



ISTITUTO NAZIONALE ASTROFISICA

ISTITUTO DI RADIOASTRONOMIA

Lavori per il completo ripristino dell'asse di azimut del radiotelescopio di Noto

RAPPORTO INTERNO IRA n. 459/12

Autori:

Francesco Schillirò

Carlo Nocita

Juri Roda

Giampaolo Zacchioli

Davide Fierro

Gino Tuccari

Mario Paternò

Raffaele Platania

1. Introduzione

2. Stato dell'antenna prima del guasto.

2.1 Condizioni generali dell'asse di rotazione azimutale.

2.2 Guasto del 2010.

3. Progetto e parametri di valutazione.

3.1 Descrizione del progetto.

3.2 Fasi di lavorazione, specifiche di progetto, produzione di misure.

4. Conclusioni.

1. Introduzione

L'asse di rotazione azimutale del radiotelescopio 32 metri di Noto, afferente all' Istituto di Radioastronomia (IRA) dell'INAF, costituisce un sistema meccanico di fondamentale importanza sia strutturale che funzionale per il radiotelescopio stesso; nello stesso tempo esso possiede una complessità intrinseca tale da presupporre una accuratezza e precisione molto spinta nella produzione delle misure, tramite interventi di correzione di errori e perturbazioni nella fase di puntamento e tracking.

Proprio il ripristino delle funzionalità e dell'integrità dell'asse di rotazione azimutale è stato l'intervento con il quale si è confrontato lo staff tecnico dell'IRA in fase di pianificazione, e la GalbiatiGroup S.r.l. in fase di esecuzione, grazie alla realizzazione di un progetto che ne ha visto il completo recupero a seguito di un guasto di un cuscinetto di una carrelliera, che nel marzo del 2010 ha definitivamente interrotto le attività del radiotelescopio di Noto.

I lavori di ripristino finanziati dall'INAF, sono stati affidati alla GalbiatiGroup di Oggiono che ne ha curato sia gli aspetti legati alla costruzione di nuove parti meccaniche (nuove carrelliere, piastre, rotaia, manine di serraggio) sia le fasi di smontaggio ed installazione in situ, nonché le lavorazioni edili relative al ripristino della base dell'antenna e dell'inghisaggio della rotaia utilizzando malta (grout) fibrorinforzata ad alta resistenza alla compressione. I lavori si sono conclusi a fine Gennaio 2012 dopo 4 mesi, con il risultato di una piena funzionalità dell'antenna, nonché il recupero delle prestazioni e dei parametri costruttivi che si erano via via degradati dopo 22 anni di attività ininterrotta.

Questo rapporto interno descrive lo stato dell'arte prima del guasto che ha interrotto l'attività dell'antenna di Noto, nonché il progetto ed i lavori effettuati nelle varie fasi ed infine i risultati ottenuti, con i nuovi parametri funzionali del radiotelescopio.

2. Stato dell'antenna prima del guasto

Il paragrafo in questione affronta lo stato dell'antenna subito dopo il guasto del 2010, in termini di condizioni di funzionalità, evidentemente compromesse dalla rottura di uno dei cuscinetti delle carrelliere, ma anche in termini di descrizione delle misure condotte subito prima dell'intervento di ripristino. Le stesse misure dei parametri costruttivi e funzionale dell'antenna sono il punto di partenza per la pianificazione degli interventi che sono stati realizzati per riportare l'antenna al suo stato originale.

2.1 Condizioni generali dell'asse di rotazione azimutale.

Il degrado delle condizioni dell'asse in questione non ha risparmiato nessun componente, come si evince dal seguente elenco:

a. Cuscinetto di azimuth

Si è reso necessario il 'Pintle Bearing' per valutare l'esatta inclinazione alla quale si trova il cuscinetto azimutale, prima di procedere al rifacimento della rotaia. Questo perché a causa dell'utilizzo, la fondazione dell'antenna avrebbe potuto muoversi come corpo rigido e trovarsi quindi su di un piano inclinato rispetto al piano di gravità locale, e solidale ad essa anche il cuscinetto azimutale. L'entità dell'inclinazione deve rientrare entro la tolleranza di allineamento, che è pari a ± 25 arcsec.

