

A. Orfei, M. Morsiani, G. Zacchioli, G. Maccaferri

Agosto 1997

***PRESTAZIONI DELLA NUOVA MECCANICA SUBRIFLETTORE:
SENSIBILITA', RIPETIBILITA' E STABILITA' DI PUNTAMENTO***

IRA-CNR 236/97

File WinWord6, C:\word2win\subrif96\punsub.doc

INDICE

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUZIONE..... | 3 |
| 2. TRASLAZIONI DEL RICEVITORE DI FUOCO PRIMARIO..... | 4 |
| 2.1 TRASLAZIONE LUNGO L'ASSE Y..... | 4 |
| 2.2 TRASLAZIONE LUNGO L'ASSE Z..... | 5 |
| 3. MOVIMENTI DELLO SPECCHIO SECONDARIO..... | 11 |
| 3.1 TRASLAZIONE LUNGO L'ASSE Y..... | 11 |
| 3.2 TRASLAZIONE LUNGO L'ASSE X..... | 12 |
| 3.3 ROTAZIONE ATTORNO ALL'ASSE Y..... | 13 |
| 3.4 ROTAZIONE ATTORNO ALL'ASSE X..... | 15 |
| 4. SENSIBILITÀ ALL'ERRORE DI PUNTAMENTO E PRECISIONE DELLA MECCANICA..... | 17 |
| 5. USO DELLE ROTAZIONI SEMPLICI PER IL PROGETTO NUOVA VERTEX ROOM..... | 18 |
| 6. RIFERIMENTI..... | 27 |

1. INTRODUZIONE

In questo rapporto interno si riportano misure effettuate tra luglio e agosto 1997 sulla antenna VLBI di Medicina. Esse riguardano gli effetti di sensibilita` al puntamento nei confronti di fluttuazioni della posizione dei sette assi della nuova meccanica subriflettore, montata nel novembre dell'anno passato.

Sia per il movimento del ricevitore primario, due assi, sia per lo specchio secondario, cinque assi, si valuteranno i "coefficienti di sensibilita`" e, sfruttando le formule teoriche che la letteratura fornisce per questi parametri, si potranno determinare i "Beam Deviation Factor" per ogni movimento. Potendo quindi evincere il rapporto tra rotazione del subriflettore e deviazione del puntamento antenna sara` possibile determinare come, quanto e quali assi muovere per effettuare la rotazione: questa conclusione ci dara` indicazione di come "puntare" i feed spostati in fuoco secondario [1] e ove meglio collocarli in funzione della frequenza.

Per queste misure si e` utilizzato il programma FIVPT del Field System [2]; esso trova il picco della gaussiana che identifica il lobo primario d'antenna e fornisce gli offset di puntamento relativi.

Rispetto alla posizione di allineamento del ricevitore o del subriflettore si sono spostati gli assi interessati intorno a questa posizione e si sono valutati i relativi errori di puntamento.

Il sistema di riferimento usa come origine il centro del triangolo che sostiene gli attuatori Z e come assi coordinati gli stessi assi meccanici X ed Y, vedi fig. 2. Le rotazioni di cui si parlera` quindi saranno rotazioni semplici che mantengono fissa la posizione del centro del triangolo.

Nel seguito si useranno i seguenti parametri geometrici della parabola,

F=lunghezza focale=10.259 m

f=distanza tra fuoco primario e fuoco Cassegrain=10.030 m

M=fattore di magnificazione=9.48

D=diametro specchio primario=32m

2. TRASLAZIONI DEL RICEVITORE DI FUOCO PRIMARIO

Si hanno solo due assi possibili, Y, che muove in direzione Nord/Sud (o alto/basso che dir si voglia a seconda che si immagini l'antenna allo zenith o all'orizzonte) e asse Z, che muove lungo l'asse della parabola.

Le misure sono state effettuate usando il ricevitore 22GHz sulla sorgente ORIH2O con posizione iniziale assi Y=-151.1mm ed Z=-302mm che e` relativa all'allineamento fatto all'atto della installazione della nuova meccanica.

Per quanto riguarda la convenzione, se l'attuatore Y si muove verso l'alto, (verso Nord) la traslazione e` positiva. Il sistema di riferimento e` riportato in fig. 1.

2.1 TRASLAZIONE LUNGO L'ASSE Y

| Dati acquisiti: | posizione Y (mm) | Az (°) | El (°) | dAz (°) | dEl (°) |
|-------------------|---------------------|-----------|-----------|------------|------------|
| RIFERIMENTO-----> | -151.1 | 176.3 | 40.0 | 0.00520 | -0.00390 |
| | -156.0 | 186.1 | 39.9 | " | -0.02565 |
| | -146.2 | 188.8 | 39.7 | " | +0.01855 |
| | -141.3 | 192.8 | 39.3 | 0.00428 | +0.03806 |
| | -136.4 | 195.4 | 38.9 | 0.00304 | +0.06014 |
| | -160.9 | 197.7 | 38.6 | 0.00447 | -0.04826 |

Da qui si puo` comporre la tabella delle variazioni di Y e di dAz e dEl calcolate rispetto al riferimento.

| Dati calcolati: | ΔY (mm) | $\Delta dEl = \Delta P$ (°) | $\Delta P / \Delta Y$ (°/mm) | $dAz * \cos(el)$ (°) |
|-----------------|--------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| | -4.9 | -0.02175 | 0.0044 | 0.0040 |
| | +4.9 | +0.02245 | 0.0046 | 0.0040 |
| | +9.8 | +0.04196 | 0.0043 | 0.0033 |
| | -9.8 | -0.04436 | 0.0045 | 0.0024 |
| | +14.7 | +0.06404 | 0.0044 | 0.0035 |

Cosi` come deve essere, muovere l'asse Y determina variazioni di puntamento solo in elevazione e non nella coordinata incrociata. Tutti i termini $dAz * \cos(el)$ sono simili entro due millesimi di grado, differenza spiegabile con la dispersione del modello di puntamento. La convenzione sui segni e` la seguente

se $\Delta Y > 0$ l'attuatore si sposta verso Nord

se $\Delta P > 0$ l'antenna va verso Nord

a) La media dei coefficienti e`

$$(0) \quad \langle \Delta P / \Delta Y \rangle = +0.0044 \pm 0.0001 \text{ } ^\circ/\text{mm}$$

ove con ΔP si intende la deviazione d'angolo di puntamento, con la convenzione sopradetta. Si noti che se il ricevitore viene spostato verso Nord il beam punta verso Sud, per questo l'antenna, per recuperarlo, si deve spostare a Nord.

b) Da un semplice calcolo trigonometrico, data una lunghezza focale di 10259mm, ad ogni mm di spostamento laterale corrisponderebbe una deviazione d'angolo di

$$(1) \quad \arctg(1/10259) = 0.0056 \text{ (}^\circ/\text{mm)}$$

che però non tiene conto del beam deviation factor, cioè del fatto che l'angolo di deviazione del fascio è minore del puro angolo geometrico sotteso dallo spostamento. La formula di Ruze [3], applicata a questo tipo di spostamento, dice che

$$(2) \quad \Delta P/\Delta Y = (BDF/F) * (180/\pi) \text{ in } ^\circ/\text{mm}$$

Da cui si può ricavare che per l'antenna di Medicina

$$(3) \quad BDF = 0.788$$

Del resto l'espressione generica di BDF è

$$(4) \quad BDF = (1 + k(D/4F)^2) / (1 + (D/4F)^2)$$

con una dipendenza da k . Questo parametro dipende dalla funzione di illuminazione, in sostanza dal taper ai bordi dello specchio, e una stima è $k=0.33$ per 10dB di taper, crescente fino a $k=0.48$ per 20dB [4]. Nel nostro caso, ricevitori in fuoco primario, il taper è vicino a 17dB cosicché c'è da aspettarsi un valore di k , per il 22GHz a Medicina perlomeno, vicino all'estremo superiore. Infatti calcolando k dalla (3) e (4) si trova

$$(5) \quad k_{22\text{GHz}} = 0.439$$

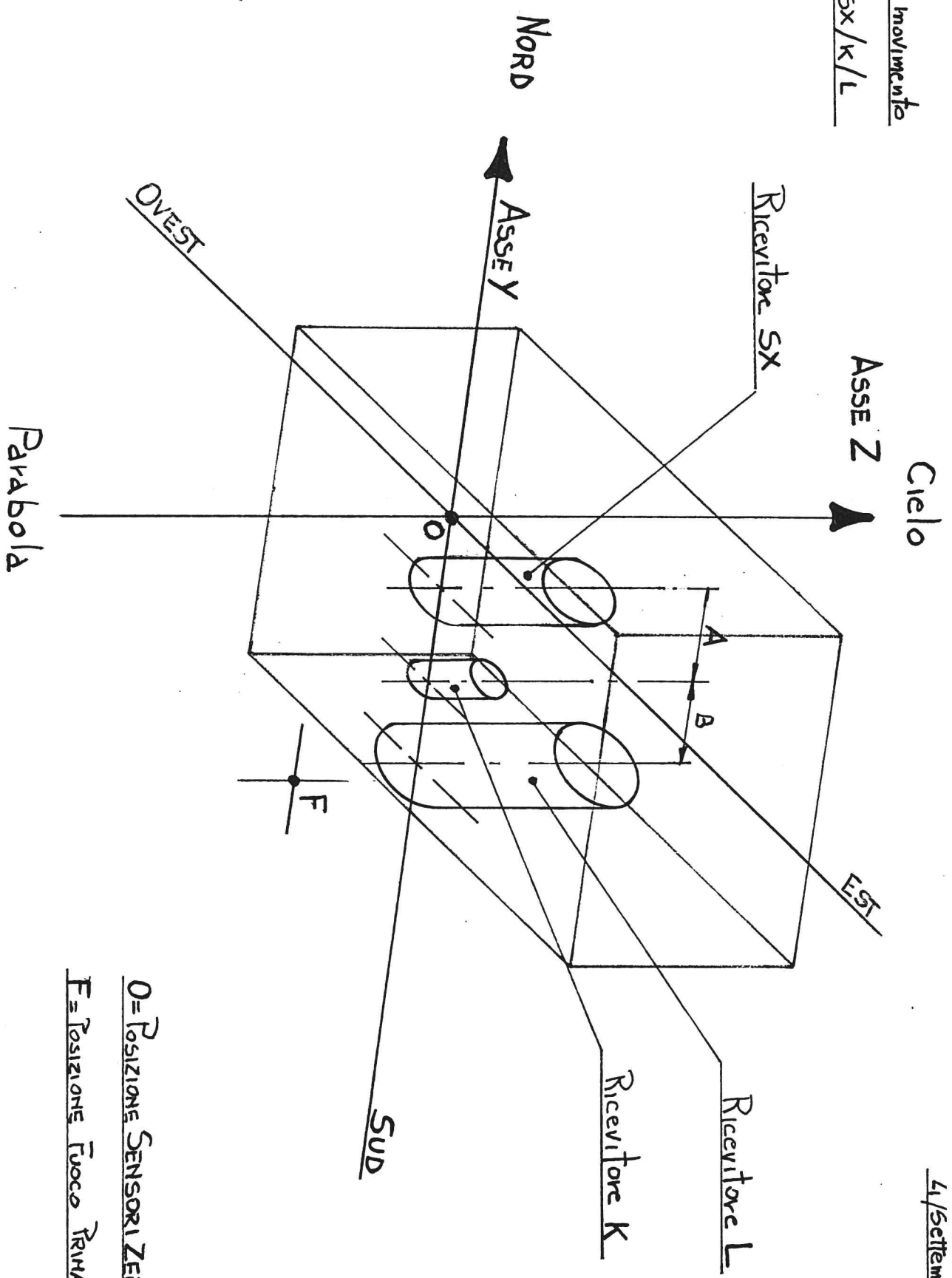
2.2 TRASLAZIONE LUNGO L'ASSE Z

Qui semplicemente si è verificato se il valore $z = -302\text{mm}$ iniziale è effettivamente l'ottimo e, se ciò non fosse, quanto l'ampiezza del segnale vari spostandosi a passi di circa $\lambda/10$. Il risultato, vedi Fig. 3, è che in effetti $z = -302$ non è il valore ottimo e a partire da questo "salti" di 1 mm sono visibili sulla carta.

Una volta posizionato il feed al valore ottimo di $z (= -308.8)$ alcuni salti di 1mm non sono immediatamente notabili. A scopo orientativo si ricorda che a valori sempre più negativi di Z corrisponde un movimento dell'attuatore verso lo specchio primario.

Meccanica di movimento

Ricevitore SX/K/L



A = 180 mm.

B = 146 mm.

