

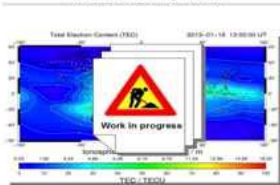


Limiti delle antenne a singola polarità
nelle bande VHF ed UHF

Da studi di
Giorgio IK1UWL e Flavio IK3XTV
Convegno ARI EME 2017

Cronistoria della nostra ricerca

Studi su Effetto Faraday



Convegno EME Italiano 2013

Spatial offset e Faraday



in V/UHF

2 anni di lavoro di Giorgio IK1UWL e Flavio IK3XTV
Convegno EME Italiano 2015

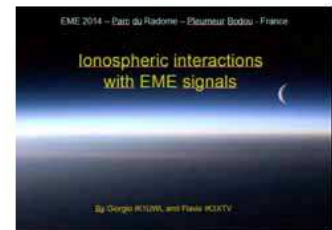
2013 - primi studi su Faraday.
Dove trovare i dati.

Nasce il ns. foglio Excel in 2 m
2014 – Ampliato, al convegno
mondiale in Francia.

Ionosfera, turbolenza, onde,
cause del QSB.

2015 – Coefficiente k/f^2 in V/U.
Faraday e Spatial Offset nelle
bande VHF ed UHF

2016 – Ampliato, a Treviso



2014



2017 – abbiamo finora considerato il singolo segnale.
Ora estendiamo i calcoli ai qso (2 segnali) per valutare
le probabilità di collegamento bilaterale in V ed U.

2013. Siamo entrambi duemetrismi, banda in cui ci sono frequenti periodi di non decodifica in un verso od in entrambi. Classico motivo: FARADAY!

Eravamo curiosi di approfondire il comportamento di Faraday durante una intera giornata lunare. Abbiamo così deciso di costruire un foglio di calcolo Excel.

La ricerca delle sorgenti dei dati ci ha portato anche ad approfondire le nostre conoscenze sulla ionosfera e la sua meteorologia, da cui è derivato anche uno studio sulle cause del qsb. Il nostro foglio excel, verificato paragonando i risultati dei calcoli con le decodifiche trovate su LiveCQ, ci ha permesso di ricostruire la polarità di una stazione ricevuta in quel giorno da un'altra stazione.

La presentazione del 2013 al Convegno italiano EME è stata poi ripetuta, affinata, al congresso mondiale EME del 2014 in Francia.

2015. Abbiamo esteso i risultati anche alle altre bande VHF ed UHF.

2016 – Affinata, stessa presentazione al congresso mondiale EME a “Venezia” (Treviso).

2017 – Completiamo l'indagine con l'esame di interi qso bilaterali, analizzando anche la probabilità di decodifica in V ed U, sempre per antenne a singola polarizzazione.

Inizio dell'Eco EME

- E' un'onda riflessa dalla Luna, dopo aver attraversato la ionosfera subendo rotazioni (Faraday).
- Il suolo lunare è poroso e viene parzialmente penetrato dall'onda elettromagnetica
- La Luna ha una superficie non liscia e la riflessione avviene contemporaneamente da vari tipi di superfici non speculari.
- Anche le montagne ed i crateri riflettono.
- Risultato: riflessione con fasi diverse e leggera depolarizzazione (che cresce con la frequenza).

A Treviso avevamo visto una ricerca pratica sulla depolarizzazione di segnali EME a 10 GHz. Abbiamo quindi cominciato ad esaminare cosa succede al nostro segnale sulla Luna (leggere slide).

Studi radar della Luna

Tabella della NASA – Feb. 1973

1° EME

Wave-length, cm	$\rho_s N$	Author of Experiment	Author of Processing	Year of Measurement
0.86	0.035	Linn	Evans and Hagfors [108]	1961
3.2	< 0.1	Kobrin	Kobrin [31]	1957
3.6	0.035	Morrow	Girand [116]	
3.6	0.055	Evans and Pettengill	Evans and Hagfors [108]	1963
10	< 0.1	Kobrin	Kobrin [31]	1954
10	0.038	Hughes	Girand [116]	1961
58	0.065	Pettengill	Evans and Hagfors [108]	1960
68	0.057	Pettengill	Rea et al. [157]	1960
73	0.07	Fricker et al.	Fricker et al. [111]	1960
75	0.1	Leadbrand	Pettengill [154]	1959
150	0.1	Trexler	Trexler [70]	1958
250	0.1	Evans	Evans [80]	1957
300	0.1	Evans	Evans et al. [59]	1959
1130	0.125	Davis and Bohlfs	Davis and Bohlfs [103]	1964
1920	0.15	Davis and Bohlfs	Krupenio [40]	1964

1960 on 1296 MHz
 1964 on 144 MHz
 1964 on 432 MHz
 1970 on 2,3 GHz
 1972 on 50 MHz
 1987 on 3,4 GHz
 1987 on 5,6 GHz
 1988 on 10 GHz
 2001 on 24 GHz
 2005 on 47 GHz
 2005 on 28 MHz
 2009 on 70 MHz

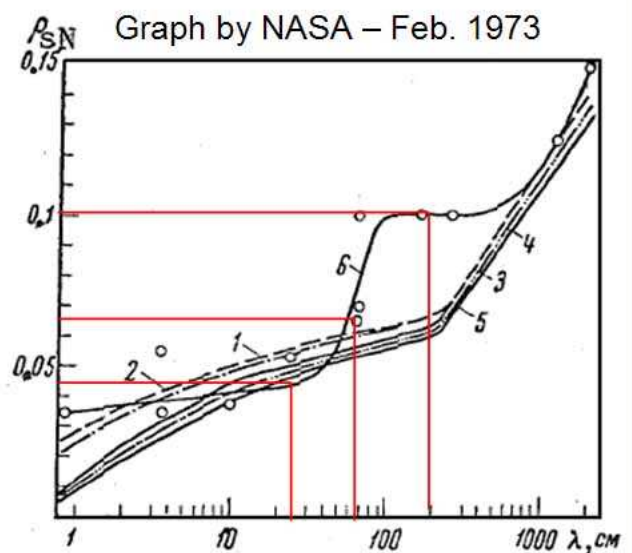
Abbiamo trovato i risultati di molte ricerche, con radar, fatte dai militari negli anni sessanta, quando era stata da loro valutata la possibilità di comunicazioni usando la luna come riflettore passivo. Negli stessi anni anche i radioamatori avevano affrontato l'EME conseguendo i primi successi.