A differenza delle misure fatte nel 1996 nel caso dell'antenna di Medicina (gemella di quella in questione) che hanno reso necessario un intervento correttivo, non è stato necessario intervenire nel riposizionare il cuscinetto di azimuth, essendo questo entro valori di verticalità accettabili (circa 15 secondi d'arco), come da rapporti di misura allegati:

- INF 1107 DSR 1
- INF 1107 DSR 01a
- INF 1107 DSR 01b

Questa situazione si è rivelata positiva per diversi motivi, uno dei quali è sicuramente l'aver evitato di riallineare l'asse di rotazione, con un risparmio di tempo e di fondi aggiuntivi; inoltre non è stato necessario riallineare gli encoder di azimuth, cosa che si è rivelata preziosissima da un punto di vista dell'operatività dell'antenna ed in fase di recupero delle prestazioni, prima tra le quali il puntamento della stessa.

Con ragionevole confidenza è possibile supporre che la fondazione di base si comporti come un corpo rigido solidale in tutte le sue parti componenti, e ciò si sia conservato tale in tutti gli anni di operatività.

b. Rotaia.

Gli spezzoni di rotaia appaiono deteriorati in superficie, presentano delle microfrazture in prossimità del collo del profilo in diversi spezzoni, e si è perso l'allineamento circolare degli spezzoni stessi a causa sia dei cedimenti del grout, sia della manina di serraggio. Si decide quindi di sostituire la rotaia con nuovi elementi, uguali a quelli precedenti come disegno e costituzione chimica.



Fig 1.a , 1.b, 1.c - Stato della rotaia

Il cerchio di rotaia originariamente è composto da 12 spezzoni di rotaia, giacenti su un piano orizzontale; nonostante questo piano possa inclinarsi nel tempo, tali deviazioni possono essere corrette da opportune variazioni dei parametri di puntamento che tipicamente hanno cadenza annuale.

c. Grout

Il vecchio grout che cattura la rotaia appare deteriorato in superficie, con diverse crepe che in prima battuta lasciano pensare a possibili infiltrazioni di acqua che arrivano ai tirafondi. Anche se esso si mostra compatto offrendo una buona resistenza alla rottura con martelletto durante i lavori di svellimento, in diversi punti è fortemente lesionato, come è possibile apprezzare in fig.2. Tuttavia il sistema piastra-grout appare poco efficiente nell'inghisaggio della rotaia preesistente, tanto da determinare una forte variazione nella continuità degli spezzoni di rotaia, i quali si aprono a rosa avendo subito una forza verso l'esterno che li allontana l'uno dall'altro.



Fig. 2.a , 2.b - Stato del grout preesistente

La circonferenza costituita dalla rotaia appare fuori norma con disallineamenti degli spezzoni evidenti e macroscopici, evento che negli anni ha causato non poche irregolarità nel funzionamento del radiotelescopio

d. Carrelliere, supporti e riduttori.

Il rapporto di misura INF 1109 DSR 02 indica chiaramente uno scostamento dell'angolo di camber di ogni ruota pari a circa 11', escluso ovviamente la ruota che ha subito il guasto del cuscinetto, la quale ha una variazione di 1° 40'; oltre alle variazioni suddette, le ruote presentano una usura delle superfici di contatto proporzionale allo scostamento del camber, con conseguente formazione di un bordo esterno estremamente tagliente come da fig. , da qui la necessità di sostituirle con nuove carrelliere aventi come angolo di camber quello nominale (2° 51'). Ciò presuppone la necessità di rivedere anche i supporti Mieter e riparare il cuscinetto della ruota che ha subito la rottura nel marzo 2010, nonché revisionare ed eventualmente rilavorare le flange dei riduttori.



fig. 3 - Stato di usura delle ruote

2.2 Guasto del 2010

Nel marzo del 2010 si è verificato un guasto che ha bloccato definitivamente l'attività del radiotelescopio, ma che in realtà è stato l'evento finale di un progressivo deterioramento delle condizioni di tutto il sistema riguardante l'asse di rotazione azimutale. L'evento ha riguardato il cedimento di uno dei cuscinetti di una ruota motrice, probabilmente dovuto al cedimento della gabbia interna che mantiene in posizione i rulli. A seguito dell'incidente, non è stato possibile movimentare il radiotelescopio e si è reso subito necessario la messa in sicurezza di tutto il ramo interessato, installando una trave ad H in grado di sostenerlo in prossimità della travatura, e quindi evitare l'ulteriore peggioramento della situazione relativamente ai supporti ed all'albero della ruota interessata.