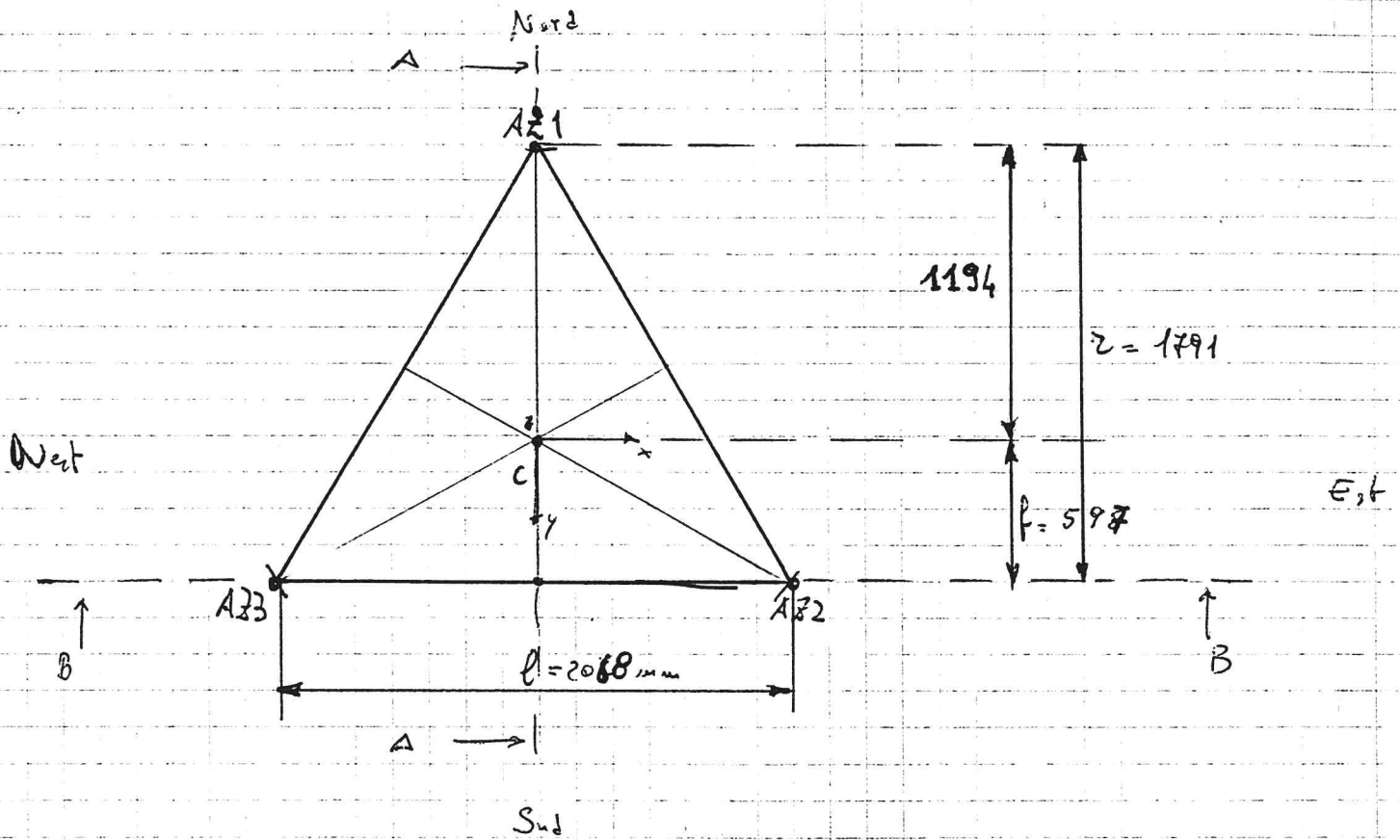
O = Posizione SENSORI ZERO

F = Posizione Fuoco PRIMARIO

Convenzione Verdi di movimento

Fig. 1

QUOTE DEL TRIANGOLO EQUILATERO:

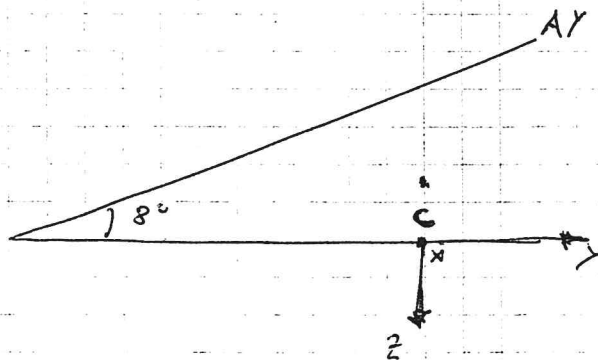


$r = 1791 \text{ mm}$

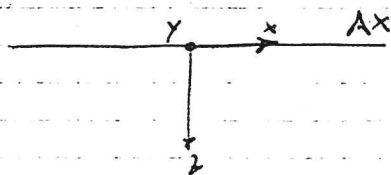
$l = 2068 \text{ mm}$

$p = 597 \text{ mm}$

SEZ. AA :



SEZ. BB :



$AA, AY, A_{21}, A_{22}, A_{23}$ sono i 5 attuatori.

Fig. 2

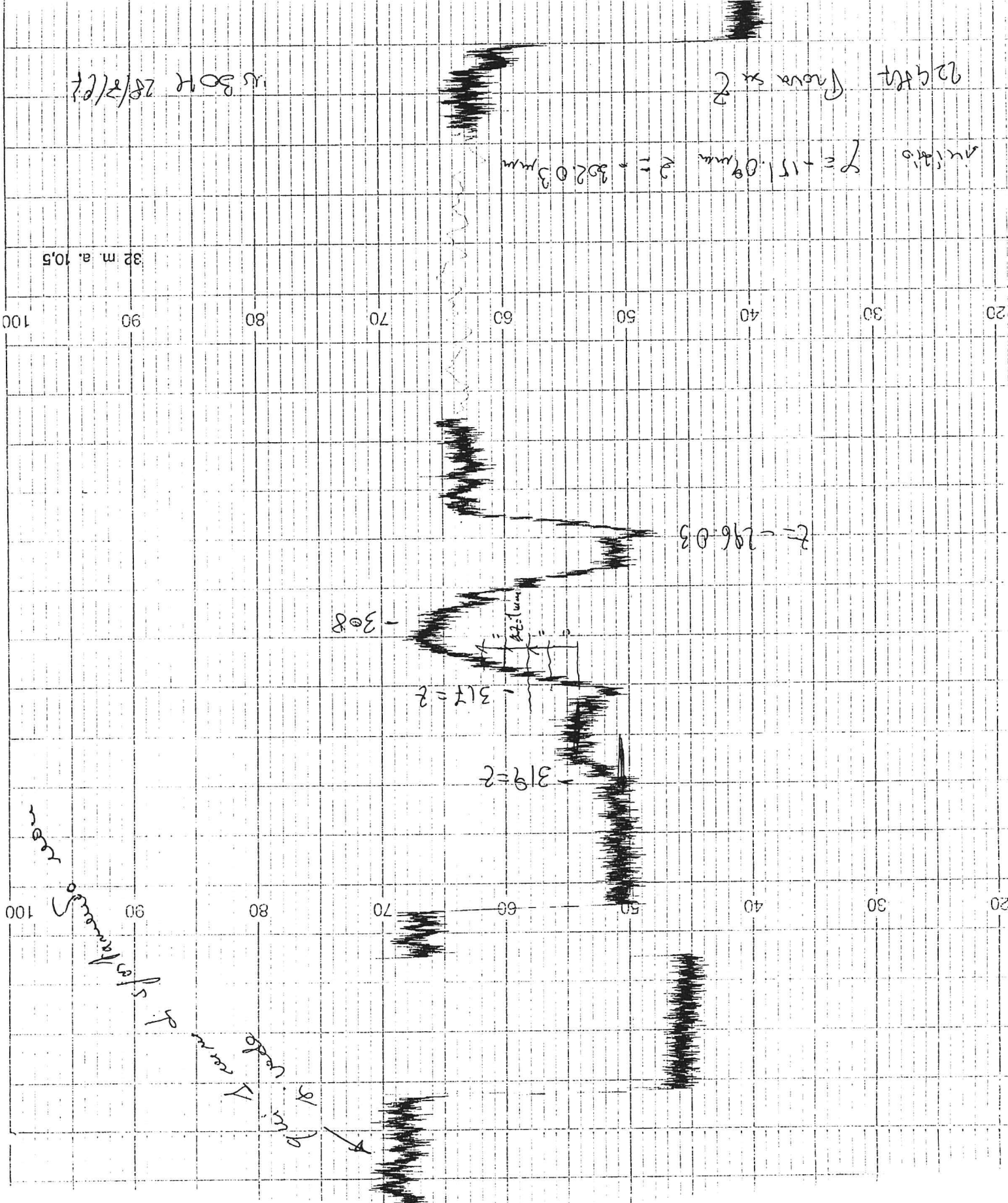


Fig. 3

1. Hyperboloid Rotation

$$\theta_R = K_1 \tan^{-1} \frac{f}{F} \frac{2\beta}{M+1}$$

2. Hyperboloid Translation

$$\theta_T = -k_2 \tan^{-1} \frac{h}{F} \frac{M-1}{M}$$

3. Feed Translation

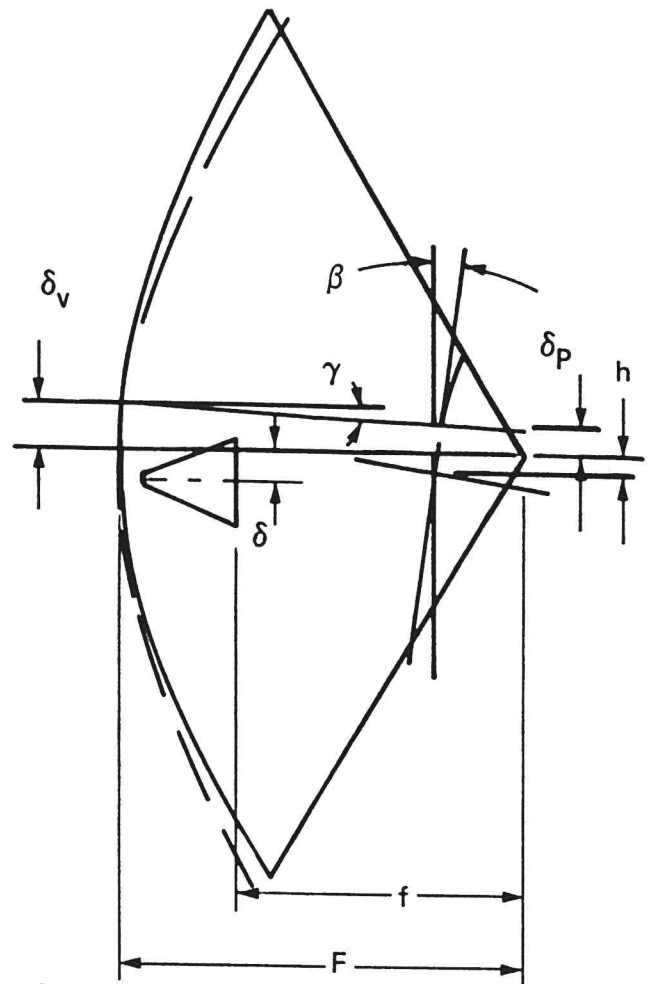
$$\theta_F = k_3 \tan^{-1} \frac{\delta}{MF}$$

4. Paraboloid Rotation

$$\theta_p = K\gamma$$

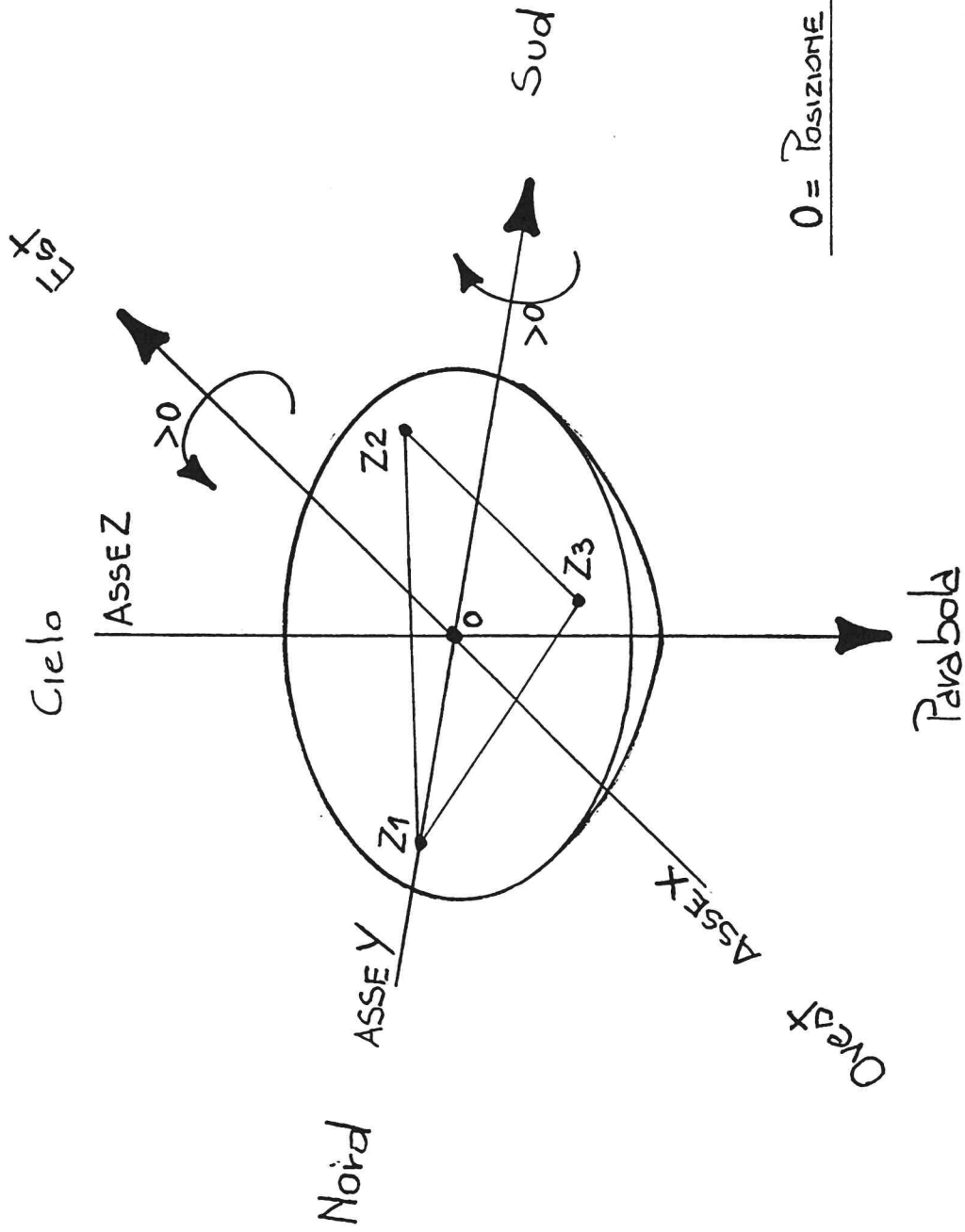
5. Paraboloid Translation (Vertex Shift)

$$\theta_s = K \tan^{-1} \frac{\delta_v}{F}$$



- θ = Beam Pointing Error
- F = Paraboloid Focal Point
- f = Hyperboloid Focal Point
- M = Magnification Factor
- β = Hyperboloid Rotation
- h = Hyperboloid Translation
- δ = Feed Translation
- K = Beam Deviation Factor (Paraboloid)
- γ = Paraboloid Angular Deviation
- γ_v = Best Fit Paraboloid Vertex Translation
- γ_p = Best Fit Paraboloid Focal Point Shift
- k_1 = Beam Deviation Factor (Hyperboloid Rotation)
- k_2 = Beam Deviation Factor (Hyperboloid Translation)
- k_3 = Beam Deviation Factor (Feed Translation)

Fig. 4



0 = POSIZIONE DI ALLINEAMENTO

Convenzione versi di movimento

Fig. 5

3. MOVIMENTI DELLO SPECCHIO SECONDARIO

Il ricevitore usato e` il 5GHz montato nel fuoco secondario della parabola. Qui sono possibili diversi spostamenti, traslazione lungo X e lungo Y, rotazione attorno asse X e rotazione attorno asse Y, composizione delle rotazioni con o senza traslazioni. Le espressioni matematiche dei vari movimenti e la geometria Cassegrain d'antenna sono mostrati in fig. 4, mentre la geometria e le quote del triangolo di movimentazione subriflettore per quanto riguarda gli attuatori Z sono mostrati in fig. 2. Le sorgenti utilizzate, perche` visibili in quel momento, sono state Virgoa e 3C84. Le posizioni di riferimento sono quelle ottenute all'allineamento effettuato all'atto della installazione che sono considerate a zero; per un eventuale confronto futuro si riportano i valori in step assoluti dei cinque assi, $x=176930step$ $y=638979step$ $z1=-289281step$ $z2=-267081step$ $z3=-276881step$.