Coefficiente di riflessione

(della parte del segnale che illumina la Luna)

- E' la riflessività diffusa, o potere riflettente di una superficie
- E' il rapporto tra radiazione incidente e radiazione riflessa.
- Valori medi:

2 m	0,1
70 cm	0,065
23 cm	0,045

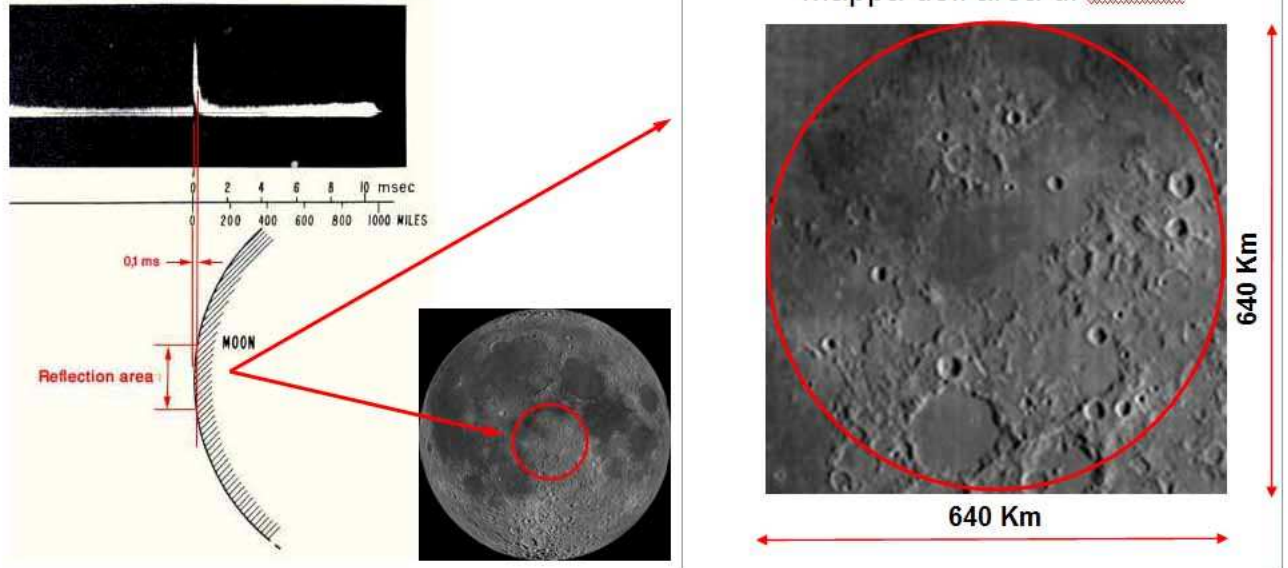


Dagli studi radar della precedente tabella, la NASA ha ricavato l'ordine di grandezza del coefficiente di riflessione alle varie frequenze.

Come dice il sottotitolo, esso indica la frazione riflessa della sola parte che illumina la Luna. Questa ha un'ampiezza visiva di circa $0,5^\circ$. Se un segnale è emesso da un'antenna con un lobo ampio 5° , cioè con diametro del fascio 10 volte il diametro della Luna, solo 1/100 la illumina, quindi con coeff. di riflessione 0,1 solo l'un per mille viene riflesso.

Area riflettente della superficie lunare

- Echi lunari osservati da Trexler (1958): la maggioranza del segnale riflesso proviene da superfici situate nel centro del disco visibile.



Trexler (1958), echi lunari in scala con la curvatura della superficie lunare

Tra i dati da noi trovati c'era un eco radar risultato di larghezza 0,1 msec.

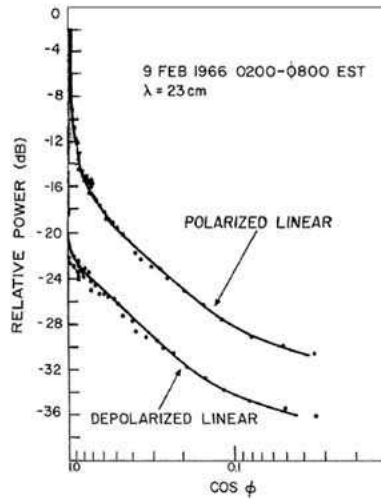
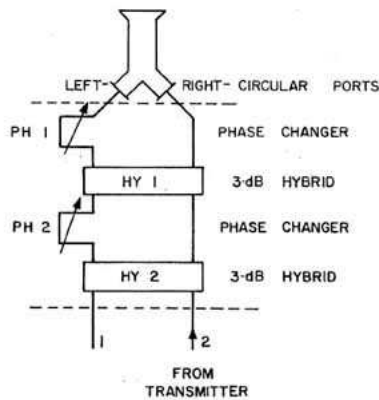
In 0,1 msec l'onda radio percorre 30 km, quindi la parte riflettente utile è una calotta di profondità 30 km, quindi di diametro 640 km (facilmente ricavabile con Pitagora).

La parte restante della luna riflette anch'essa nelle più svariate direzioni e con le più svariate fasi, con risultante nulla nella direzione dell'onda incidente.

L'immagine a destra mostra quanto vario è l'andamento della superficie lunare nella zona riflettente.

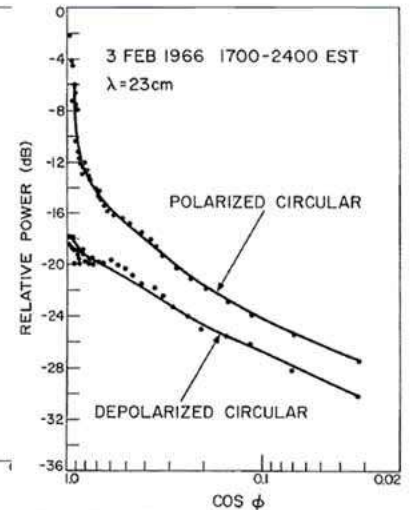
Depolarizzazione a 23 cm

- Radar di Millstone Hill, usando risoluzione Doppler a 23 cm.
- Sistema di controllo della polarizzazione:



LINEAR TRANSMITTED AND RECEIVED
Plot of polarized and depolarized components
against $\cos \phi$, for linearly polarized illumination

Depol. -20 dB = 84°,3
Rotazione 5°,7



CIRCULAR TRANSMITTED AND RECEIVED
plot of the polarized and depolarized circular components for
circular polarization transmitted.
Power in dB against $\cos \phi$ being angle of incidence

Depol. -18 dB = 82°,8
Rotazione 7°,2

Da "A Study of the Depolarization of Lunar Radar Echoes – Tor Hagfors – MIT"

Abbiamo trovato anche i risultati di una ricerca sulla depolarizzazione a 23 cm, sia per onde polarizzate linearmente che circolarmente.

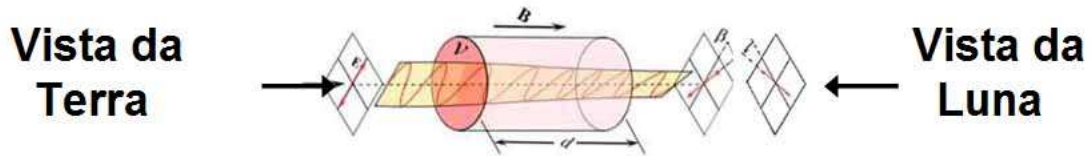
La depolarizzazione è piccola, quindi trascurabile nelle bande da 6m a 23 cm. Poiché essa aumenta con la frequenza, ci sono evidentemente effetti gradatamente meno trascurabili nelle microonde.

