla stabilità ionosferica, dalla MUF, dalla LUF corrente, e dall'orizzonte. Conditio sine qua non per la stabilità di una comunicazione mobile è un costante orizzonte il più vasto e più libero da ostacoli possibile.**

## 5.6 Come affrontare l'instabilità ionosferica

Prescindendo dai soliti strampalati tentativi militari, sia chiaro che per ora nessuno si è posto il problema di modificare o stabilizzare a piacimento la densità elettronica della ionosfera. Stante questo principio ci si deve porre la domanda come si possa migliorare la sicurezza delle comunicazioni per via ionosferica.

Una soluzione escogitata anni or sono dalle potenti stazioni fisse terrestri e costiere oggi ancor valida, fu l'emissione continua di un'identificazione su tutte le bande assegnate, ascoltando contemporaneo eventuali chiamate sulle frequenze adiacenti e lasciando al corrispondente la libertà di scelta della banda più appropriata per la comunicazione. Soluzione, che dovendo garantire la presenza continua, richiese e richiede notevoli investimenti in apparecchiature e personale operativo.

Anche la radiodiffusione in onde corte ha adottato la stessa soluzione emettendo contemporaneamente con potenze dell'ordine di 500 kW e oltre lo stesso programma su più frequenze e lasciando all'ascoltatore la scelta della frequenza più adatta a un buon ascolto.

Un'altra soluzione meglio adatta a stazioni fisse e mobili di bassa potenza, conosciuto nell'ambito commerciale e militare, sta nella pianificazione di frequenze applicando il semplice principio per cui:

**"Un disturbo magnetico causerà prima o dopo un calo della frequenza limite. Mai un aumento!"**.

Intendendo verificare l'applicabilità del principio al collegamento Ravenna/Ulm delle ore 06ut30, si convenne una frequenza di lavoro di 7033 kHz, una frequenza alternativa di 3550 kHz e il passaggio automatico alla frequenza alternativa, entro 5 minuti, in caso di mancato collegamento sulla frequenza di lavoro.

Un'indagine statistica su un campione di 109 collegamenti durante 126 giorni dell'anno 2004, periodo particolarmente difficile caratterizzato da basso numero relativo di macchie solari, forti disturbi magnetici e calo estivo della frequenza limite foF2, ha dato come risultato:

- Popolazione dei collegamenti considerati: 109
- Collegamenti sulla frequenza di lavoro: 95
- Collegamenti sulla frequenza di ripiego: 11
- Collegamenti impossibili: 3

Sommando i collegamenti effettuati sulle frequenze di lavoro e di ripiego e rapportandoli alla popolazione si ottiene una prevalenza del **97%** e un intervallo di confidenza al **95%** delle probabilità del:

**97% ± 2%.**

valore notevole che dimostra quanto il metodo, pur nella sua semplicità d'applicazione, sia valido per superare difficoltà generali d'instabilità ionosferica, esclusi naturalmente fenomeni particolari come il Møgel Dellinger.

## **5.7 Validità della previsione del disturbo geomagnetico**

Uno degli strumenti utilizzati nella pianificazione di collegamenti radio è la previsione a 24 ore del disturbo magnetico giornaliero. Considerato l'importanza di questo dato si è voluto verificarne l'attendibilità su un campione statistico di 95 previsioni e altrettante misure del disturbo magnetico giornaliero **A** di Kiel.

La quantità di rilevamenti coincidenti con le previsioni è stato di 25 ciò che corrisponde a una prevalenza del **26%** e un intervallo di confidenza al **95%** delle probabilità del:

**26% ± 9%.**

Risultato abbastanza magro se confrontato con l'importanza della grandezza in fase previsionale e che fa sorgere qualche dubbio sulla reale applicabilità.

Oltre queste previsioni a 24 ore diffuse dalla stazione DK0WCY sulla frequenza di 10244 kHz, è noto che su Internet sono diffuse previsioni a breve termine e allarmi sul peggioramento della propagazione ionosferica. In mancanza di riscontri sistematici c'è difficile dare un giudizio oggettivo su questi servizi, che per il fatto di essere a breve termine probabilmente sono molto più attendibili

## **6. Conclusioni**

I modi di propagazione sono molteplici: zenitale, pretangenziale, tangenziale e antipodica. Fra i generi si ricorda la riflessione di un solo salto o a più salti fra ionosfera, ad esempio strato F e terra. Quella doppia ad esempio con uno o due salti fra strato E e terra e contemporaneamente fra strato F e terra. Quella poligonale lungo lo strato F. Quella a guida d'onda, interna agli strati F e E. Quella composita una parte della tratta con riflessione sullo strato F, il resto con riflessione sullo strato E. E via dicendo. Argomenti interessantissimi, ma abbastanza complessi, trattati da altri autori a cui si rimanda. Che purtroppo travalicano le possibilità e gli obiettivi di questo semplice contributo.

In questo senso si è deciso da un lato di anteporre e proporre al lettore nella prima parte, nel modo più semplice possibile compatibilmente con la complessità del fenomeno, i principi generali di funzionamento del plasma ionosferico. Mettendolo in condizione di meglio comprendere i fenomeni preposti all'instabilità ionosferica particolare, della seconda parte. Dall'altro di concentrare la ricerca alla sola propagazione pretangenziale a un solo salto sullo strato F2 per la semplice ragione che essendo in banda 40 m, la densità di stazioni per unità di frequenza distanti 300...500 km di cerchio massimo da Ravenna abbastanza alta, è

maggiore la probabilità di trovare radio operatori disposti a collaborare a una misura regolare dei segnali che non con stazioni d'oltre mare troppo condizionate dal mutare delle condizioni di propagazione.

Questo piccolo contributo non vuole essere altro che un semplice tentativo di far meglio comprendere a tutti coloro che per professione o per diletto hanno a che vedere con le trasmissioni in onde corte, siano essi ascoltatori della radiodiffusione o radio operatori, un fenomeno fisico naturale: la ionosfera. Che ha dimostrato essere un argomento scientifico interessantissimo, ma un bizzoso, pessimo mezzo di radiocomunicazione con cui per anni si è dovuto fare i conti, non avendo altra alternativa fino all'avvento dei satelliti per comunicazione.

Per il resto non rimane che concludere che si è tentato di scrivere la storia di otto di difficili anni di studi volti a cercare di capire con mezzi semplici e quasi sempre inadeguati una briciola di quel meraviglioso e complesso mondo che è l'astrofisica.

Questo semplice contributo non è altro che un piccolo tentativo di meglio comprendere un fenomeno fisico, la ionosfera, che ha dimostrato essere un argomento scientifico interessantissimo, ma un bizzoso e pessimo mezzo di radiocomunicazione con cui per anni si è dovuto fare i conti, non avendo altra alternativa fino all'avvento dei satelliti per comunicazione.

Per il resto non rimane che concludere che si è tentato di scrivere la storia di otto di difficili anni di studi volti a cercare di capire con mezzi semplici e quasi sempre inadeguati una briciola di quel meraviglioso e complesso mondo che è l'astrofisica.