Prima di iniziare conviene ribadire le convenzioni sugli spostamenti. A tal proposito si sono fissate le convenzioni sulle traslazioni e rotazioni del subriflettore (fig. 5), si immagini l'antenna in stow position: traslazione lungo Y positiva se verso Sud, lungo X positiva se verso Est, lungo Z positiva se verso lo specchio primario. Rotazione attorno asse X positiva se il subriflettore "guarda" verso Sud, lungo Y positiva se "guarda" verso Ovest.

Per quanto riguarda gli offset della antenna: se dAz risulta positivo significa che l'Azimuth trovato del picco della gaussiana e` maggiore di quello aspettato e percio` l'antenna si e` mossa verso Ovest; se dEl risulta positivo significa che l'elevazione trovata e` maggiore di quella aspettata percio` l'antenna si e` mossa verso Nord.

3.1 TRASLAZIONE LUNGO L'ASSE Y

Sorgente usata VirgoA.

| Dati acquisiti: | posizione Y (mm) | Az (°) | El (°) | dAz (°) | dEl (°) |
|-------------------|---------------------|-----------|-----------|------------|------------|
| RIFERIMENTO-----> | 0.0 | 149.9 | 54.6 | -0.04766 | -0.01956 |
| | 30.0 | 156.1 | 55.9 | -0.04745 | -0.12549 |
| | 45.0 | 159.1 | 56.3 | -0.04595 | -0.17947 |
| | -30.0 | 162.2 | 56.8 | -0.05151 | +0.09585 |
| | -45.0 | 168.1 | 57.3 | -0.05301 | +0.15243 |

| Dati calcolati: | ΔY (mm) | $\Delta dEl = \Delta P$ (°) | $\Delta P / \Delta Y$ (°/mm) | $dAz * \cos(el)$ (°) |
|-----------------|--------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| | +30 | -0.10593 | -0.0035 | -0.0266 |
| | -30 | +0.11541 | -0.0038 | -0.0282 |
| | +45 | -0.15991 | -0.0036 | -0.0254 |
| | -45 | +0.1719 | -0.0038 | -0.0286 |

Cosi` come deve essere, muovere l'asse Y deve determinare variazioni di puntamento solo in elevazione e non nella coordinata incrociata. Tutti i termini $dAz * \cos(el)$ sono simili entro qualche

millesimo di grado. Si noti che se si trasla il subriflettore verso sud il beam si sposta a nord, per questo l'antenna lo recupera muovendosi verso Sud.

se $\Delta Y > 0$ l'attuatore si sposta verso Sud

se $\Delta P > 0$ l'antenna va verso Nord

a) La media dei coefficienti e`

$$(6) \quad \langle \Delta P / \Delta Y \rangle = -0.0037 \pm 0.0001 \text{ } ^\circ/\text{mm}$$

ove con ΔP si intende la deviazione d'angolo di puntamento.

Da [5] pag. 168, applicata a questo tipo di spostamento (riportata in fig. 4), si ha che

$$(7) \quad \Delta P = -BDF * \arctg((\Delta Y / F) * (M-1) / M)$$

Da qui si puo` ricavare, visto che $\Delta P / \Delta Y$ e` noto dalle misure, che per l'antenna di Medicina

$$(8) \quad BDF = 0.741$$

Secondo quanto detto dopo la (4) tale valore deve essere inferiore a quello relativo all'analogo movimento del ricevitore primario in quanto il taper del 5GHz e` 10dB. Allo stesso modo si desume

$$(9) \quad k_{5\text{GHz}} = 0.315$$

3.2 TRASLAZIONE LUNGO L'ASSE X

Sorgente usata VirgoA.

| Dati acquisiti: | posizione X (mm) | Az ($^\circ$) | El ($^\circ$) | dAz ($^\circ$) | dEl ($^\circ$) |
|-------------------|---------------------|------------------------------|--|---|---------------------|
| RIFERIMENTO-----> | 0.0 | 172.1 | 57.7 | -0.05130 | -0.01099 |
| | -30.0 | 178.3 | 57.9 | +0.15614 | -0.00642 |
| | -45.0 | 184.8 | 57.8 | +0.25996 | -0.00340 |
| | 30.0 | 190.7 | 57.5 | -0.26285 | -0.00144 |
| | 45.0 | 193.7 | 57.2 | -0.35859 | -0.00350 |
| RIFERIMENTO-----> | 0.0 | 197.7 | 56.8 | -0.05055 | -0.00043 |
| Dati calcolati: | ΔX (mm) | ΔdAz ($^\circ$) | $\Delta dAz * \cos(el) = \Delta P$ ($^\circ$) | $\Delta P / \Delta X$ ($^\circ/\text{mm}$) | |
| | +30 | -0.2115 | -0.114 | -0.0038 | |
| | -30 | +0.2074 | +0.110 | -0.0037 | |

| | | | |
|-----|---------|--------|---------|
| +45 | -0.3073 | -0.166 | -0.0037 |
| -45 | +0.3113 | +0.166 | -0.0037 |

Qui l'angolo di deviazione e' in Az e, contrariamente a quanto ci si puo' aspettare, sussiste anche una variazione nella coordinata incrociata, elevazione in questo caso, che e' dell'ordine di diversi millesimi di grado. Ripetendo la misura nella posizione di riferimento in chiusura del test risulta molto diverso il valore di dEl rispetto all'inizio il che parrebbe indicare una forte dispersione del modello di puntamento in quella zona di cielo. Si noti che se si trasla il subriflettore verso est il beam ruota verso ovest.

se $\Delta X > 0$ l'attuatore si sposta verso Est

se $\Delta P > 0$ l'antenna punta verso Ovest

a) La media dei coefficienti e'

$$(10) \quad \langle \Delta P / \Delta X \rangle = -0.0037 \pm 0 \text{ } ^\circ/\text{mm}$$

ove con ΔP si intende la deviazione d'angolo di puntamento in cielo, cioe' corretta per $\cos(el)$.

Valgono gli stessi conti fatti nella traslazione Y, con anche gli stessi risultati. Cio' e' quanto aspettarsi visto che l'antenna ha simmetria circolare. Cioe' si conferma che

$$BDF=0.741$$

$$k_{5\text{GHz}}=0.315$$

3.3 ROTAZIONE ATTORNO ALL'ASSE Y

Qui le rotazioni vengono ottenute semplicemente tenendo fermo nella posizione di riferimento l'asse Z1 e muovendo Z2 e Z3 della stessa quantita' ma in direzioni opposte. Sorgente usata 3C84.

| Dati acquisiti: | rotazione ϑ_y ($^\circ$) | Az ($^\circ$) | El ($^\circ$) | dAz ($^\circ$) | dEl ($^\circ$) |
|-------------------|---|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| RIFERIMENTO-----> | 0.0 | 271.3 | 69.5 | -0.01848 | 0.02703 |
| | -0.553 | 273.7 | 66.8 | -0.18682 | 0.02657 |
| | -1.11 | 276.5 | 63.3 | -0.31576 | 0.02441 |
| | -1.66 | 277.5 | 61.9 | -0.44464 | 0.02473 |
| | -2.22 | 278.7 | 60.3 | -0.55913 | 0.02441 |
| | -2.77 | 281.0 | 57.0 | -0.63319 | 0.02471 |
| RIFERIMENTO-----> | 0.0 | 282.1 | 55.5 | -0.01227 | 0.02188 |
| | +0.553 | 283.4 | 53.7 | +0.10433 | 0.02134 |
| | +1.11 | 284.5 | 52.0 | +0.20900 | 0.02070 |

| | | | | | |
|-------------------|-------|-------|------|----------|---------|
| | +1.66 | 286.0 | 49.8 | +0.30471 | 0.02026 |
| | +2.22 | 287.3 | 47.9 | +0.39436 | 0.02182 |
| | +2.77 | 288.5 | 46.2 | +0.47805 | 0.02098 |
| | +3.32 | 289.7 | 44.5 | +0.55862 | 0.02093 |
| RIFERIMENTO-----> | 0.0 | 291.1 | 42.5 | -0.01000 | 0.01625 |

| <i>Dati calcolati:</i> | $\Delta\theta_y$ ($^{\circ}$) | $\Delta dAz * \cos(el) = \Delta P$ ($^{\circ}$) | $\Delta P / \Delta\theta_y$ |
|------------------------|------------------------------------|--|-----------------------------|
| | -0.553 | -0.066 | 0.119 |
| | +0.553 | +0.069 | 0.125 |
| | -1.11 | -0.134 | 0.121 |
| | +1.11 | +0.136 | 0.122 |
| | -1.66 | -0.201 | 0.121 |
| | +1.66 | +0.205 | 0.123 |
| | -2.22 | -0.268 | 0.121 |
| | +2.22 | +0.273 | 0.123 |
| | -2.77 | -0.335 | 0.121 |
| | +2.77 | +0.339 | 0.122 |
| | +3.32 | +0.419 | 0.126 |

se $\Delta\theta_y > 0$ il subriflettore ruota verso Ovest

se $\Delta P > 0$ l'antenna punta verso Ovest

a) La media dei coefficienti e`

$$(11) \quad \langle \Delta P / \Delta\theta_y \rangle = 0.122 \pm 0.002$$

Questa rotazione del subriflettore determina una variazione di puntamento solo in azimuth, con conseguente rotazione dell'angolo di puntamento in cielo. Le leggere variazioni dell'errore in elevazione sono da addebitarsi al modello di puntamento che ovviamente impone correzioni diverse a diverse posizioni della antenna. Si noti che se il subriflettore ruota verso ovest il beam ruota verso est.

b) Dalla fig. 4 l'espressione della rotazione del subriflettore e`

$$(12) \quad \Delta P = BDF * \arctg((f/F) * (2\Delta\theta_y / (M+1)))$$

da cui e` possibile ricavare il BDF per la rotazione

$$(13) \quad BDF = 0.654$$

3.4 ROTAZIONE ATTORNO ALL'ASSE X

Qui le rotazioni vengono ottenute muovendo l'asse Z1 in una direzione e Z2,Z3 nella direzione opposta. Essendo i bracci di rotazione diversi, il braccio di Z1 doppio di quello di Z2,Z3, l'entità di spostamento di Z1 sarà doppia della coppia Z2,Z3. Sorgente usata Virgoa.

| Dati acquisiti: | rotazione ϑ_x ($^{\circ}$) | Az ($^{\circ}$) | El ($^{\circ}$) | dAz ($^{\circ}$) | dEl ($^{\circ}$) |
|-------------------|---|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| RIFERIMENTO-----> | 0.0 | 126.8 | 46.5 | -0.02975 | -0.02959 |
| | -0.553 | 135.5 | 50.3 | -0.03543 | +0.04341 |
| | -1.11 | 141.3 | 52.3 | -0.03732 | +0.11001 |
| | -1.66 | 143.4 | 52.9 | -0.04105 | +0.18086 |
| | -2.22 | 145.8 | 53.6 | -0.04479 | +0.25010 |
| | -2.77 | 148.1 | 54.2 | -0.04524 | +0.31685 |
| | -3.32 | 150.5 | 54.8 | -0.04433 | +0.38385 |
| | -3.87 | 152.8 | 55.3 | -0.04738 | +0.45195 |
| RIFERIMENTO-----> | 0.0 | 157.1 | 56.0 | -0.04282 | -0.01850 |
| | +0.553 | 159.8 | 56.5 | -0.04125 | -0.08529 |
| | +1.11 | 162.1 | 56.8 | -0.04390 | -0.15448 |
| | +1.66 | 165.0 | 57.1 | -0.04467 | -0.22445 |
| | +2.22 | 167.3 | 57.3 | -0.04336 | -0.28953 |
| | +2.77 | 171.9 | 57.7 | -0.04204 | -0.35758 |
| | +3.32 | 175.2 | 57.8 | -0.04341 | -0.42587 |

| Dati calcolati: | $\Delta\vartheta_x$ ($^{\circ}$) | $\Delta dEl = \Delta P$ ($^{\circ}$) | $\Delta P/\Delta\vartheta_x$ | $\Delta dAz*\cos(El)$ ($^{\circ}$) |
|-----------------|---------------------------------------|---|------------------------------|---|
| | +0.553 | -0.067 | -0.121 | -0.023 |
| | -0.553 | +0.073 | -0.132 | -0.023 |
| | +1.11 | -0.136 | -0.122 | -0.024 |
| | -1.11 | +0.140 | -0.126 | -0.023 |
| | +1.66 | -0.206 | -0.124 | -0.024 |
| | -1.66 | +0.210 | -0.126 | -0.025 |
| | +2.22 | -0.271 | -0.122 | -0.023 |
| | -2.22 | +0.280 | -0.126 | -0.027 |
| | +2.77 | -0.339 | -0.122 | -0.022 |
| | -2.77 | +0.346 | -0.125 | -0.026 |
| | +3.32 | -0.407 | -0.122 | -0.023 |
| | -3.32 | +0.413 | -0.124 | -0.026 |
| | -3.87 | +0.481 | -0.124 | -0.027 |

se $\Delta\vartheta_x > 0$ il subriflettore ruota verso Sud

se $\Delta P > 0$ l'antenna punta verso Nord

a) La media dei coefficienti e'

(14)

$$\langle \Delta P / \Delta \vartheta_x \rangle = -0.124 \pm 0.003$$

Questa rotazione del subriflettore determina una variazione di puntamento solo in elevazione, con conseguente rotazione dell'angolo di puntamento in cielo. Le leggere variazioni dell'errore in azimuth sono da addebitarsi alla dispersione del modello di puntamento. Non c'è motivo per cui i coefficienti delle due rotazioni siano diversi data la simmetria circolare della antenna, la leggera differenza è da imputarsi alla dispersione delle misure; naturalmente il segno - deriva dalla convenzione senso di rotazione subriflettore \leftrightarrow rotazione del puntamento. Ovviamente anche BDF è lo stesso. Si noti che se si ruota verso sud il beam ruota verso nord.