Dalla Luna alla Terra

- L'onda riflessa dalla Luna riattraversa la ionosfera, venendo di nuovo ruotata dall'effetto Faraday.
- Ed è ricevuta da un'antenna con differente orientamento spaziale rispetto a quella trasmittente (Spatial Offset).
- L'eco è ricevuto con polarità somma di due parametri, **Faraday and Spatial Offset** (più la depolarizzazione in micro-onde).

Esaminiamo questi due parametri, prima Faraday poi Spatial Offset.

Faraday



- Comp. Geomagnetica →
- Onda parte CW → Onda arriva CCW
- Eco arriva CW ← Eco parte CCW
- Le rotazioni si sommano.
- Anche i propri echi sono soggetti a Faraday.

Un'onda polarizzata linearmente che attraversa un plasma di elettroni (ionosfera), ruota se il plasma è anche immerso in un campo magnetico (quello terrestre)..

Vista dal punto di partenza (Terra) la rotazione è oraria se la direzione dell'onda è concorde con la componente del campo magnetico.

Vista dal punto di arrivo (Luna) questa rotazione è antioraria.

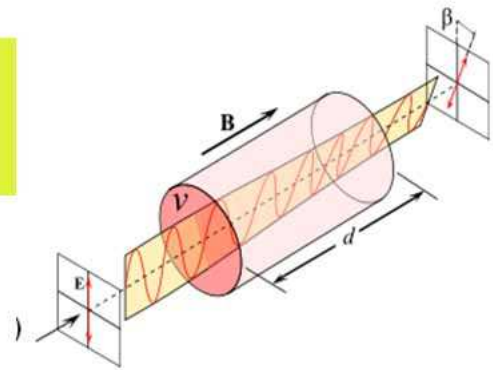
Quando una parte dell'onda viene riflessa dalla Luna, esse ritorna verso la Terra in direzione opposta a quella della componente magnetica.

Quindi, vista dalla Luna, ruota antioraria.

Vista dal punto di arrivo (Terra) invece la rotazione antioraria è vista come oraria.

Pertanto le rotazione dell'onda in andata e dell'onda di ritorno sono concordi e si sommano in valore.

Rotazione di Faraday



$$\square \Phi = \frac{k}{f^2} * F * \cos FM * k_s * VTEC$$

- $k = 2,36 * 10^{16}$

- $F =$

50 MHz	144 MHz	432 MHz	1296 MHz
--------	---------	---------	----------

- $k/f^2 =$

9,46	1,14	0,127	0,012
-------------	-------------	--------------	--------------

- Questo coefficiente determina rotazioni di migliaia di gradi a 50 MHz, centinaia a 144, decine a 432.
- La rotazione a 432 MHz è secondaria rispetto allo Spatial Offset, ed è trascurabile su 1296 MHz ed oltre.

Riportiamo qui la classica equazione di Faraday

La rotazione è proporzionale, secondo un coefficiente proporzionale all'inverso del quadrato della frequenza, alla componente del campo magnetico terrestre nella direzione dell'onda ($F * \cos FM$) ed alla quantità di plasma attraversata ($k_s * VTEC$).

Il coefficiente ha i valori sopra riportati per le varie bande radioamatoriali.

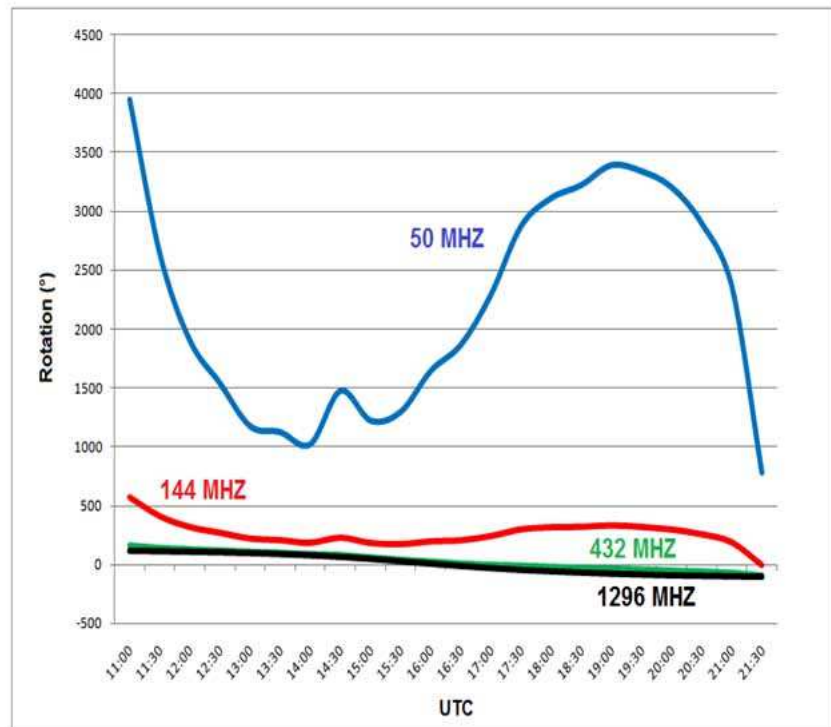
In una giornata lunare sia la componente del campo magnetico (che varia con la direzione cioè col movimento della luna) sia la densità e lo spessore del plasma variano moltissimo.

Quando il coefficiente è alto, la rotazione risultante è grande e molto variabile.

Polarità in 4 bande V/UHF

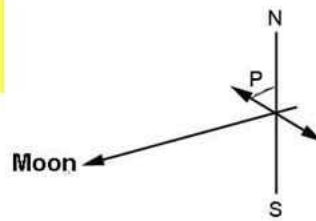
Cambiando il coefficiente k/f^2 otteniamo la polarità (Faraday + Spatial Offset) di ZS6OB ricevuto da IK1UWL in VHF e UHF.

Notare le forti variazioni in VHF



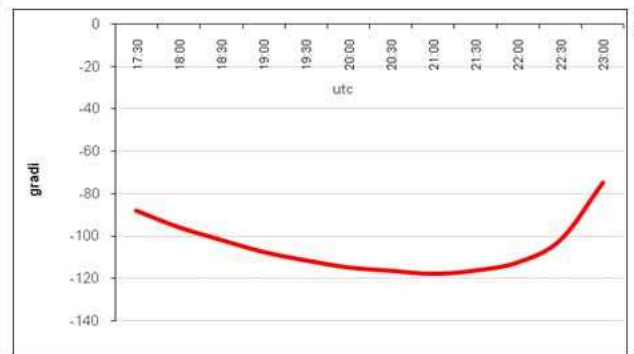
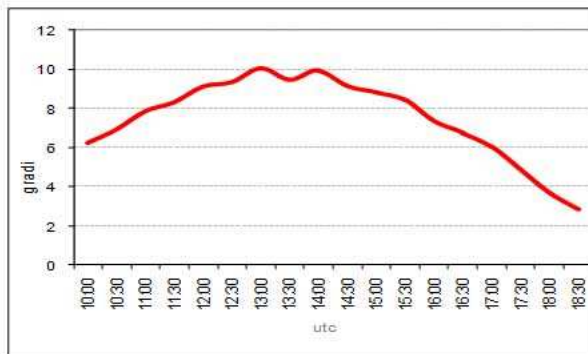
Questo grafico riporta la polarità in una giornata lunare per la stessa coppia di stazioni, qualora operassero sulle quattro bande V ed U.