Fig. 4 - Stato della ruota coinvolta nel guasto

3. Progetto e parametri di valutazione

Il progetto per il completo ripristino dell'asse di rotazione azimutale dell'antenna di Noto è stato stilato da Zacchioli, Roda e Nocita, ed è dettagliatamente descritto nel documento di capitolato di appalto [1], insieme con le procedure specifiche per la realizzazione delle diverse fasi di esecuzione. Scopo di questo paragrafo è quello di descrivere sommariamente le diverse fasi di esecuzione, soffermandosi su quelle particolarmente delicate e degne di riflessioni più approfondite. Per i particolari progettuali non descritti in dettaglio, si rimanda al capitolato in questione [1].

3.1 Descrizione del progetto

Il progetto in generale può essere diviso in 4 macroattività distinte:

- a) lavori e misure preliminari, analisi e controlli di qualità;
- b) costruzioni meccaniche
- c) smantellamento dell'asse azimutale esistente
- d) ripristino dell'asse azimutale ed installazione dei componenti meccanici

Il progetto esecutivo è stato coerente con il consuntivo finale, portato a termine in 13 settimane lavorative sviluppando attività parallele come quella delle costruzioni meccaniche, delle misure e dello smantellamento, che si sono poi integrate nei tempi correttamente, e culminati nell'ultima fase di ripristino ed installazione. La Gann Chart del progetto si trova in Tav.1 e descrive temporalmente in maniera fedele l'esecuzione delle fasi, la loro sovrapposizione e le interdipendenze.

Di seguito vengono elencati le fasi di lavorazione, seguendo la suddivisione in macroattività:

a) lavori e misure preliminari, analisi e controlli di qualità;

Misura della planarità del cuscinetto azimutale (pinte bearing);.

Controllo del serraggio tramite chiavi dinamometriche di tutti i bulloni dei nodi del quadrato di base della alidada.

Progettazione, costruzione, montaggio ed allineamento del sistema di riferimento per il montaggio ed allineamento delle piastre e della nuova rotaia.

Misura della planarità della faccia superiore dei nodi alla base dell'alidada in corrispondenza dei complessi ruota.

Misura di verifica dello stato di allineamento in camber delle ruote;

Rilievo della posizione dei nodi dopo il posizionamento dell'antenna su rotaia
Misure della planarità della rotaia
Misura della verticalità asse di azimuth
Misura di accoppiamento alberi-ruote motrici

b) Costruzioni meccaniche

Attività di Revisione

Ripristino riduttori
Revis. pizzicotti, fornit. bulloneria
Revisione supporti Mieter

Realizzazione nuove carrelliere GALBIATI 74 g

Nuove carrelliere approvvigionamento materiali 54 g
Realizzazione carrelliere con portacuscini revisionati 20 g

Realizzazione Piastre fissaggio

Ossitaglio sagomato S355J2G2
Lavorazione meccanica , sbavature + Tectyl
Premontaggi e collaudi, Spedizione a Noto

Realizzazione nuova rotaia

approvvigionamento materiale ArcelorMittal USA
taglio barre + calandratura;
Intestature, spianature , finiture;
Premontaggi e collaudi;
Realizzazione manine semplice/doppia, rondelle coniche, sferiche fissaggio manine, tappi chiusura , viteria;

c) Smantellamento dell'Asse Azimutale esistente.

Smontaggio dei due riduttori azimutali.
Predisposizione dell'antenna al sollevamento, montaggio degli 8 supporti e delle 4 basi di appoggio.
Scollegamento alidada da cuscinetto azimutale.
Sollevamento dell' antenna.
Smontaggio dei "pizzicotti" e della rotaia esistente.
Demolizione del massetto in "grout", pulizia e ripristino dei filetti dei tirafondi e dei "pizzicotti".
Smontaggio delle quattro Ruote azimutali.

d) Ripristino dell'asse azimutale ed installazione dei componenti meccanici

Materializzare l'asse di rotazione azimutale.
Montaggio e preallineamento delle ruote azimutali.
Montaggio ed allineamento delle piastre di sostegno della rotaia.
Montaggio dei casseri e posa del "grout" fibrorinforzato sotto alla piastra di sostegno.
Montaggio ed allineamento della rotaia sulla piastra di sostegno.
Allineamento finale delle ruote azimutali.
Montaggio ed allineamento dei riduttori azimutali e dei giunti a denti di accoppiamento riduttori ruote.
Ricollegamento l'alidada al cuscinetto azimutale.
Montaggio del "tubone" che trasmette il moto dell'antenna all'encoder azimutale.
Verifica ed allineamento dell'encoder azimutale.
Verniciatura del massetto in "grout", della piastra di sostegno e della rotaia.
Ripristino della fondazione in cemento armato
Lavori di restauro e verniciatura della fondazione.