4. SENSIBILITA' ALL'ERRORE DI PUNTAMENTO E PRECISIONE DELLA MECCANICA

Una volta trovati tutti i coefficienti di spostamento si puo' ora ragionare su quale e' la sensibilita' della antenna per indesiderate fluttuazioni di posizione degli assi meccanici e quindi anche verificare se i valori trovati sono compatibili con la classe di precisione del progetto meccanico. Riassumiamo allora quanto trovato

- Sensibilita' alla traslazione del ricevitore primario 15.8 arcsec/mm
- Sensibilita' alla traslazione del subriflettore
(indifferentemente lungo X o Y) 13.3 arcsec/mm
- Sensibilita' alla rotazione del subriflettore
intorno asse X 43.2 arcsec/mm riferita alla
corsa Z2,Z3
- Sensibilita' alla rotazione del subriflettore
intorno asse Y 24.3 arcsec/mm

la sensibilita' alle rotazioni e' calcolata dividendo l'angolo 0.553° per l'escursione degli attuatori necessaria (5.76mm per Z2,Z3 nel primo caso e 10mm nel secondo) e moltiplicando per il coefficiente $\langle \Delta P / \Delta \theta_x \rangle$ (o $\langle \Delta P / \Delta \theta_y \rangle$).

Da questi numeri si evince che se si vuole contenere entro 1 arcsec il mantenimento della posizione la precisione meccanica del sistema di movimentazione deve essere di 0.06mm per le traslazioni e 0.02mm per le rotazioni. Questo naturalmente vale anche per la ripetibilita' di posizionamento, cioe' sistemare i vari feed dei ricevitori in fuoco primario e il subriflettore nella stessa posizione di lavoro.

Da misure effettuate in officina all'atto dei test del sistema l'accuratezza di posizione e la ripetibilita' risultano essere di qualche centesimo.

5. USO DELLE ROTAZIONI SEMPLICI PER IL PROGETTO NUOVA VERTEX ROOM

La naturale continuazione del progetto meccanico subriflettore consiste nel posizionare su di una circonferenza tutti i feed dei ricevitori in fuoco secondario (vertex room) al fine poi di poterli "puntare" dallo specchio secondario [1]. Oltre a questo si vuole realizzare la tecnica di "beam switching" ruotando il subriflettore, in alternativa al movimento antenna. Come si è visto, la rotazione viene effettuata muovendo propriamente i tre attuatori Z, che peraltro spendono parte della loro corsa per orientarsi a puntare il feed montato fuori centro; la verifica che si vuole fare è quanta extracorsa rimane disponibile per realizzare il beam switching e se la collocazione in vertex dei ricevitori può essere avulsa da questo vincolo o va ottimizzata in funzione della frequenza. La corsa disponibile degli attuatori Z, al netto della corsa necessaria per rifocalizzare in funzione dell'elevazione più il recupero imposto dallo spostamento inclinato dell'attuatore Y è ± 90 mm.

A questo proposito si faccia riferimento alla fig. 6 che schematizza la circonferenza dei ricevitori in vertex (circonferenza più esterna), il subriflettore (circonferenza più interna) e il triangolo dei tre attuatori Z. La vista è dall'alto e l'orientazione ha il Nord nella parte superiore del foglio. Si è realizzato un sistema visivo di misura per verificare la corrispondenza tra coordinate assi subriflettore calcolate e posizione effettivamente puntata sulla circonferenza. Il sistema visivo è costituito da un laser nel rosso montato nel foro del subriflettore, ove normalmente si colloca lo specchietto di allineamento, e da un foglio di carta posto orizzontalmente sulla superficie normalmente occupata dal goretex di copertura della vertex room, per una distanza tra centro di rotazione e foglio di 8707.1 mm (misurata con cordella metrica). I calcoli matematici prevedono un punto ogni 10 gradi sulla circonferenza-feed (che chiameremo vertex angle) e sono state considerate tre circonferenze, rispettivamente relative ad un angolo di rotazione del subriflettore di 2,3 e 4 gradi (vedi tabelle 1,2,3). I valori riportati sono considerando gli assi a zero nella posizione subriflettore allineato. Vengono effettuati spostamenti anche degli assi x ed y perché la rotazione del subriflettore deve essere effettuata attorno al fuoco primario [6].

Le misure in campo sono state effettuate su ciascuna circonferenza a vertex angle di 0,30,90,180,270,300 gradi, volendo ottenere così tre punti allineati per ognuno di essi.

La misura è della notte del 12/8/97 e la posizione stessa dei pannelli antenna ci consentiva una verifica sufficientemente precisa che lo spot laser corrispondesse effettivamente ai sei punti cardinali puntati. Il risultato è stato eccellente avendo una corrispondenza tra posizione calcolata e posizione puntata entro un millimetro nel caso peggiore (circonferenza più esterna di 4 gradi), differenza addebitabile in massima parte all'errore intrinseco del sistema di misura (ad esempio lo spot laser ha dimensioni di un paio di mm alla distanza di circa 8 m, pur essendone facilmente localizzabile il centro. Il foglio di carta non era perfettamente piano, anche per gli effetti della umidità notturna sulla cellulosa).

Note quindi, e verificate, le varie posizioni dei cinque assi subriflettore si può ora ragionare su quanta extracorsa rimane per il beam switching in funzione della localizzazione dei feed. Nelle tabelle 4 e 5 sono riportate tali corse, che altro non sono che l'eccedenza ad arrivare ai limiti (± 90 mm), per le circonferenze a 3 e 4 gradi. Si è aggiunta inoltre la tabella a 4.31 gradi come circonferenza limite disponibile (tab. 6).

Per il posizionamento dei feed consideriamo non tutti i valori di tabella ma quelli a passi di 30 gradi. Per scegliere quali assi muovere ci facciamo condurre dalla considerazione che si vuole andare off source creando offset solo in azimuth, il che impone o rotazioni attorno all'asse Y o traslazione lungo l'asse X. Per il secondo caso, non riportato, al massimo possiamo traslare di 77 mm cioè circa 17' di offset (cap. 4) e solo nella posizione vertex angle=90°, troppo poco per la maggioranza dei ricevitori volendo un off di almeno 5 beam. Non resta che la rotazione attorno a Y che, come sappiamo, si effettua muovendo di medesime quantità la coppia di attuatori Z2,Z3 ma in

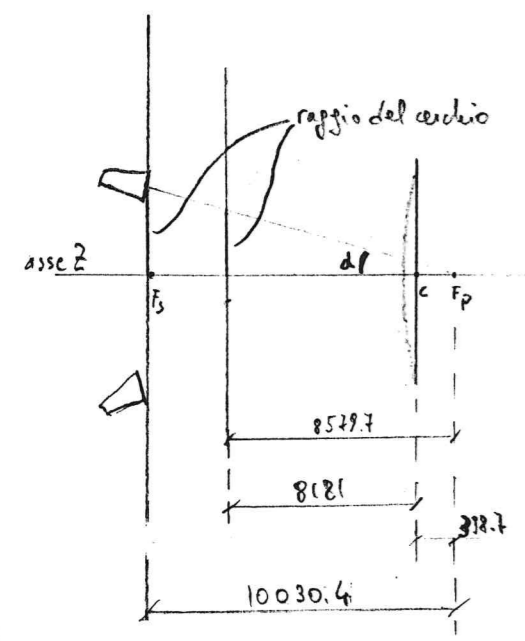
direzioni opposte. L'analisi delle extracorse porge le coppie di valori riportate in grassetto alla colonna BEAM SWITCHING ANGLE.

Innanzitutto lo spostamento puo` essere fatto verso ovest o verso est, intendendosi che se l'antenna fosse in stow position il fascio punterebbe verso quella direzione; sussistono quindi due colonne di beam switching, in generale con angoli di off source diversi. Si notera` che tali angoli sono identici solo nelle posizioni di vertex angle 0 e 180°, al di fuori di queste si hanno maggiori angoli di off ma solo in una direzione, verso ovest nel semicerchio est, verso est nel semicerchio ovest (vedi anche fig. 6). Questo comportamento non cambia cambiando circonferenza, ma solo l'entita` dell'angolo consentito. Ad esempio, facendo riferimento alla circonferenza a 4 gradi (tab. 5), si hanno circa 20', disponibili da entrambi i lati a vertex angle=0,180°, il che e` compatibile con un ricevitore con al massimo 4' di beam ($f \geq 11\text{GHz}$); il massimo di angolo off lo si ha per vertex angle=90,270° il che porge per feed di frequenza piu' bassa (intorno ai 7' di beam).

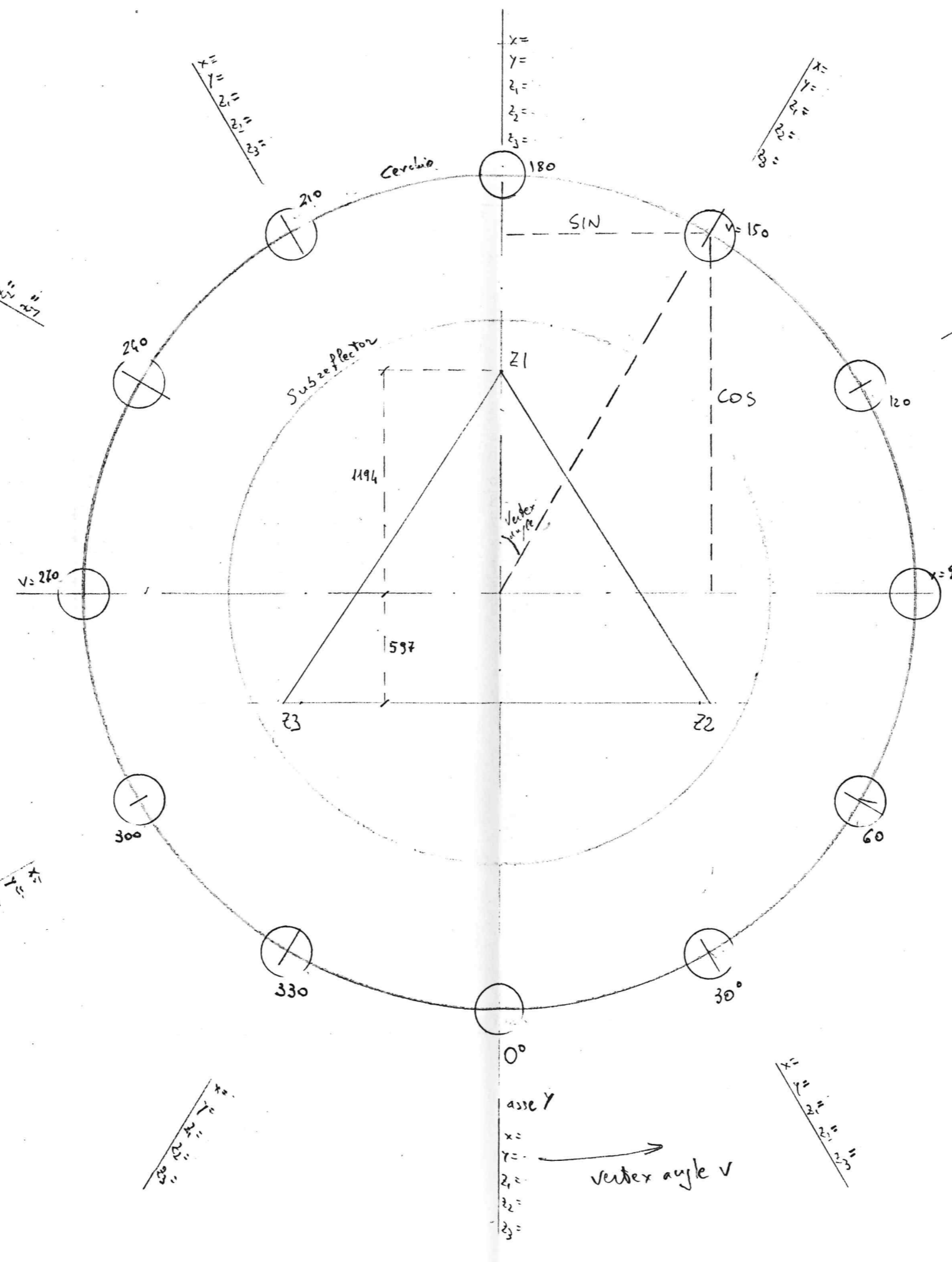
Da queste prime considerazioni e` evidente come la collocazione dei vari feed nel cerchio della vertex vada attentamente ragionata.