Spatial Offset



Angolo tra asse terrestre e piano dell'antenna

- **P**=Polar offset
- Da uno studio di N1BUG:
- $P = \arctg\left(\frac{\sin Lat * \cos EI - \cos Lat * \cos Az * \sin EI}{\cos Lat * \sin Az}\right)$
- Indipendente dalla frequenza, variabili: Lat, Az, EI
- **Spatial Offset è P1-P2, ed aumenta con la distanza**



- **SP4MPB 1000 km est di PA3FPQ** **TI2SW 9000 km ovest di IKUWL**
- **da 2°,8 a 10°** **da 74°,8 a 117°,7**
- **Anche la declinazione varia lo Spatial Offset**

Vediamo ora l'altro parametro: lo Spatial Offset.

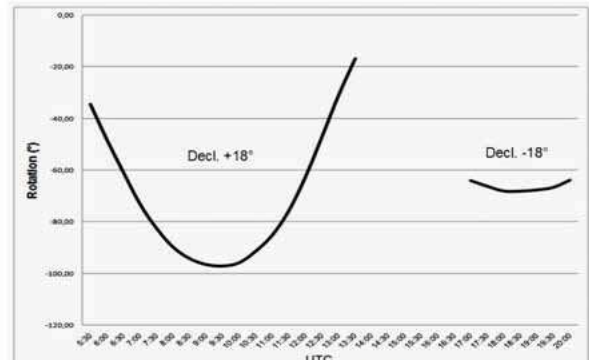
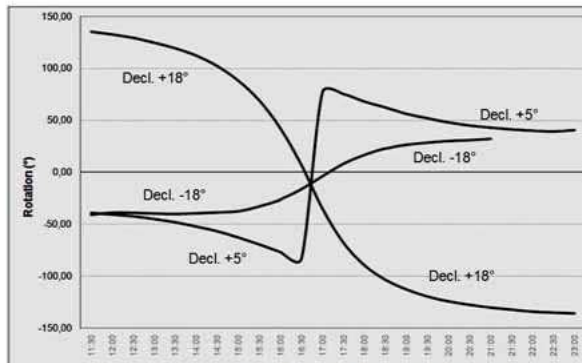
Esso è l'angolo, nello spazio, tra i piani delle due antenne. Un modo per calcolarlo è quello di calcolare l'orientamento di ciascuna antenna rispetto all'asse terrestre (Polar Offset), poi fare semplicemente la differenza tra i due (stazione emittente meno stazione ricevente).

Come si può vedere dall'equazione del Polar Offset, questa dipende solo dalla latitudine e dalle coordinate Luna.

Lo Spatial Offset invece riguarda due stazioni, con la Luna in direzioni diverse, quindi rientra la differenza di longitudine nel risultato.

La distanza tra le due stazioni influenza i valori massimi dello Spatial Offset. Ogni giorno lunare ha direzioni Luna diverse, quindi lo Spatial Offset tra due stazioni non è fisso, ma varia con la declinazione

Spatial Offset vs. declinazione

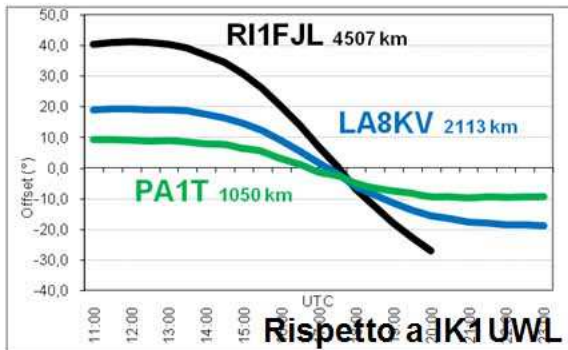


- Ai tropici, la luna passa a N; su entrambi i lati; a S
- Con stazione a W la finestra si riduce a declinazione minima

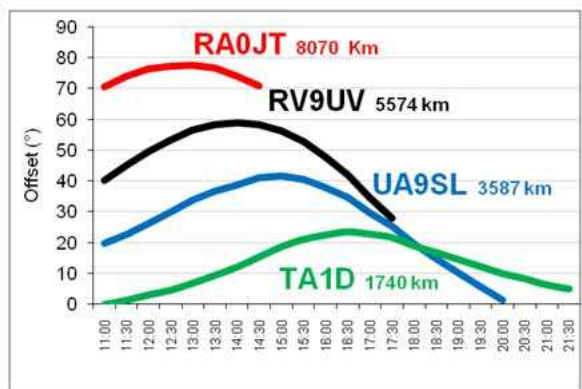
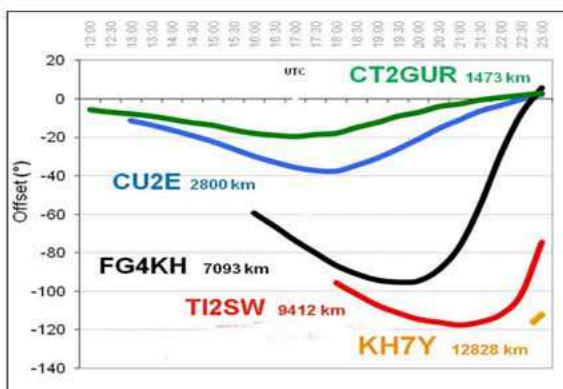
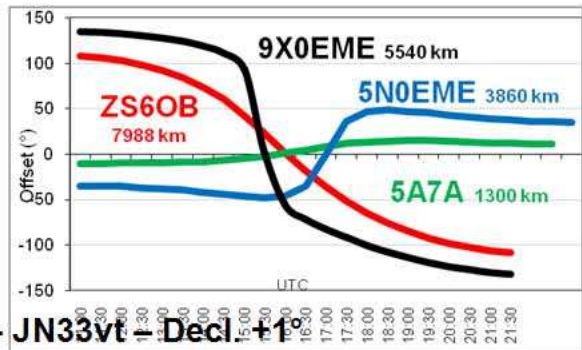
A dimostrazione riportiamo due casi, per la stessa coppia di stazioni, ma con diverse declinazioni.