3.2 Fasi di lavorazione, specifiche di progetto, produzione di misure

Fermo restando che il riferimento per le varie fasi di lavorazione è il capitolato tecnico per la fase di progettazione ed il quaderno di cantiere per la fase di esecuzione (quest'ultimo non può essere allegabile per ovvi motivi di privacy dei lavoratori), è importante descrivere le fasi salienti del progetto esecutivo, ovvero quelle che hanno prodotto dei risultati in termini di

misure espressamente richieste dal capitolato, e quindi soggette a rientrare entro delle specifiche ben fissate. In questo paragrafo sono descritte queste fasi, riportate le specifiche di progetto e gli esiti delle misure fatte, con i rimandi alla relativa documentazione allegata.

1) Rotaia

La nuova rotaia in questione è stata ordinata direttamente al costruttore statunitense che aveva costruito la precedente. Si tratta del materiale ASTM 759/78 equival. 171 CR con trattamento termico adatto per ottenere una durezza brinnell di 321:328.

La rotaia è costituita da 12 spezzoni di rotaia da 30 gradi ciascuno, più una fornitura aggiuntiva di 2 settori rotaia da 30 gradi ciascuno come spare part, tutte lavorati a disegno con codice AAZ- 21-001 e deve presentare le seguenti caratteristiche:

raggio teorico: mm 18288 ± 1 (misurato in prossimità delle giunzioni) e nella linea di mezzeria della rotaia ;

raggio effettivo: tutte le misure effettuate rientrano dentro le specifiche richieste tav.3

altezza: 147 mm con tolleranza ± 0.05 mm su tutta la lunghezza del segmento, per tutta la serie dei 12+2 segmenti. Eventuali deformazioni dei settori in fase di curvatura non devono far scendere l'altezza sotto i 145 mm. Anche queste misure rientrano entro le specifiche di progetto tav.4 .

Una visita in fabbrica in data 11/11/2011 da parte del personale INAF ha permesso di monitorare le attività svolte presso la Galbiati ed in particolare per la rotaia:

- sono stati controllati i certificati relativi alla composizione della rotaia grezza ed alle specifiche ad essa relative (durezza, composizione chimica, tolleranze di lavorazione) e verificati che essi siano conformi alle condizioni di capitolato
- Sono stati controllati i parametri ed i metodi di calandratura, verificando che essi siano al di sotto delle specifiche massime indicate dal capitolato, ed in particolare il raggio di curvatura dei singoli spezzoni. La campagna di misure condotta è ampiamente al di sotto delle specifiche fissate da capitolato
- E' stata poi condotta una campagna di misure di durezza del materiale con durometro, per verificare che le specifiche di durezza siano rispettate anche dopo la fase di calandratura che avviene a temperatura caldo. Queste misure di durezza ricadono entro le specifiche del materiale finito.
- E' stata verificata la planarità delle superfici di appoggio della rotaia. Sebbene quest'ultima risulti avere un'altezza complessiva minore di un decimo di millimetro rispetto a quella fissata da capitolato, si può ritenere questa accettabile entro i parametri di tolleranza in quanto non influisce sulla funzionalità del prodotto finito, né sulle ulteriori fasi di lavorazione, ma solo sulla quota del livello di azimuth. La planarità è comunque garantita su tutti i spezzoni di rotaia.

E' stato infine verificato il montaggio della rotaia, avvenuto in loco, e condotta una campagna di misure tramite dispositivo laser al fine di confrontare la posizione di punti target scelti sulla rotaia pre-montata con gli stessi punti target posizionati sul cerchio teorico di montatura, come da progetto.



Fig. 5- Lavorazioni in fabbrica della rotaia

La fase di posa ed allineamento dei settori di rotaia ha visto il posizionamento della stessa ha comportato la disposizione dei settori sulle piastre lungo un cerchio ideale prossimo al teorico e tale da permettere il contatto delle superfici estreme. Individuate le posizioni dei punti di contatto settori sulla mezzeria delle piastre di appoggio, con l'ausilio del compasso si è controllato la distanza costante dei sei settori rispetto al centro quando questi risultavano chiusi sulle giunture. Si è quindi proceduto alla messa a punto dei settori di rotaia fissandoli con i pizzicotti dove presenti svergolamenti del profilato (vedi INF1112-DSR06).