$x =$
 $z_1 =$
 $z_2 =$
 $z_3 =$

$\alpha = 2, 3, 4^\circ$
Vertex angle = $0 \dots 360^\circ$



$x =$
 $y =$
 $z_1 =$
 $z_2 =$
 $z_3 =$



$x =$
 $y =$
 $z_1 =$
 $z_2 =$
 $z_3 =$

$x =$
 $z_1 =$
 $z_2 =$
 $z_3 =$

$x =$
 $z_1 =$
 $z_2 =$
 $z_3 =$

$x =$
 $z_1 =$
 $z_2 =$
 $z_3 =$

Fig. 6

| | | Rotazione attorno asse X | | | | | | Rotazione attorno asse Y | | | | | | Escursione complessiva assi subrilettore | | | | | | |
|--------------------|-----------------------|--------------------------|---------|---------|------------|------------------|------------|--------------------------|---------|------------|------------|------------|------------|--|------------|------------|--------|--------|-------|--|
| Vertex angle(°) | Vertex angle(rad.) | SIN | COS | RotX(°) | RotX(rad.) | Z1 (mm) | Z2 (mm) | Z3 (mm) | RotY(°) | RotY(rad.) | Z1 (mm) | Z2 (mm) | Z3 (mm) | Z1 (mm) | Z2 (mm) | Z3 (mm) | X | Y | | |
| 2 | 0.03491 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | CERCHIO DI GRADI | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 350.27 | 2.000 | 0.035 | 41.69 | -20.84 | -20.84 | 0.000 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 41.69 | -20.84 | -20.84 | 0.00 | 0.00 | 18.97 | |
| 10 | 0.17 | 60.82 | 344.95 | 1.970 | 0.034 | 41.06 | -20.53 | -20.53 | 0.347 | 0.006 | 0.00 | -6.27 | 6.27 | 41.06 | -26.80 | -14.26 | 3.29 | 18.68 | | |
| 20 | 0.35 | 119.80 | 329.15 | 1.879 | 0.033 | 39.17 | -19.59 | -19.59 | 0.684 | 0.012 | 0.00 | -12.35 | 12.35 | 39.17 | -31.94 | -7.24 | 6.49 | 17.83 | | |
| 30 | 0.52 | 175.13 | 303.34 | 1.732 | 0.030 | 36.10 | -18.05 | -18.05 | 1.000 | 0.017 | 0.00 | -18.05 | 18.05 | 36.10 | -36.10 | 0.00 | 9.49 | 16.43 | | |
| 40 | 0.70 | 225.15 | 268.32 | 1.532 | 0.027 | 31.94 | -15.97 | -15.97 | 1.286 | 0.022 | 0.00 | -23.21 | 23.21 | 31.94 | -39.17 | 7.24 | 12.19 | 14.53 | | |
| 50 | 0.87 | 268.32 | 225.15 | 1.286 | 0.022 | 26.80 | -13.40 | -13.40 | 1.532 | 0.027 | 0.00 | -27.66 | 27.66 | 26.80 | -41.06 | 14.26 | 14.53 | 12.19 | | |
| 60 | 1.05 | 303.34 | 175.13 | 1.000 | 0.017 | 20.84 | -10.42 | -10.42 | 1.732 | 0.030 | 0.00 | -31.27 | 31.27 | 20.84 | -41.69 | 20.84 | 16.43 | 9.49 | | |
| 70 | 1.22 | 329.15 | 119.80 | 0.684 | 0.012 | 14.26 | -7.13 | -7.13 | 1.879 | 0.034 | 0.00 | -35.55 | 35.55 | 14.26 | -41.06 | 26.80 | 17.83 | 6.49 | | |
| 80 | 1.40 | 344.95 | 60.82 | 0.347 | 0.006 | 7.24 | -3.62 | -3.62 | 1.970 | 0.035 | 0.00 | -36.10 | 36.10 | 7.24 | -39.17 | 31.94 | 18.68 | 3.29 | | |
| 90 | 1.57 | 350.27 | 0.00 | 0.000 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.000 | 0.035 | 0.00 | -36.10 | 36.10 | 0.00 | -36.10 | 36.10 | 18.97 | 0.00 | | |
| 100 | 1.75 | 344.95 | -60.82 | -0.347 | -0.006 | -7.24 | 3.62 | 3.62 | 1.970 | 0.034 | 0.00 | -35.55 | 35.55 | -7.24 | -31.94 | 39.17 | 18.68 | -3.29 | | |
| 110 | 1.92 | 329.15 | -119.80 | -0.684 | -0.012 | -14.26 | 7.13 | 7.13 | 1.879 | 0.033 | 0.00 | -33.93 | 33.93 | -14.26 | -26.80 | 41.06 | 17.83 | -6.49 | | |
| 120 | 2.09 | 303.34 | -175.13 | -1.000 | -0.017 | -20.84 | 10.42 | 10.42 | 1.732 | 0.030 | 0.00 | -31.27 | 31.27 | -20.84 | -20.84 | 41.69 | 16.43 | -9.49 | | |
| 130 | 2.27 | 268.32 | -225.15 | -1.286 | -0.022 | -26.80 | 13.40 | 13.40 | 1.532 | 0.027 | 0.00 | -27.66 | 27.66 | -26.80 | -14.26 | 41.06 | 14.53 | -12.19 | | |
| 140 | 2.44 | 225.15 | -268.32 | -1.532 | -0.027 | -31.94 | 15.97 | 15.97 | 1.286 | 0.022 | 0.00 | -23.21 | 23.21 | -31.94 | -7.24 | 39.17 | 12.19 | -14.53 | | |
| 150 | 2.62 | 175.13 | -303.34 | -1.732 | -0.030 | -36.10 | 18.05 | 18.05 | 1.000 | 0.017 | 0.00 | -18.05 | 18.05 | -36.10 | 0.00 | 36.10 | 9.49 | -16.43 | | |
| 160 | 2.79 | 119.80 | -329.15 | -1.879 | -0.033 | -39.17 | 19.59 | 19.59 | 0.684 | 0.012 | 0.00 | -12.35 | 12.35 | -39.17 | 7.24 | 31.94 | 6.49 | -17.83 | | |
| 170 | 2.97 | 60.82 | -344.95 | -1.970 | -0.034 | -41.06 | 20.53 | 20.53 | 0.347 | 0.006 | 0.00 | -6.27 | 6.27 | -41.06 | 14.26 | 26.80 | 3.29 | -18.68 | | |
| 180 | 3.14 | 0.00 | -350.27 | -2.000 | -0.035 | -41.69 | 20.84 | 20.84 | 0.000 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -41.69 | 20.84 | 20.84 | 0.00 | -18.97 | | |
| 190 | 3.32 | -60.82 | -344.95 | -1.970 | -0.034 | -41.06 | 20.53 | 20.53 | -0.347 | -0.006 | 0.00 | 6.27 | -6.27 | -41.06 | 26.80 | 14.26 | -3.29 | -18.68 | | |
| 200 | 3.49 | -119.80 | -329.15 | -1.879 | -0.033 | -39.17 | 19.59 | 19.59 | -0.684 | -0.012 | 0.00 | 12.35 | -12.35 | -39.17 | 31.94 | 7.24 | -6.49 | -17.83 | | |
| 210 | 3.67 | -175.13 | -303.34 | -1.732 | -0.030 | -36.10 | 18.05 | 18.05 | -1.000 | -0.017 | 0.00 | 18.05 | -18.05 | -36.10 | 36.10 | 0.00 | -9.49 | -16.43 | | |
| 220 | 3.84 | -225.15 | -268.32 | -1.532 | -0.027 | -31.94 | 15.97 | 15.97 | -1.286 | -0.022 | 0.00 | 23.21 | -23.21 | -31.94 | 39.17 | -7.24 | -12.19 | -14.53 | | |
| 230 | 4.01 | -268.32 | -225.15 | -1.286 | -0.022 | -26.80 | 13.40 | 13.40 | -1.532 | -0.027 | 0.00 | 27.66 | -27.66 | -26.80 | 41.06 | -14.26 | -14.53 | -12.19 | | |
| 240 | 4.19 | -303.34 | -175.13 | -1.000 | -0.017 | -20.84 | 10.42 | 10.42 | -1.732 | -0.030 | 0.00 | 31.27 | -31.27 | -20.84 | 41.69 | -20.84 | -16.43 | -9.49 | | |
| 250 | 4.36 | -329.15 | -119.80 | -0.684 | -0.012 | -14.26 | 7.13 | 7.13 | -1.879 | -0.034 | 0.00 | 33.93 | -33.93 | -14.26 | 41.06 | -26.80 | -17.83 | -6.49 | | |
| 260 | 4.54 | -344.95 | -60.82 | -0.347 | -0.006 | -7.24 | 3.62 | 3.62 | -1.970 | -0.035 | 0.00 | 35.55 | -35.55 | -7.24 | 39.17 | -31.94 | -18.68 | -3.29 | | |
| 270 | 4.71 | -350.27 | 0.00 | 0.000 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -2.000 | -0.035 | 0.00 | 36.10 | -36.10 | 0.00 | -36.10 | 36.10 | -18.97 | 0.00 | | |
| 280 | 4.89 | -344.95 | 60.82 | 0.347 | 0.006 | 7.24 | -3.62 | -3.62 | -1.970 | -0.034 | 0.00 | -35.55 | 35.55 | 7.24 | -31.94 | -39.17 | -18.68 | 3.29 | | |
| 290 | 5.06 | -329.15 | 119.80 | 0.684 | 0.012 | 14.26 | -7.13 | -7.13 | -1.879 | -0.033 | 0.00 | 33.93 | -33.93 | 14.26 | 26.80 | -41.06 | -17.83 | 6.49 | | |
| 300 | 5.24 | -303.34 | 175.13 | 1.000 | 0.017 | 20.84 | -10.42 | -10.42 | -1.732 | -0.030 | 0.00 | 31.27 | -31.27 | 20.84 | 20.84 | -41.69 | -16.43 | 9.49 | | |
| 310 | 5.41 | -268.32 | 225.15 | 1.286 | 0.022 | 26.80 | -13.40 | -13.40 | -1.532 | -0.027 | 0.00 | 27.66 | -27.66 | 26.80 | 14.26 | -41.06 | -14.53 | 12.19 | | |
| 320 | 5.59 | -225.15 | 268.32 | 1.532 | 0.027 | 31.94 | -15.97 | -15.97 | -1.286 | -0.022 | 0.00 | 23.21 | -23.21 | 31.94 | 7.24 | -39.17 | -12.19 | 14.53 | | |
| 330 | 5.76 | -175.13 | 303.34 | 1.732 | 0.030 | 36.10 | -18.05 | -18.05 | -1.000 | -0.017 | 0.00 | 18.05 | -18.05 | 36.10 | 0.00 | -36.10 | -9.49 | 16.43 | | |
| 340 | 5.93 | -119.80 | 329.15 | 1.879 | 0.033 | 39.17 | -19.59 | -19.59 | -0.684 | -0.012 | 0.00 | 12.35 | -12.35 | 39.17 | -7.24 | 31.94 | -6.49 | 17.83 | | |
| 350 | 6.11 | -60.82 | 344.95 | 1.970 | 0.034 | 41.06 | -20.53 | -20.53 | -0.347 | -0.006 | 0.00 | 6.27 | -6.27 | 41.06 | -14.26 | -26.80 | -3.29 | 18.68 | | |