Spatial Offset vs. distanza e direzione

Stazioni a Nord



Stazioni a Sud



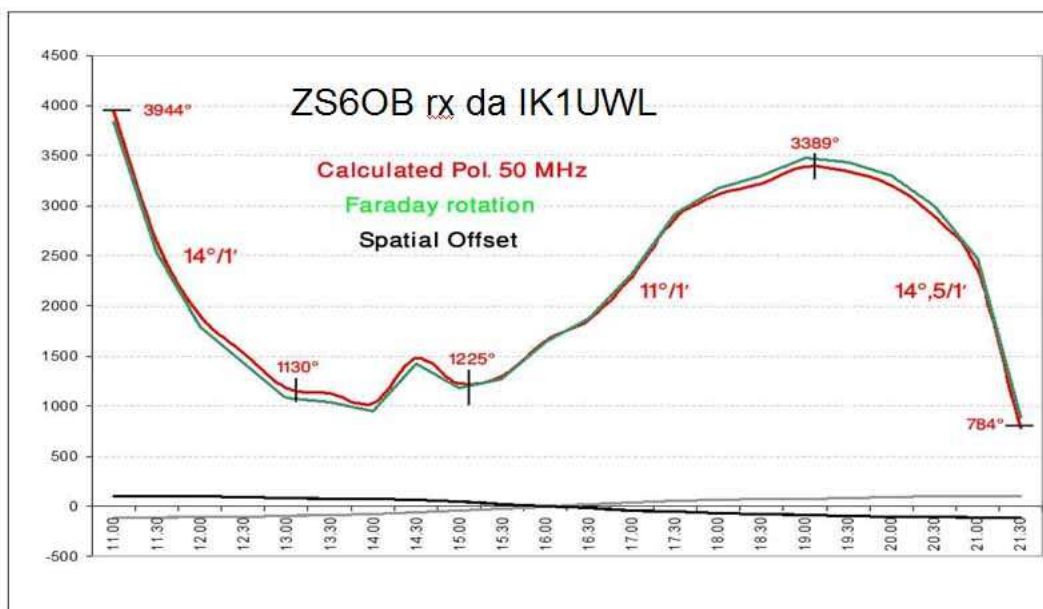
Stazioni a Ovest

Stazioni a Est

Per dare un'idea della variazione con la distanza, riportiamo alcuni esempi. Si noti che l'offset varia in modo differente a seconda della direzione della seconda stazione.

Passiamo ora a vedere come varia la somma Faraday più Spatial Offset nelle varie bande.

VHF, banda 50 MHz T_s 3600 °K

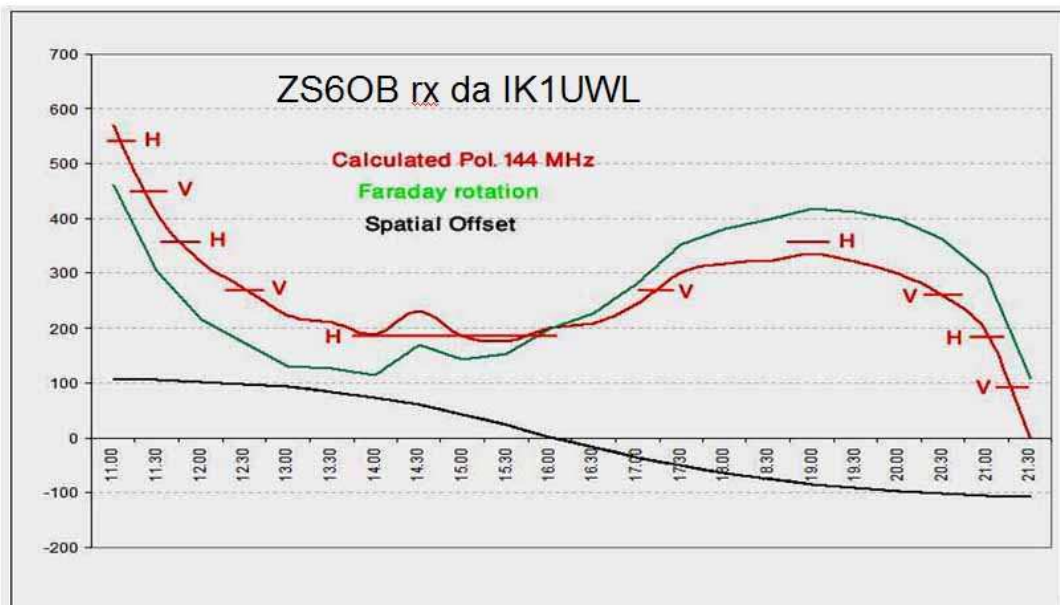


- Faraday ruota migliaia di gradi in tempi brevi, da H a V nei 6 minuti di un normale qso digitale.
- Spatial offset trascurabile

Non ci soffermiamo su quanto accade nella banda 6 metri, che è caratterizzata da variazioni enormi e veloci della polarizzazione. Talmente veloci che molto spesso la polarità varia di 90 gradi durante la normale durata di un qso digitale (6 minuti), rendendo quindi improbabile un normale completamento in tempi standard.

Vediamo la banda 144 MHz.