| Vertex angle(gra.) | Vertex angle(rad.) | SIN | COS | RotX(gra.) | RotX(rad.) | Rotazione attorno asse X | | | Rotazione attorno asse Y | | | Escursione complessiva assi subflettore | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|---------|---------|------------|------------|--------------------------|------------|------------|--------------------------|------------|------------|---|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | | | Z1 (mm) | Z2 (mm) | Z3 (mm) | Z1 (mm) | Z2 (mm) | Z3 (mm) | X (mm) | Y (mm) | | | | | |
| 3 | 0.05236 | | | | | CERCHIO DI GRADI 3 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 525.67 | 3.000 | 0.052 | 62.56 | -31.28 | -31.28 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 62.56 | -31.28 | -31.28 | 0.00 | 14.22 | |
| 10 | 0.17 | 91.28 | 517.68 | 2.955 | 0.052 | 61.61 | -30.81 | -30.81 | 0.521 | 0.009 | 0.00 | -9.41 | 61.61 | -40.22 | -21.40 | 2.47 | 14.00 | |
| 20 | 0.35 | 179.79 | 493.97 | 2.819 | 0.049 | 58.79 | -29.40 | -29.40 | 0.018 | 0.018 | 0.00 | -18.53 | 58.79 | -47.93 | -10.86 | 4.86 | 13.36 | |
| 30 | 0.52 | 262.84 | 455.24 | 2.599 | 0.045 | 54.18 | -27.09 | -27.09 | 0.026 | 0.026 | 0.00 | -27.09 | 54.18 | -54.18 | 0.00 | 7.11 | 12.31 | |
| 40 | 0.70 | 337.89 | 402.69 | 2.299 | 0.040 | 47.93 | -23.96 | -23.96 | 0.034 | 0.034 | 0.00 | -34.83 | 47.93 | -58.79 | 10.86 | 9.14 | 10.89 | |
| 50 | 0.87 | 402.69 | 337.89 | 1.929 | 0.034 | 40.22 | -20.11 | -20.11 | 0.040 | 0.040 | 0.00 | -41.51 | 41.51 | 41.51 | 40.22 | -61.61 | 21.40 | 10.89 |
| 60 | 1.05 | 455.24 | 262.84 | 1.501 | 0.026 | 31.28 | -15.64 | -15.64 | 0.049 | 0.049 | 0.00 | -46.92 | 46.92 | 31.28 | -62.56 | 31.28 | 12.31 | 7.11 |
| 70 | 1.22 | 493.97 | 179.79 | 1.027 | 0.018 | 21.40 | -10.70 | -10.70 | 0.052 | 0.052 | 0.00 | -53.36 | 53.36 | 21.40 | -61.61 | 40.22 | 13.36 | 4.86 |
| 80 | 1.40 | 517.68 | 91.28 | 0.521 | 0.009 | 10.86 | -5.43 | -5.43 | 0.052 | 0.052 | 0.00 | -54.18 | 54.18 | 10.86 | -58.79 | 47.93 | 14.00 | 2.47 |
| 90 | 1.57 | 525.67 | 0.00 | 0.000 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.052 | 0.052 | 0.00 | -53.36 | 53.36 | 0.00 | -54.18 | 54.18 | 14.22 | 0.00 |
| 100 | 1.75 | 517.68 | -91.28 | -0.521 | -0.009 | -10.86 | 5.43 | 5.43 | 0.052 | 0.052 | 0.00 | -53.36 | 53.36 | -10.86 | -47.93 | 58.79 | 14.00 | -2.47 |
| 110 | 1.92 | 493.97 | -179.79 | -1.027 | -0.018 | -21.40 | 10.70 | 10.70 | 0.049 | 0.049 | 0.00 | -46.92 | 46.92 | -21.40 | -40.22 | 61.61 | 13.36 | -4.86 |
| 120 | 2.09 | 455.24 | -262.84 | -1.501 | -0.026 | -31.28 | 15.64 | 15.64 | 0.045 | 0.045 | 0.00 | -46.92 | 46.92 | -31.28 | -31.28 | 62.56 | 12.31 | -7.11 |
| 130 | 2.27 | 402.69 | -337.89 | -1.929 | -0.034 | -40.22 | 20.11 | 20.11 | 0.040 | 0.040 | 0.00 | -41.51 | 41.51 | -40.22 | -21.40 | 61.61 | 10.89 | -9.14 |
| 140 | 2.44 | 337.89 | -402.69 | -2.299 | -0.040 | -47.93 | 23.96 | 23.96 | 0.034 | 0.034 | 0.00 | -34.83 | 34.83 | -47.93 | -10.86 | 58.79 | 7.11 | -10.89 |
| 150 | 2.62 | 262.84 | -455.24 | -2.599 | -0.045 | -54.18 | 27.09 | 27.09 | 0.026 | 0.026 | 0.00 | -27.09 | 27.09 | -54.18 | 0.00 | 54.18 | 4.86 | -13.36 |
| 160 | 2.79 | 179.79 | -493.97 | -2.819 | -0.049 | -58.79 | 29.40 | 29.40 | 0.018 | 0.018 | 0.00 | -18.53 | 18.53 | -58.79 | 10.86 | 47.93 | 4.86 | -14.00 |
| 170 | 2.97 | 91.28 | -517.68 | -2.955 | -0.052 | -61.61 | 30.81 | 30.81 | 0.009 | 0.009 | 0.00 | -9.41 | 9.41 | -61.61 | 21.40 | 40.22 | 2.47 | -14.00 |
| 180 | 3.14 | 0.00 | -525.67 | -3.000 | -0.052 | -62.56 | 31.28 | 31.28 | 0.000 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -62.56 | 31.28 | 21.40 | 0.00 | -14.22 |
| 190 | 3.32 | -91.28 | -517.68 | -2.955 | -0.052 | -61.61 | 30.81 | 30.81 | -0.009 | -0.009 | 0.00 | 9.41 | -9.41 | -61.61 | 40.22 | 21.40 | -2.47 | -14.00 |
| 200 | 3.49 | -179.79 | -493.97 | -2.819 | -0.049 | -58.79 | 29.40 | 29.40 | -0.018 | -0.018 | 0.00 | 18.53 | -18.53 | -58.79 | 47.93 | 10.86 | -4.86 | -13.36 |
| 210 | 3.67 | -262.84 | -455.24 | -2.599 | -0.045 | -54.18 | 27.09 | 27.09 | -0.026 | -0.026 | 0.00 | 27.09 | -27.09 | -54.18 | 54.18 | 0.00 | -7.11 | -12.31 |
| 220 | 3.84 | -337.89 | -402.69 | -2.299 | -0.040 | -47.93 | 23.96 | 23.96 | -0.034 | -0.034 | 0.00 | 34.83 | -34.83 | -47.93 | 58.79 | -10.86 | -9.14 | -10.89 |
| 230 | 4.01 | -402.69 | -337.89 | -1.929 | -0.034 | -40.22 | 20.11 | 20.11 | -0.040 | -0.040 | 0.00 | 41.51 | -41.51 | -40.22 | 61.61 | -21.40 | -10.89 | -9.14 |
| 240 | 4.19 | -455.24 | -262.84 | -1.501 | -0.026 | -31.28 | 15.64 | 15.64 | -0.045 | -0.045 | 0.00 | 46.92 | -46.92 | -31.28 | 62.56 | -31.28 | -12.31 | -7.11 |
| 250 | 4.36 | -493.97 | -179.79 | -1.027 | -0.018 | -21.40 | 10.70 | 10.70 | -0.049 | -0.049 | 0.00 | 50.91 | -50.91 | -21.40 | 61.61 | -40.22 | -13.36 | -4.86 |
| 260 | 4.54 | -517.68 | -91.28 | -0.521 | -0.009 | -10.86 | 5.43 | 5.43 | -0.052 | -0.052 | 0.00 | 53.36 | -53.36 | -10.86 | 58.79 | -47.93 | -14.00 | -2.47 |
| 270 | 4.71 | -525.67 | 0.00 | 0.000 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.052 | -0.052 | 0.00 | 54.18 | -54.18 | 0.00 | -54.18 | 54.18 | 14.22 | 0.00 |
| 280 | 4.89 | -517.68 | 91.28 | 0.521 | 0.009 | 10.86 | -5.43 | -5.43 | -0.052 | -0.052 | 0.00 | 53.36 | -53.36 | 10.86 | -58.79 | -47.93 | -14.00 | 2.47 |
| 290 | 5.06 | -493.97 | 179.79 | 1.027 | 0.018 | 21.40 | -10.70 | -10.70 | -0.049 | -0.049 | 0.00 | 50.91 | -50.91 | 21.40 | 40.22 | -61.61 | -13.36 | 4.86 |
| 300 | 5.24 | -455.24 | 262.84 | 1.501 | 0.026 | 31.28 | -15.64 | -15.64 | -0.045 | -0.045 | 0.00 | 46.92 | -46.92 | 31.28 | -62.56 | -12.31 | -7.11 | 9.14 |
| 310 | 5.41 | -402.69 | 337.89 | 1.929 | 0.034 | 40.22 | -20.11 | -20.11 | -0.040 | -0.040 | 0.00 | 41.51 | -41.51 | 40.22 | 61.61 | -21.40 | -10.89 | 9.14 |
| 320 | 5.59 | -337.89 | 402.69 | 2.299 | 0.040 | 47.93 | -23.96 | -23.96 | -0.034 | -0.034 | 0.00 | 34.83 | -34.83 | 47.93 | -58.79 | 10.86 | -9.14 | 10.89 |
| 330 | 5.76 | -262.84 | 455.24 | 2.599 | 0.045 | 54.18 | -27.09 | -27.09 | -0.026 | -0.026 | 0.00 | 27.09 | -27.09 | 54.18 | 0.00 | -54.18 | -7.11 | 12.31 |
| 340 | 5.93 | -179.79 | 493.97 | 2.819 | 0.049 | 58.79 | -29.40 | -29.40 | -0.018 | -0.018 | 0.00 | 18.53 | -18.53 | 58.79 | -10.86 | -47.93 | -4.86 | 13.36 |
| 350 | 6.11 | -91.28 | 517.68 | 2.955 | 0.052 | 61.61 | -30.81 | -30.81 | -0.009 | -0.009 | 0.00 | 9.41 | -9.41 | 61.61 | -21.40 | -40.22 | -2.47 | 14.00 |

| Vertex angle(rad.) | Vertex angle(rad.) | SIN | COS | Rotazione attorno asse X | | | | | | Rotazione attorno asse Y | | | | | | Eскурione complessiva assi subriflettore | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|---------|---------|--------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | RotX(igr.) | RotX(rad.) | Z1 (mm) | Z2 (mm) | Z3 (mm) | RotY(igr.) | RotY(rad.) | Z1 (mm) | Z2 (mm) | Z3 (mm) | Z1 (mm) | Z2 (mm) | Z3 (mm) | X | Y | | | |
| 0 | 0,00 | 0,00 | 701,39 | 4,000 | 0,070 | 83,48 | -41,74 | -41,74 | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 83,48 | -41,74 | -41,74 | 0,00 | 0,00 | 18,97 |
| 10 | 0,17 | 121,80 | 690,74 | 3,939 | 0,069 | 82,21 | -41,11 | -41,11 | 0,696 | 0,012 | 0,00 | -12,55 | 12,55 | 0,00 | 82,21 | -53,66 | -28,55 | -28,55 | 3,29 | 18,68 | 17,83 |
| 20 | 0,35 | 239,89 | 659,09 | 3,759 | 0,066 | 78,44 | -39,22 | -39,22 | 1,370 | 0,024 | 0,00 | -24,73 | 24,73 | 0,00 | 78,44 | -63,95 | -14,50 | -14,50 | 6,49 | 17,83 | 16,43 |
| 30 | 0,52 | 350,70 | 607,42 | 3,466 | 0,060 | 72,29 | -36,15 | -36,15 | 2,002 | 0,035 | 0,00 | -36,15 | 36,15 | 0,00 | 72,29 | -72,29 | 0,00 | 0,00 | 9,49 | 16,43 | 14,53 |
| 40 | 0,70 | 450,85 | 537,30 | 3,066 | 0,054 | 63,95 | -31,97 | -31,97 | 2,574 | 0,045 | 0,00 | -46,47 | 46,47 | 0,00 | 63,95 | -78,44 | 14,50 | 14,50 | 12,19 | 14,53 | 12,19 |
| 50 | 0,87 | 537,30 | 450,85 | 2,574 | 0,045 | 53,66 | -26,83 | -26,83 | 3,066 | 0,054 | 0,00 | -55,38 | 55,38 | 0,00 | 53,66 | -82,21 | 28,55 | 28,55 | 14,53 | 14,53 | 12,19 |
| 60 | 1,05 | 607,42 | 350,70 | 2,002 | 0,035 | 41,74 | -20,87 | -20,87 | 3,466 | 0,060 | 0,00 | -62,61 | 62,61 | 0,00 | 41,74 | -83,48 | 41,74 | 16,43 | 16,43 | 9,49 | 9,49 |
| 70 | 1,22 | 659,09 | 239,89 | 1,370 | 0,024 | 28,55 | -14,28 | -14,28 | 3,759 | 0,066 | 0,00 | -67,93 | 67,93 | 0,00 | 28,55 | -82,21 | 53,66 | 17,83 | 17,83 | 6,49 | 6,49 |
| 80 | 1,40 | 690,74 | 121,80 | 0,696 | 0,012 | 14,50 | -7,25 | -7,25 | 3,939 | 0,069 | 0,00 | -71,20 | 71,20 | 0,00 | 14,50 | -78,44 | 63,95 | 18,68 | 18,68 | 3,29 | 3,29 |
| 90 | 1,57 | 701,39 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,000 | 0,070 | 0,00 | -72,29 | 72,29 | 0,00 | 0,00 | -72,29 | 72,29 | 72,29 | 18,97 | 18,97 | 0,00 |
| 100 | 1,75 | 690,74 | -121,80 | -0,696 | -0,012 | -14,50 | 7,25 | 7,25 | 3,939 | 0,069 | 0,00 | -71,20 | 71,20 | 0,00 | -14,50 | -63,95 | -78,44 | 18,68 | 18,68 | -3,29 | -3,29 |
| 110 | 1,92 | 659,09 | -239,89 | -1,370 | -0,024 | -28,55 | 14,28 | 14,28 | 3,759 | 0,066 | 0,00 | -67,93 | 67,93 | 0,00 | -28,55 | -53,66 | -82,21 | 17,83 | 17,83 | -6,49 | -6,49 |
| 120 | 2,09 | 607,42 | -350,70 | -2,002 | -0,035 | -41,74 | 20,87 | 20,87 | 3,466 | 0,060 | 0,00 | -62,61 | 62,61 | 0,00 | -41,74 | -41,74 | 83,48 | 16,43 | 16,43 | -9,49 | -9,49 |
| 130 | 2,27 | 537,30 | -450,85 | -2,574 | -0,045 | -53,66 | 26,83 | 26,83 | 3,066 | 0,054 | 0,00 | -55,38 | 55,38 | 0,00 | -53,66 | -28,55 | 82,21 | 14,53 | 14,53 | -12,19 | -12,19 |
| 140 | 2,44 | 450,85 | -537,30 | -3,066 | -0,054 | -63,95 | 31,97 | 31,97 | 2,574 | 0,045 | 0,00 | -46,47 | 46,47 | 0,00 | -63,95 | -14,50 | 78,44 | 12,19 | 12,19 | -14,53 | -14,53 |
| 150 | 2,62 | 350,70 | -607,42 | -3,466 | -0,060 | -72,29 | 36,15 | 36,15 | 2,002 | 0,035 | 0,00 | -36,15 | 36,15 | 0,00 | -72,29 | 0,00 | 72,29 | 9,49 | 9,49 | -16,43 | -16,43 |
| 160 | 2,79 | 239,89 | -659,09 | -3,759 | -0,066 | -82,21 | 39,22 | 39,22 | 1,370 | 0,024 | 0,00 | -24,73 | 24,73 | 0,00 | -82,21 | 28,55 | 63,95 | 6,49 | 6,49 | -17,83 | -17,83 |
| 170 | 2,97 | 121,80 | -690,74 | -3,939 | -0,069 | -83,48 | 41,11 | 41,11 | 0,696 | 0,012 | 0,00 | -12,55 | 12,55 | 0,00 | -83,48 | 41,74 | 41,74 | 0,00 | 0,00 | -18,68 | -18,68 |
| 180 | 3,14 | 0,00 | -701,39 | -4,000 | -0,070 | -83,48 | 41,74 | 41,74 | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -82,21 | 53,66 | 28,55 | 3,29 | 3,29 | -17,83 | -17,83 |
| 190 | 3,32 | -121,80 | -690,74 | -3,939 | -0,069 | -82,21 | 41,11 | 41,11 | -0,696 | -0,012 | 0,00 | 12,55 | -12,55 | 0,00 | -78,44 | 63,95 | 14,50 | 14,50 | -6,49 | -6,49 | -17,83 |
| 200 | 3,49 | -239,89 | -659,09 | -3,759 | -0,066 | -78,44 | 39,22 | 39,22 | -1,370 | -0,024 | 0,00 | 24,73 | -24,73 | 0,00 | -72,29 | 63,95 | 72,29 | 0,00 | 0,00 | -9,49 | -9,49 |
| 210 | 3,67 | -350,70 | -607,42 | -3,466 | -0,060 | -72,29 | 36,15 | 36,15 | -2,002 | -0,035 | 0,00 | 36,15 | -36,15 | 0,00 | -72,29 | 72,29 | 0,00 | 0,00 | -12,19 | -12,19 | -14,53 |
| 220 | 3,84 | -450,85 | -537,30 | -3,066 | -0,054 | -63,95 | 31,97 | 31,97 | -2,574 | -0,045 | 0,00 | 46,47 | -46,47 | 0,00 | -63,95 | 78,44 | -14,50 | -14,50 | -12,19 | -12,19 | -14,53 |
| 230 | 4,01 | -537,30 | -450,85 | -2,574 | -0,045 | -53,66 | 26,83 | 26,83 | -3,066 | -0,054 | 0,00 | 55,38 | -55,38 | 0,00 | -53,66 | 82,21 | -28,55 | -28,55 | -14,53 | -12,19 | -12,19 |
| 240 | 4,19 | -607,42 | -350,70 | -2,002 | -0,035 | -41,74 | 20,87 | 20,87 | -3,466 | -0,060 | 0,00 | 62,61 | -62,61 | 0,00 | -41,74 | 83,48 | -41,74 | 16,43 | 16,43 | -9,49 | -9,49 |
| 250 | 4,36 | -659,09 | -239,89 | -1,370 | -0,024 | -28,55 | 14,28 | 14,28 | -3,466 | -0,066 | 0,00 | 67,93 | -67,93 | 0,00 | -28,55 | 82,21 | -53,66 | -17,83 | -17,83 | -6,49 | -6,49 |
| 260 | 4,54 | -690,74 | -121,80 | -0,696 | -0,012 | -14,50 | 7,25 | 7,25 | -3,939 | -0,069 | 0,00 | 71,20 | -71,20 | 0,00 | -14,50 | 78,44 | -63,95 | -18,68 | -18,68 | -3,29 | -3,29 |
| 270 | 4,71 | -701,39 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -4,000 | -0,070 | 0,00 | 72,29 | -72,29 | 0,00 | 14,50 | 72,29 | -72,29 | -18,97 | -18,97 | 0,00 | 0,00 |
| 280 | 4,89 | -690,74 | 121,80 | 0,696 | 0,012 | 14,50 | -7,25 | -7,25 | -3,939 | -0,069 | 0,00 | -71,20 | 71,20 | 0,00 | -14,50 | 63,95 | -78,44 | 18,68 | 18,68 | 3,29 | 3,29 |
| 290 | 5,06 | -659,09 | 239,89 | 1,370 | 0,024 | 28,55 | -14,28 | -14,28 | -3,759 | -0,066 | 0,00 | 67,93 | -67,93 | 0,00 | 28,55 | 53,66 | -82,21 | -17,83 | -17,83 | 6,49 | 6,49 |
| 300 | 5,24 | -607,42 | 350,70 | 2,002 | 0,035 | 41,74 | -20,87 | -20,87 | -3,466 | -0,060 | 0,00 | 62,61 | -62,61 | 0,00 | 41,74 | -83,48 | 41,74 | 16,43 | 16,43 | 9,49 | 9,49 |
| 310 | 5,41 | -537,30 | 450,85 | 2,574 | 0,045 | 53,66 | -26,83 | -26,83 | -3,066 | -0,054 | 0,00 | 55,38 | -55,38 | 0,00 | 53,66 | 28,55 | -82,21 | -14,53 | -14,53 | 12,19 | 12,19 |
| 320 | 5,59 | -450,85 | 537,30 | 3,066 | 0,054 | 63,95 | -31,97 | -31,97 | -2,574 | -0,045 | 0,00 | 46,47 | -46,47 | 0,00 | 63,95 | 14,50 | -78,44 | 12,19 | 12,19 | 14,53 | 14,53 |
| 330 | 5,76 | -350,70 | 607,42 | 3,466 | 0,060 | 72,29 | -36,15 | -36,15 | -2,002 | -0,035 | 0,00 | 36,15 | -36,15 | 0,00 | 72,29 | 0,00 | 72,29 | -9,49 | -9,49 | 16,43 | 16,43 |
| 340 | 5,93 | -239,89 | 659,09 | 3,759 | 0,066 | 82,21 | -39,22 | -39,22 | -1,370 | -0,024 | 0,00 | 24,73 | -24,73 | 0,00 | 82,21 | -14,50 | -63,95 | -6,49 | -6,49 | 17,83 | 17,83 |
| 350 | 6,11 | -121,80 | 690,74 | 3,939 | 0,069 | 82,21 | -41,11 | -41,11 | -0,696 | -0,012 | 0,00 | 12,55 | -12,55 | 0,00 | 82,21 | -28,55 | -53,66 | -3,29 | -3,29 | 18,68 | 18,68 |