VHF, banda 144 MHz T_s 300 °K

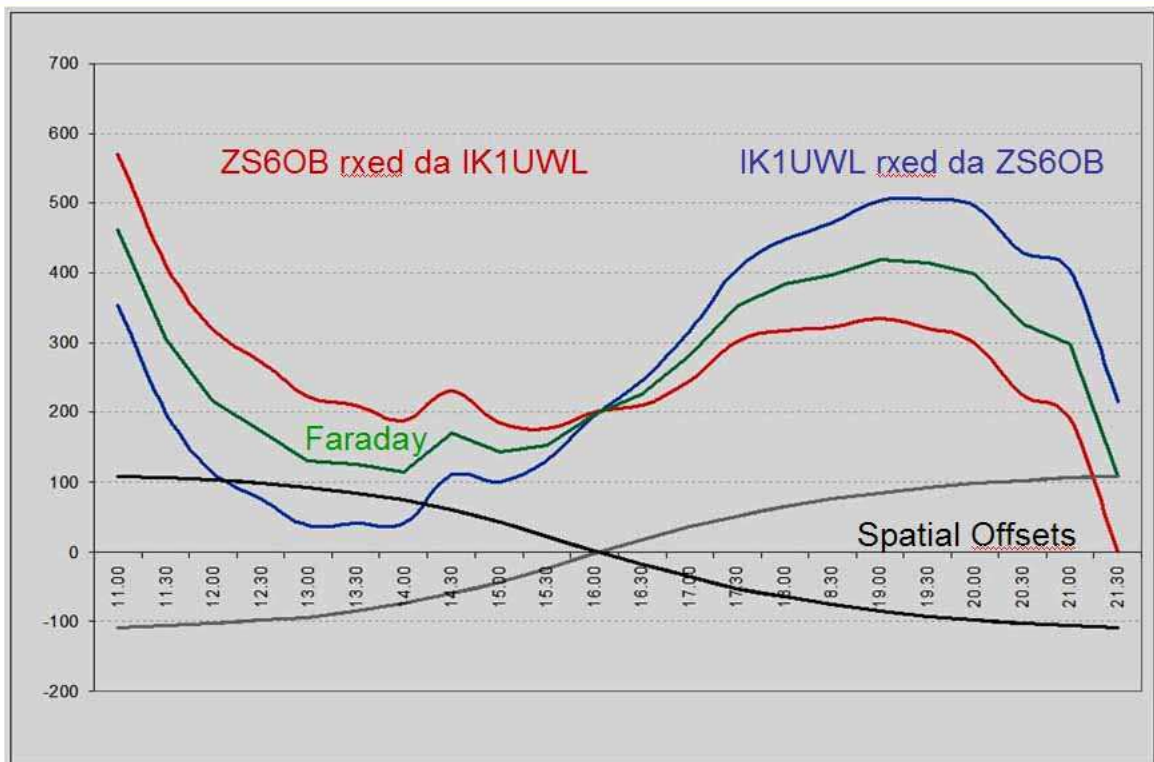


- **Faraday ruota centinaia di gradi**, quindi sovrasta Spatial Offset anche per stazione distante.
- Transizioni V-H-V tipicamente con periodo da 30 a 60 minuti.
- Il grafico per una sola stazione non da un quadro completo.

Guardando il semplice grafico di ZS6OB ricevuto da IK1UWL in 144 MHz, si intuisce solo che un certo numero di volte, durante la giornata lunare, la polarità è verticale e quindi non decodificabile.

Ma questo non è un quadro completo della situazione, in quanto non mostra la polarità di IK1UWL ricevuto da ZS6OB.

QSO ZS6OB – IK1UWL in 144 MHz



- Faraday + ciascun S.O. = Ciascuna polarità

E' facile nel foglio excel aggiungere altre due colonne:

- lo Spatial Offset di IK1UWL rispetto ZS6OB (la stessa di ZS6OB versus IK1UWL cambiata di segno, curva grigia).
- la polarità con cui viene ricevuto IK1UWL da ZS6OB (lo stesso Faraday sommato all'altra polarità, curva blu).

I colori delle scritte sono correlati alle rispettive curve.

Come si può notare i due andamenti sono notevolmente diversi in valore quasi sempre.

Vediamo come individuare la decodificabilità.

QSO - Zona di non decodifica per antenne a singola polarità

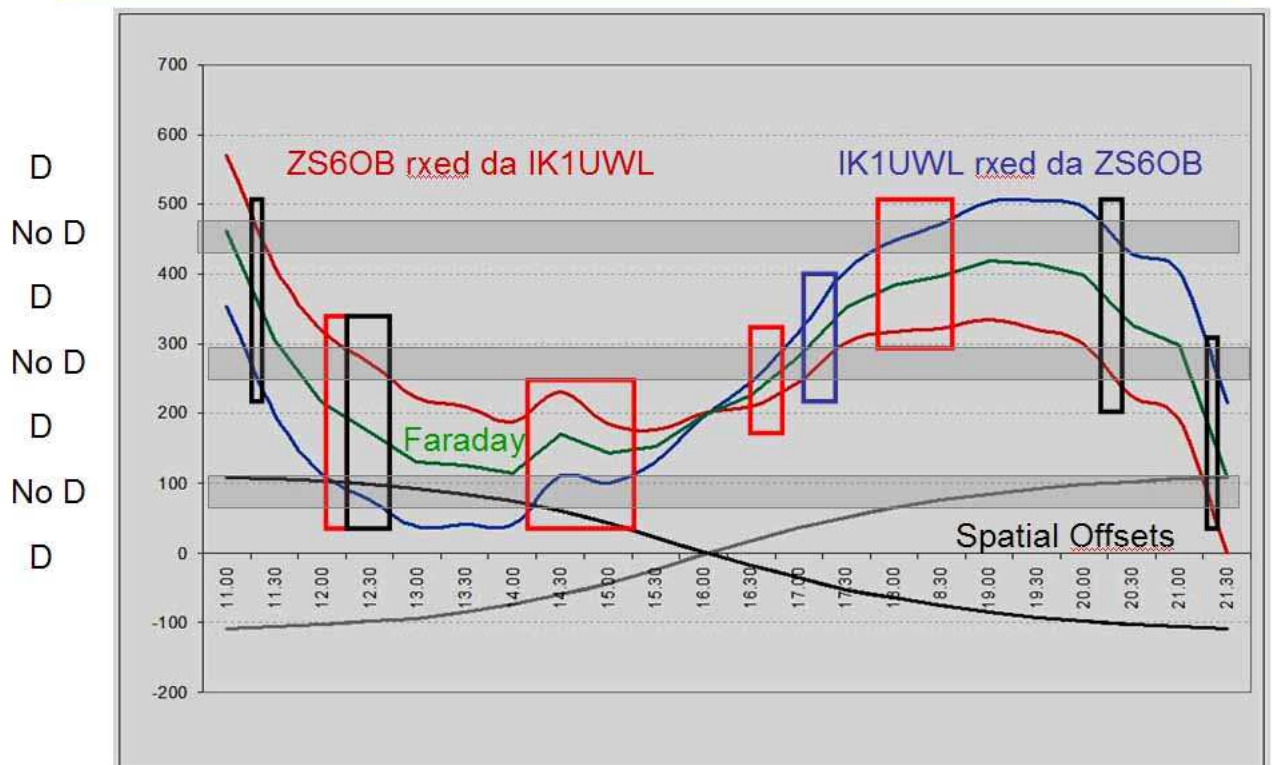
- Polarità α ha Degradazione = $20 \cdot \log \cos \alpha$ (dB)
- $\alpha = 45^\circ$ Degr. 3 dB
- $\alpha = 60^\circ$ “ 6 dB
- $\alpha = 75^\circ$ “ 12 dB
- $\alpha = 90^\circ$ “ >20 dB (causa depolarizzazione)
- Con yagi incrociate, dopo 45° è utile passare in V.
- Con antenne lineari, polarità tra 75° and 105° hanno bassa probabilità di decodifica.

Il livello tipico di un segnale EME digitale per stazioni medie è intorno a -15 fino a -25 dB.

Se la polarità raggiunge i 75° , i 12 dB di degradazione spingono il segnale in non decodificabilità.

Possiamo dunque inserire nei grafici delle aree corrispondenti al campo $75^\circ - 105^\circ$, $255^\circ - 285^\circ$, etc.

QSO ZS6OB – IK1UWL in 144 MHz



- Frequenti “No D” e “1 way”; decodifica bilat. 66% del Moon pass

Adesso abbiamo finalmente una comprensione più completa sulla decodificabilità.

Quando entrambe le curve della polarità giacciono nelle aree di non decodifica, nessuna delle due stazioni sente l'altra (rettangoli neri).