| Z1 sw limit | | Z2 sw limit | | Z3 sw limit | | RICEVITORI OFFSET DI 3 GRADI | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|------------------------------|-------------------|----------|------------|------------|-------------------|-----------|------------|------------|--|
| Basso | Alto | Basso | Alto | Basso | Alto | | | | | | | | | | |
| CORSE DISPONIBILI PER BEAM SWITCHING | | | | | | Vertex | INC. DI POSIZIONE | WEST | POS.FINALE | POS.FINALE | INC. DI POSIZIONE | EAST | POS.FINALE | POS.FINALE | |
| | | | | | | angle(°) | (mm) | BEAM SW. | Z2 | Z3 | (mm) | ANGLE (°) | Z2 | Z3 | |
| 27.44 | -152.56 | 121.28 | -58.72 | 121.28 | -58.72 | 0 | 58.72 | 23.79 | 27.44 | -90.00 | -58.72 | -23.79 | -90.00 | 27.44 | |
| 28.39 | -151.61 | 130.22 | -49.78 | 111.40 | -68.60 | 10 | 68.60 | 27.79 | 28.39 | -90.00 | -49.78 | -20.18 | -90.00 | 28.39 | |
| 31.21 | -148.79 | 137.93 | -42.07 | 100.86 | -79.14 | 20 | 79.14 | 32.04 | 31.21 | -90.00 | -42.07 | -17.06 | -90.00 | 31.21 | |
| 35.82 | -144.18 | 144.18 | -35.82 | 90.00 | -90.00 | 30 | 90.00 | 36.42 | 35.82 | -90.00 | -35.82 | -14.52 | -90.00 | 35.82 | |
| 42.07 | -137.93 | 148.79 | -31.21 | 79.14 | -100.86 | 40 | 100.86 | 40.79 | 42.07 | -90.00 | -31.21 | -12.66 | -90.00 | 42.07 | |
| 49.78 | -130.22 | 151.61 | -28.39 | 68.60 | -111.40 | 50 | 111.40 | 45.02 | 49.78 | -90.00 | -28.39 | -11.13 | -90.00 | 49.78 | |
| 58.72 | -121.28 | 152.56 | -27.44 | 58.72 | -121.28 | 60 | 121.28 | 48.98 | 58.72 | -90.00 | -27.44 | -11.51 | -90.00 | 58.72 | |
| 68.60 | -111.40 | 151.61 | -28.39 | 49.78 | -130.22 | 70 | 130.22 | 52.55 | 68.60 | -90.00 | -28.39 | -11.51 | -90.00 | 68.60 | |
| 79.14 | -100.86 | 148.79 | -31.21 | 42.07 | -137.93 | 80 | 137.93 | 55.62 | 79.14 | -90.00 | -31.21 | -12.66 | -90.00 | 79.14 | |
| 90.00 | -90.00 | 144.18 | -35.82 | 35.82 | -144.18 | 90 | 144.18 | 58.11 | 90.00 | -90.00 | -35.82 | -14.52 | -90.00 | 90.00 | |
| 100.86 | -79.14 | 137.93 | -42.07 | 31.21 | -148.79 | 100 | 137.93 | 55.62 | 100.86 | -90.00 | -42.07 | -12.66 | -90.00 | 100.86 | |
| 111.40 | -68.60 | 130.22 | -49.78 | 28.39 | -151.61 | 110 | 130.22 | 52.55 | 111.40 | -90.00 | -49.78 | -11.51 | -90.00 | 111.40 | |
| 121.28 | -58.72 | 121.28 | -58.72 | 27.44 | -151.61 | 120 | 121.28 | 48.98 | 121.28 | -90.00 | -58.72 | -11.13 | -90.00 | 121.28 | |
| 130.22 | -49.78 | 111.40 | -68.60 | 28.39 | -151.61 | 130 | 111.40 | 45.02 | 130.22 | -90.00 | -49.78 | -12.66 | -90.00 | 130.22 | |
| 137.93 | -42.07 | 100.86 | -79.14 | 31.21 | -148.79 | 140 | 100.86 | 40.79 | 137.93 | -90.00 | -42.07 | -12.66 | -90.00 | 137.93 | |
| 144.18 | -35.82 | 90.00 | -90.00 | 35.82 | -144.18 | 150 | 90.00 | 36.42 | 144.18 | -90.00 | -35.82 | -14.52 | -90.00 | 144.18 | |
| 148.79 | -31.21 | 79.14 | -100.86 | 42.07 | -137.93 | 160 | 79.14 | 32.04 | 148.79 | -90.00 | -31.21 | -17.06 | -90.00 | 148.79 | |
| 151.61 | -28.39 | 68.60 | -111.40 | 49.78 | -130.22 | 170 | 68.60 | 27.79 | 151.61 | -90.00 | -28.39 | -20.18 | -90.00 | 151.61 | |
| 152.56 | -27.44 | 58.72 | -121.28 | 58.72 | -121.28 | 180 | 58.72 | 23.79 | 152.56 | -90.00 | -27.44 | -23.79 | -90.00 | 152.56 | |
| 148.79 | -28.39 | 49.78 | -130.22 | 68.60 | -111.40 | 190 | 49.78 | 20.18 | 148.79 | -90.00 | -28.39 | -27.79 | -90.00 | 148.79 | |
| 151.61 | -31.21 | 42.07 | -137.93 | 79.14 | -100.86 | 200 | 42.07 | 17.06 | 151.61 | -90.00 | -31.21 | -32.04 | -90.00 | 151.61 | |
| 144.18 | -35.82 | 35.82 | -144.18 | 90.00 | -90.00 | 210 | 35.82 | 14.52 | 144.18 | -90.00 | -35.82 | -36.42 | -90.00 | 144.18 | |
| 137.93 | -42.07 | 31.21 | -148.79 | 100.86 | -79.14 | 220 | 31.21 | 12.66 | 137.93 | -90.00 | -42.07 | -40.79 | -90.00 | 137.93 | |
| 130.22 | -49.78 | 28.39 | -151.61 | 111.40 | -68.60 | 230 | 28.39 | 11.51 | 130.22 | -90.00 | -49.78 | -45.02 | -90.00 | 130.22 | |
| 121.28 | -58.72 | 27.44 | -152.56 | 121.28 | -58.72 | 240 | 27.44 | 11.13 | 121.28 | -90.00 | -58.72 | -48.98 | -90.00 | 121.28 | |
| 111.40 | -68.60 | 28.39 | -151.61 | 130.22 | -49.78 | 250 | 28.39 | 11.51 | 111.40 | -90.00 | -68.60 | -52.55 | -90.00 | 111.40 | |
| 100.86 | -79.14 | 31.21 | -148.79 | 137.93 | -42.07 | 260 | 31.21 | 12.66 | 100.86 | -90.00 | -79.14 | -55.62 | -90.00 | 100.86 | |
| 90.00 | -90.00 | 35.82 | -144.18 | 144.18 | -35.82 | 270 | 35.82 | 14.52 | 90.00 | -90.00 | -90.00 | -58.11 | -90.00 | 90.00 | |
| 79.14 | -100.86 | 42.07 | -137.93 | 148.79 | -31.21 | 280 | 42.07 | 12.66 | 79.14 | -90.00 | -100.86 | -55.62 | -90.00 | 79.14 | |
| 68.60 | -111.40 | 49.78 | -130.22 | 151.61 | -28.39 | 290 | 28.39 | 11.51 | 68.60 | -90.00 | -111.40 | -52.55 | -90.00 | 68.60 | |
| 58.72 | -121.28 | 58.72 | -121.28 | 152.56 | -27.44 | 300 | 27.44 | 11.13 | 58.72 | -90.00 | -121.28 | -48.98 | -90.00 | 58.72 | |
| 49.78 | -130.22 | 68.60 | -111.40 | 151.61 | -28.39 | 310 | 28.39 | 11.51 | 49.78 | -90.00 | -130.22 | -45.02 | -90.00 | 49.78 | |
| 42.07 | -137.93 | 79.14 | -100.86 | 148.79 | -31.21 | 320 | 31.21 | 12.66 | 42.07 | -90.00 | -137.93 | -40.79 | -90.00 | 42.07 | |
| 35.82 | -144.18 | 90.00 | -90.00 | 144.18 | -35.82 | 330 | 35.82 | 14.52 | 35.82 | -90.00 | -144.18 | -36.42 | -90.00 | 35.82 | |
| 31.21 | -148.79 | 100.86 | -79.14 | 137.93 | -42.07 | 340 | 42.07 | 17.06 | 31.21 | -90.00 | -148.79 | -32.04 | -90.00 | 31.21 | |
| 28.39 | -151.61 | 111.40 | -68.60 | 130.22 | -49.78 | 350 | 49.78 | 20.18 | 28.39 | -90.00 | -151.61 | -27.79 | -90.00 | 28.39 | |