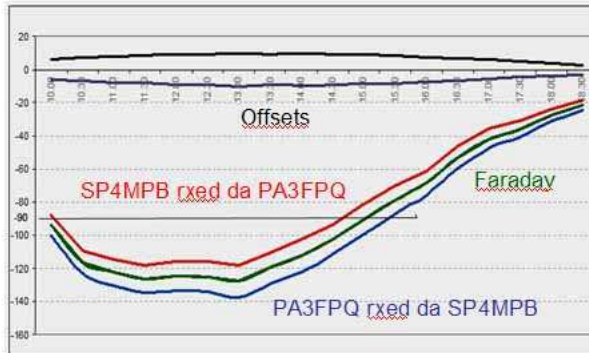
Se una sola delle due è nell'area di non decodifica si ha “one way”, cioè una delle due sente l'altra ma non viceversa.

Come è tipico della banda 2 metri, si hanno frequenti situazioni “one way” o “non decodifica”, ciascuna della durata da mezz'ora ad un'ora circa,

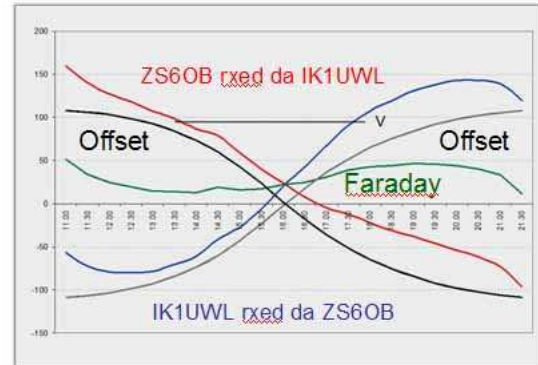
Complessivamente, in questo caso, si può fare qso nel 66% della giornata lunare.

UHF, banda 432 MHz T_s 85 °K

Stazione vicina, 1000 km



Stazione lontana, 8000 km



Faraday ruota decine di gradi, più lentamente.

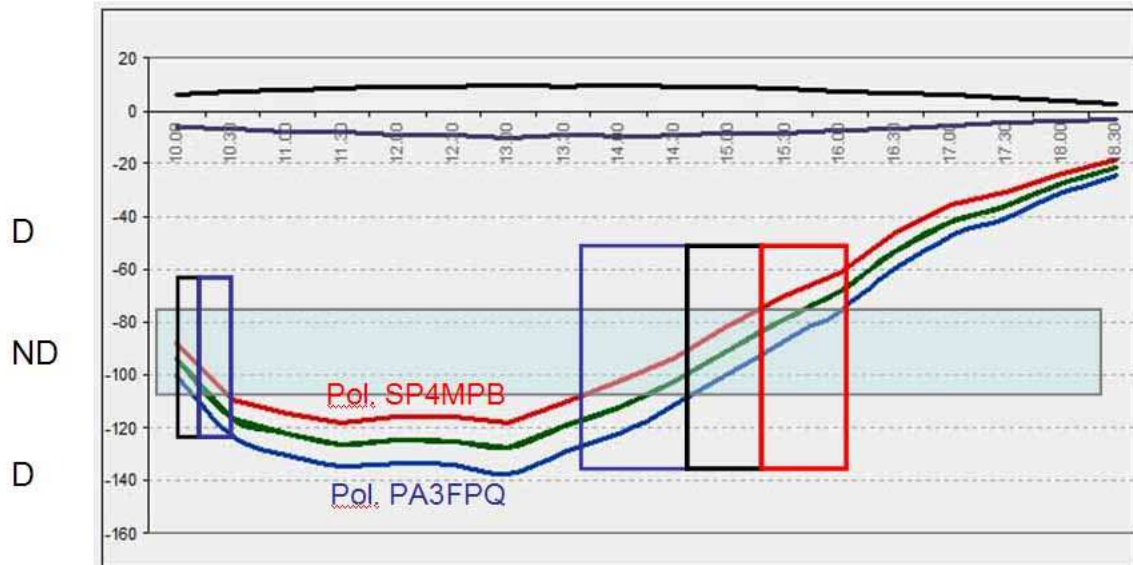
Spatial offset è determinante per stazioni lontane.

Le transizioni V-H-V sono poche e distanziate.

In 70 cm Faraday è dell'ordine di grandezza di 50-100 gradi di valore max. Quindi anche per una stazione vicina con basso Spatial Offset si possono avere condizioni di non decodificabilità.

Vediamo i due qso in dettaglio.

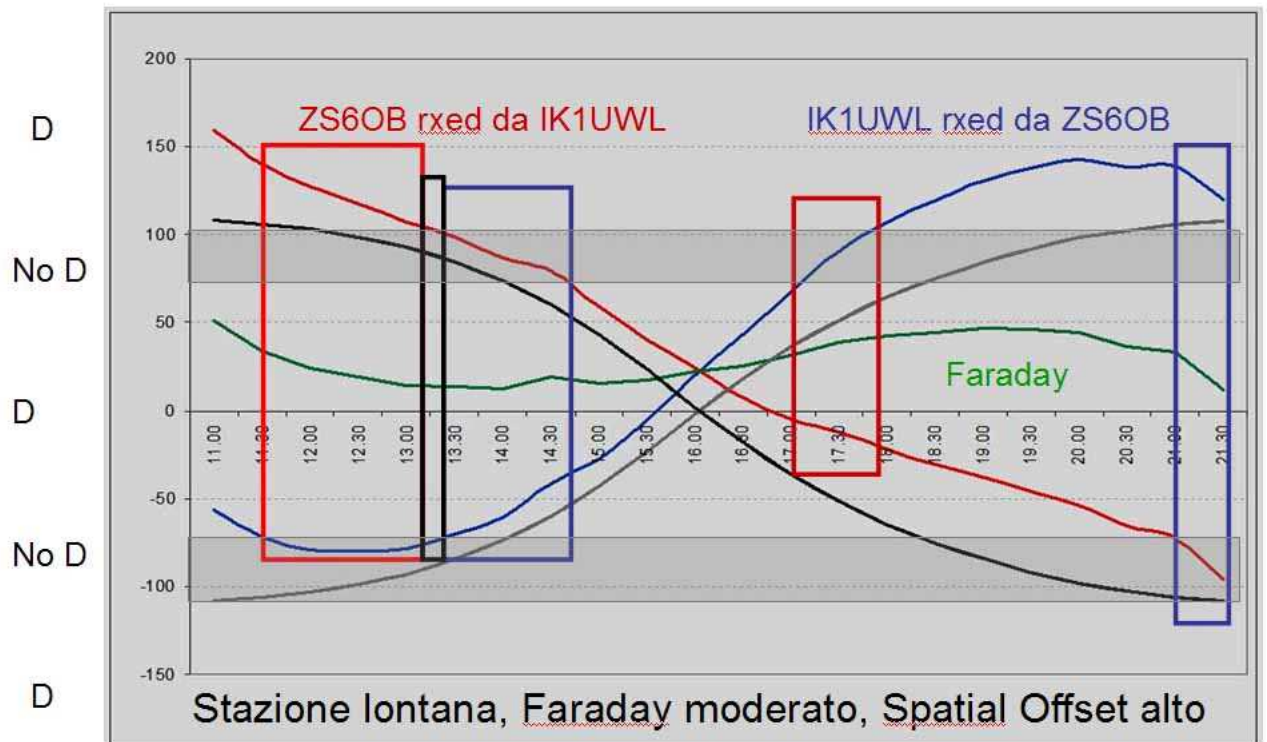
QSO SP4MPB – PA3FPQ in 432 MHz



- Stazione vicina: Spatial Offsets piccoli, finestra lunga, con variazione significativa di Faraday.
- Decodifica bilaterale 65% del Moon pass, con lunghi periodi 1 way e 0 way