| Z1 sw limit | | Z2 sw limit | | Z3 sw limit | | RICEVITORI OFFSET DI 4 GRADI | | POS.FINALE | | POS.FINALE | | | |
|--------------------------------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|------------------------------|------------------------|-------------------------|---------|------------|-------------------------|---------|---------|
| Basso | Alto | Basso | Alto | Basso | Alto | Vertex | INC. DI POSIZIONE (mm) | WEST BEAM SW. ANGLE (°) | Z2 (mm) | Z3 (mm) | EAST BEAM SW. ANGLE (°) | Z2 (mm) | Z3 (mm) |
| CORSE DISPONIBILI PER BEAM SWITCHING | | | | | | | | | | | | | |
| 6.52 | -173.48 | 131.74 | -48.26 | 131.74 | -48.26 | 0 | 48.26 | 19.56 | 6.52 | -90.00 | -48.26 | -19.56 | -90.00 |
| 7.79 | -172.21 | 143.66 | -36.34 | 118.55 | -61.45 | 10 | 61.45 | 24.90 | 7.79 | -90.00 | -36.34 | -14.74 | -90.00 |
| 11.56 | -168.44 | 153.95 | -26.05 | 104.50 | -75.50 | 20 | 75.50 | 30.57 | 11.56 | -90.00 | -26.05 | -10.57 | -90.00 |
| 17.71 | -162.29 | 162.29 | -17.71 | 90.00 | -90.00 | 30 | 90.00 | 36.42 | 17.71 | -90.00 | -17.71 | -7.18 | -90.00 |
| 26.05 | -153.95 | 168.44 | -11.56 | 75.50 | -104.50 | 40 | 104.50 | 42.25 | 26.05 | -90.00 | -11.56 | -4.69 | -90.00 |
| 36.34 | -143.66 | 172.21 | -7.79 | 61.45 | -118.55 | 50 | 118.55 | 47.88 | 36.34 | -90.00 | -7.79 | -3.16 | -90.00 |
| 48.26 | -131.74 | 173.48 | -6.52 | 48.26 | -131.74 | 60 | 131.74 | 53.15 | 48.26 | -90.00 | -6.52 | -2.65 | -90.00 |
| 61.45 | -118.55 | 172.21 | -7.79 | 36.34 | -143.66 | 70 | 143.66 | 57.91 | 61.45 | -90.00 | -7.79 | -3.16 | -90.00 |
| 75.50 | -104.50 | 168.44 | -11.56 | 26.05 | -153.95 | 80 | 153.95 | 61.99 | 75.50 | -90.00 | -11.56 | -4.69 | -90.00 |
| 90.00 | -90.00 | 162.29 | -17.71 | 17.71 | -162.29 | 90 | 162.29 | 65.30 | 90.00 | -90.00 | -17.71 | -7.18 | -90.00 |
| 104.50 | -75.50 | 153.95 | -26.05 | 11.56 | -168.44 | 100 | 153.95 | 61.99 | 104.50 | -90.00 | -26.05 | -4.69 | -90.00 |
| 118.55 | -61.45 | 143.66 | -36.34 | 7.79 | -172.21 | 110 | 143.66 | 57.91 | 118.55 | -90.00 | -61.45 | -3.16 | -90.00 |
| 131.74 | -48.26 | 131.74 | -48.26 | 6.52 | -173.48 | 120 | 131.74 | 53.15 | 131.74 | -90.00 | -48.26 | -2.65 | -90.00 |
| 143.66 | -36.34 | 118.55 | -61.45 | 7.79 | -172.21 | 130 | 118.55 | 47.88 | 143.66 | -90.00 | -36.34 | -3.16 | -90.00 |
| 153.95 | -26.05 | 104.50 | -75.50 | 11.56 | -168.44 | 140 | 104.50 | 42.25 | 153.95 | -90.00 | -26.05 | -4.69 | -90.00 |
| 162.29 | -17.71 | 90.00 | -90.00 | 17.71 | -162.29 | 150 | 90.00 | 36.42 | 162.29 | -90.00 | -17.71 | -7.18 | -90.00 |
| 172.21 | -7.79 | 61.45 | -118.55 | 36.34 | -143.66 | 160 | 75.50 | 30.57 | 172.21 | -90.00 | -7.79 | -3.16 | -90.00 |
| 173.48 | -6.52 | 48.26 | -131.74 | 48.26 | -131.74 | 180 | 48.26 | 19.56 | 173.48 | -90.00 | -6.52 | -2.65 | -90.00 |
| 172.21 | -7.79 | 36.34 | -143.66 | 61.45 | -118.55 | 190 | 36.34 | 14.74 | 172.21 | -90.00 | -7.79 | -3.16 | -90.00 |
| 168.44 | -11.56 | 26.05 | -153.95 | 75.50 | -104.50 | 200 | 26.05 | 10.57 | 168.44 | -90.00 | -11.56 | -4.69 | -90.00 |
| 162.29 | -17.71 | 17.71 | -162.29 | 90.00 | -90.00 | 210 | 17.71 | 7.18 | 162.29 | -90.00 | -17.71 | -7.18 | -90.00 |
| 153.95 | -26.05 | 11.56 | -168.44 | 104.50 | -75.50 | 220 | 11.56 | 4.69 | 153.95 | -90.00 | -26.05 | -4.25 | -90.00 |
| 143.66 | -36.34 | 7.79 | -172.21 | 118.55 | -61.45 | 230 | 7.79 | 3.16 | 143.66 | -90.00 | -36.34 | -4.78 | -90.00 |
| 131.74 | -48.26 | 6.52 | -173.48 | 131.74 | -48.26 | 240 | 6.52 | 2.65 | 131.74 | -90.00 | -48.26 | -5.31 | -90.00 |
| 118.55 | -61.45 | 7.79 | -172.21 | 143.66 | -36.34 | 250 | 7.79 | 3.16 | 118.55 | -90.00 | -61.45 | -5.79 | -90.00 |
| 104.50 | -75.50 | 11.56 | -168.44 | 153.95 | -26.05 | 260 | 11.56 | 4.69 | 104.50 | -90.00 | -75.50 | -6.19 | -90.00 |
| 90.00 | -90.00 | 17.71 | -162.29 | 162.29 | -17.71 | 270 | 17.71 | 7.18 | 90.00 | -90.00 | -162.29 | -6.53 | -90.00 |
| 75.50 | -104.50 | 26.05 | -153.95 | 168.44 | -11.56 | 280 | 26.05 | 4.69 | 75.50 | -90.00 | -104.50 | -6.19 | -90.00 |
| 61.45 | -118.55 | 36.34 | -143.66 | 172.21 | -7.79 | 290 | 36.34 | 3.16 | 61.45 | -90.00 | -118.55 | -5.79 | -90.00 |
| 48.26 | -131.74 | 48.26 | -131.74 | 173.48 | -6.52 | 300 | 48.26 | 2.65 | 48.26 | -90.00 | -131.74 | -5.31 | -90.00 |
| 36.34 | -143.66 | 61.45 | -118.55 | 172.21 | -7.79 | 310 | 61.45 | 3.16 | 36.34 | -90.00 | -143.66 | -4.78 | -90.00 |
| 26.05 | -153.95 | 75.50 | -104.50 | 168.44 | -11.56 | 320 | 75.50 | 4.69 | 26.05 | -90.00 | -153.95 | -4.25 | -90.00 |
| 17.71 | -162.29 | 90.00 | -90.00 | 162.29 | -17.71 | 330 | 17.71 | 7.18 | 17.71 | -90.00 | -162.29 | -3.64 | -90.00 |
| 11.56 | -168.44 | 104.50 | -75.50 | 153.95 | -26.05 | 340 | 104.50 | 10.57 | 11.56 | -90.00 | -168.44 | -3.05 | -90.00 |
| 7.79 | -172.21 | 118.55 | -61.45 | 143.66 | -36.34 | 350 | 118.55 | 14.74 | 7.79 | -90.00 | -172.21 | -2.49 | -90.00 |

| Z1 sw limit | | Z2 sw limit | | Z3 sw limit | | RICEVITORI OFFSET DI GRADI 4.31 | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|---------------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|--|
| Basso | Alto | Basso | Alto | Basso | Alto | Vertex | INC. DI POSIZIONE (mm) | WEST BEAM SW. ANGLE (°) | POS.FINALE Z2 (mm) | POS.FINALE Z3 (mm) | INC. DI POSIZIONE (mm) | EAST BEAM SW. ANGLE (°) | POS.FINALE Z2 (mm) | POS.FINALE Z3 (mm) | |
| CORSE DISPONIBILI PER BEAM SWITCHING | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.03 | -179.97 | 134.99 | -45.01 | 134.99 | -45.01 | 0 | 45.01 | 18.25 | 0.03 | -90.00 | -45.01 | -18.25 | -90.00 | 0.03 | |
| 1.40 | -178.60 | 147.83 | -32.17 | 120.77 | -59.23 | 10 | 59.23 | 24.00 | 1.40 | -90.00 | -32.17 | -13.04 | -90.00 | 1.40 | |
| 5.45 | -174.55 | 158.92 | -21.08 | 105.62 | -74.38 | 20 | 74.38 | 30.12 | 5.45 | -90.00 | -21.08 | -8.55 | -90.00 | 5.45 | |
| 12.08 | -167.92 | 167.92 | -12.08 | 90.00 | -90.00 | 30 | 90.00 | 36.42 | 12.08 | -90.00 | -12.08 | -4.90 | -90.00 | 12.08 | |
| 21.08 | -158.92 | 174.55 | -5.45 | 74.38 | -105.62 | 40 | 105.62 | 42.70 | 21.08 | -90.00 | -5.45 | -2.21 | -90.00 | 21.08 | |
| 32.17 | -147.83 | 178.60 | -1.40 | 59.23 | -120.77 | 50 | 120.77 | 48.77 | 32.17 | -90.00 | -1.40 | -0.57 | -90.00 | 32.17 | |
| 45.01 | -134.99 | 179.97 | -0.03 | 45.01 | -134.99 | 60 | 134.99 | 54.45 | 45.01 | -90.00 | -0.03 | -0.01 | -90.00 | 45.01 | |
| 59.23 | -120.77 | 178.60 | -1.40 | 32.17 | -147.83 | 70 | 147.83 | 59.57 | 59.23 | -90.00 | -1.40 | -0.57 | -90.00 | 59.23 | |
| 74.38 | -105.62 | 174.55 | -5.45 | 21.08 | -158.92 | 80 | 158.92 | 63.97 | 74.38 | -90.00 | -5.45 | -2.21 | -90.00 | 74.38 | |
| 90.00 | -90.00 | 167.92 | -12.08 | 12.08 | -167.92 | 90 | 167.92 | 67.53 | 90.00 | -90.00 | -12.08 | -4.90 | -90.00 | 90.00 | |
| 105.62 | -74.38 | 158.92 | -32.17 | 5.45 | -174.55 | 100 | 158.92 | 71.97 | 105.62 | -90.00 | -32.17 | -2.21 | -90.00 | 105.62 | |
| 120.77 | -59.23 | 147.83 | -45.01 | 1.40 | -178.60 | 110 | 147.83 | 76.42 | 120.77 | -90.00 | -45.01 | -0.57 | -90.00 | 120.77 | |
| 134.99 | -45.01 | 134.99 | -45.01 | 0.03 | -179.97 | 120 | 134.99 | 80.87 | 134.99 | -90.00 | -45.01 | -0.01 | -90.00 | 134.99 | |
| 147.83 | -32.17 | 120.77 | -59.23 | 1.40 | -178.60 | 130 | 120.77 | 85.32 | 147.83 | -90.00 | -32.17 | -0.57 | -90.00 | 147.83 | |
| 158.92 | -21.08 | 105.62 | -74.38 | 5.45 | -174.55 | 140 | 105.62 | 89.77 | 158.92 | -90.00 | -21.08 | -1.40 | -90.00 | 158.92 | |
| 167.92 | -12.08 | 90.00 | -90.00 | 12.08 | -167.92 | 150 | 90.00 | 94.22 | 167.92 | -90.00 | -12.08 | -2.21 | -90.00 | 167.92 | |
| 174.55 | -5.45 | 74.38 | -105.62 | 21.08 | -158.92 | 160 | 74.38 | 98.67 | 174.55 | -90.00 | -5.45 | -3.04 | -90.00 | 174.55 | |
| 178.60 | -1.40 | 59.23 | -120.77 | 32.17 | -147.83 | 170 | 59.23 | 103.12 | 178.60 | -90.00 | -1.40 | -4.90 | -90.00 | 178.60 | |
| 179.97 | -0.03 | 45.01 | -134.99 | 45.01 | -134.99 | 180 | 45.01 | 107.57 | 179.97 | -90.00 | -0.03 | -6.75 | -90.00 | 179.97 | |
| 178.60 | -1.40 | 32.17 | -147.83 | 59.23 | -120.77 | 190 | 32.17 | 112.02 | 178.60 | -90.00 | -1.40 | -8.60 | -90.00 | 178.60 | |
| 174.55 | -5.45 | 21.08 | -158.92 | 74.38 | -105.62 | 200 | 21.08 | 116.47 | 174.55 | -90.00 | -5.45 | -10.45 | -90.00 | 174.55 | |
| 167.92 | -12.08 | 12.08 | -167.92 | 90.00 | -90.00 | 210 | 12.08 | 120.92 | 167.92 | -90.00 | -12.08 | -12.30 | -90.00 | 167.92 | |
| 158.92 | -21.08 | 5.45 | -174.55 | 105.62 | -74.38 | 220 | 5.45 | 125.37 | 158.92 | -90.00 | -21.08 | -14.15 | -90.00 | 158.92 | |
| 147.83 | -32.17 | 1.40 | -178.60 | 120.77 | -59.23 | 230 | 1.40 | 129.82 | 147.83 | -90.00 | -32.17 | -16.00 | -90.00 | 147.83 | |
| 134.99 | -45.01 | 0.03 | -179.97 | 134.99 | -45.01 | 240 | 0.03 | 134.27 | 134.99 | -90.00 | -45.01 | -17.85 | -90.00 | 134.99 | |
| 120.77 | -59.23 | 1.40 | -178.60 | 147.83 | -32.17 | 250 | 1.40 | 138.72 | 120.77 | -90.00 | -59.23 | -19.70 | -90.00 | 120.77 | |
| 105.62 | -74.38 | 5.45 | -174.55 | 158.92 | -21.08 | 260 | 5.45 | 143.17 | 105.62 | -90.00 | -74.38 | -21.55 | -90.00 | 105.62 | |
| 90.00 | -90.00 | 12.08 | -167.92 | 167.92 | -12.08 | 270 | 12.08 | 147.62 | 90.00 | -90.00 | -90.00 | -23.40 | -90.00 | 90.00 | |
| 74.38 | -105.62 | 21.08 | -158.92 | 174.55 | -5.45 | 280 | 21.08 | 152.07 | 74.38 | -90.00 | -105.62 | -25.25 | -90.00 | 74.38 | |
| 59.23 | -120.77 | 32.17 | -147.83 | 178.60 | -1.40 | 290 | 32.17 | 156.52 | 59.23 | -90.00 | -120.77 | -27.10 | -90.00 | 59.23 | |
| 45.01 | -134.99 | 45.01 | -134.99 | 179.97 | -0.03 | 300 | 0.03 | 160.97 | 45.01 | -90.00 | -134.99 | -28.95 | -90.00 | 45.01 | |
| 32.17 | -147.83 | 59.23 | -120.77 | 178.60 | -1.40 | 310 | 1.40 | 165.42 | 32.17 | -90.00 | -147.83 | -30.80 | -90.00 | 32.17 | |
| 21.08 | -158.92 | 74.38 | -105.62 | 174.55 | -5.45 | 320 | 5.45 | 169.87 | 21.08 | -90.00 | -158.92 | -32.65 | -90.00 | 21.08 | |
| 12.08 | -167.92 | 90.00 | -90.00 | 167.92 | -12.08 | 330 | 12.08 | 174.32 | 12.08 | -90.00 | -167.92 | -34.50 | -90.00 | 12.08 | |
| 5.45 | -174.55 | 105.62 | -74.38 | 158.92 | -21.08 | 340 | 5.45 | 178.77 | 5.45 | -90.00 | -174.55 | -36.35 | -90.00 | 5.45 | |
| 1.40 | -178.60 | 120.77 | -59.23 | 147.83 | -32.17 | 350 | 1.40 | 183.22 | 1.40 | -90.00 | -178.60 | -38.20 | -90.00 | 1.40 | |

6. RIFERIMENTI

1. A. Orfei, G. Maccaferri, S. Mariotti, M. Morsiani, G. Zacchiroli
"Proposta operativa per un aggiornamento delle prestazioni della parabola VLBI di Medicina"
Rapporto Interno IRA 206/95
2. Field System manual, vol.1 e 2 alle voci
SNAP commands e ACP programs
3. Riportato in R. Norrod
"GBT feed/subreflector positioning coefficients"
GBT memo n. 34, February 21, 1990
4. Y.T. Lo
"On the beam deviation factor of a parabolic reflector"
IRE Transaction on antennas and propagation, vol. AP-8, pp.347-349, May 1960
5. Rudge A.W., Milne K., Olver A.D., Knight P. editors
"The handbook of antenna design, vol. 1 and 2"
Peregrinus
6. Veruttipong T., Galindo-Israel V., Imbriale W.A.
"Low loss offset feeds for electrically large symmetric dual-reflector antennas"
IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. AP-35, no. 7, July 1987