Da notare che la velocità di variazione della polarità è molto più bassa a questa frequenza, quindi la permanenza in area di “Non Dec” è più lunga.

QSO ZS6OB – IK1UWL in 432 MHz



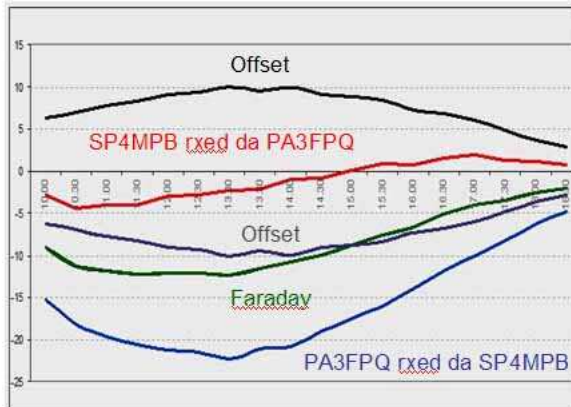
- Pochi periodi bilaterali, 56% del Moon pass.

Quanto detto per il primo caso vale anche qui.

Per circa metà del tempo non si può fare qso.

UHF, banda 1296 MHz T_s 68 °K

Stazione vicina 1000 km



Stazione lontana 8000 km



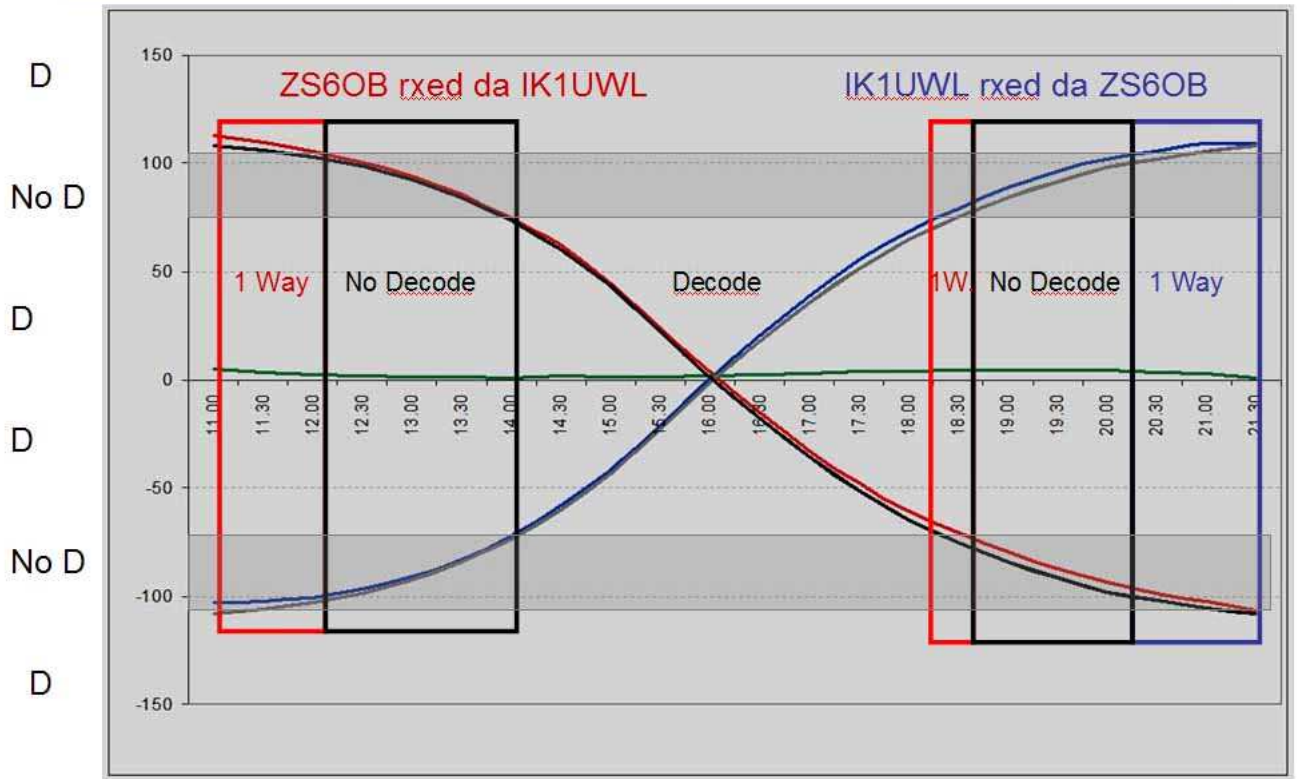
- Faraday ruota solo qualche grado.
- Spatial offset diventa il fattore dominante.
- Con basso Spatial Offset decodifica su 100% del Moon pass.
- Problemi con l'aumento della distanza: analizziamo il qso.

A 23 cm Faraday finalmente non influisce più.

Solo lo Spatial Offset determina l'evoluzione della polarità.

Quindi fino ad una certa distanza tra stazioni (dell'ordine dei 3-4000 km) si ha decodificabilità per l'intera giornata lunare, poi lo Spatial Offset spinge in "Non Dec" per lunghi periodi.

QSO ZS6OB – IK1UWL in 1296 MHz



- Dec. bilaterali solo 40% del Moon pass.

Due periodi di circa tre ore ciascuno non consentono qso.

Conclusioni

- Le VHF sono dominate da Faraday
- Le UHF (e superiori) dallo Spatial Offset
- Lo Spatial Offset non è una costante, ma varia durante il Moon pass, con la distanza e la declinazione.
- A frequenza crescente la polarità varia più lentamente, da $1000^\circ/\text{h}$ sui 50 MHz a $10^\circ/\text{h}$ sui 1296 MHz
- Con antenna a singola polarità i periodi favorevoli a QSO decrescono in numero, gli sfavorevoli crescono in durata
- A 432 MHz è utile pol. variabile.
- A 1296 MHz conviene, ed è usata, pol. circolare.