Il documento di change proposal n.2 del 30/09/2011 ha riguardato il differimento della fase di installazione ed allineamento rotaia e l'anticipo della fase di posa del grout e protezione delle piastre di alloggiamento della rotaia. Questa variazione di capitolato è stata accettata in quanto aveva degli effetti benefici sull'andamento del progetto senza costi aggiuntivi, ed in particolare:

- l'ottimizzazione dei tempi di lavorazione delle fasi, in quanto i tempi di approvvigionamento e lavorazione delle materie prime vengono assorbiti dalla fase di maturazione della malta cementizia posta in opera precedentemente.
- l'esistenza di nessuna controindicazione per cui la posa della malta debba essere successiva a quella della rotaia, per cui le due fasi possono essere intercambiabili temporalmente.
- l'anticipo della gittata della malta in un periodo climatico più favorevole (ultima settimana di ottobre), tale da assicurare una migliore probabilità di riuscita della gittata, nonché delle migliori performance del grout in termini di durata, resistenza, etc. etc.
- l'effetto benefico sulla schedulazione grazie alla ottimizzazione delle fasi di lavorazione quantificabili nel periodo massimo di 28 giorni (di anticipo), ovvero il periodo di maturazione della malta.

Inoltre nel rapporto INF 1201 DSR09 si ripropongono delle misure di planarità della rotaia e di raggio effettivo, dopo aver poggiato l'antenna sulle carrelliere e aver inghisato la rotaia, al fine di dimostrare che l'inghisaggio sia andato a buon fine e non ci sia la presenza di zone di vuoto della malta sotto le piastre di alloggiamento. Tali misure possono essere considerate definitive per l'accettazione dei lavori

2) Montaggio e allineamento Piastre

Le piastre di sostegno della rotaia azimutale rappresentano 12 settori di 15° ciascuno di tipo 1 (AAZ-021-002), 11 settori di 15° ciascuno di tipo 2 (AAZ-021-003), ed un settore di 15 gradi di tipo 3 (AAZ-021-004) che contiene 1 stow pin. Le piastre sono direttamente ancorate ai tirafondi e sostengono completamente la rotaia, diversamente da quanto originariamente per cui la rotaia era alloggiata su una base alternata di grout e piastre di dimensioni minori.

L'operazione di montaggio delle piastre rappresenta una delle fasi più delicate, in quanto richiede precisione di posizionamento ed estrema pulizia specialmente nelle zone di giunzione. Per agevolare le operazioni di posizionamento e allineamento sono stati livellati i dadi inferiori dei tirafondi ad una quota nominale. Così facendo si è ottenuto un piano di appoggio comune e livellato su cui appoggiare le piastre. L'allineamento e le misure di controllo planarità piastre di appoggio rotaia sono raggiunti in diverse fasi di seguito riassunte:

- Prima dello smontaggio rotaia, è definita la quota della stessa e riportata su posizione facilmente accessibile a strumenti ottici posti all'interno della fondazione. (viene anche confrontata con la posizione teorica rispetto al cuscinetto di Azimuth).
- Facendo riferimento a quote pre-definite sono livellati i piastrini di appoggio piastre a un'altezza teorica che tiene conto della dimensione piastre e della rotaia.
- Sono posizionati, allineati radialmente e collegati tra di loro i 24 settori di rotaia (come descritto nel rapporto INF-1110-week4).
- Con un livello ottico provvisto di micrometro, sono pre-allineati i settori di rotaia lungo un comune asse circolare orizzontale

Durante le iterazioni di allineamento, con una livella di precisione viene controllata la planarità delle piastre in senso radiale. Durante le iterazioni di allineamento sono anche pre-serrate le bullonerie che supportano le piastre. L'allineamento finale è eseguito con stazione totale posta all'esterno della fondazione (in 8 posizioni prossime agli spigoli fondazione) con letture dritte e rovesce che compensano eventuali errori strumentali e tenendo sotto osservazione la distanza per eventuali inclinazioni del piano osservazione. Tutte le stazioni sono collegate tra loro con corretta lettura e i dati registrati-elaborati da computer. Questa fase è ripetuta iterativamente fino al raggiungimento dei requisiti di progetto; durante questa sono anche controllati i serraggi bulloni a 400Nm). Il controllo finale della misura è eseguito con le stesse modalità dell'allineamento, in notturna con condizioni di temperatura stabile. Il file excel INF-1110-DSR05-a riporta i passaggi delle misure con i dati competenti di allineamento, di seguito la tabella di sintesi mostra i risultati ottenuti. I valori di planarità assiale sono contenuti entro valori 0,2mm (0,25 richiesto da capitolato) con un RMS finale di 0,103mm, le deviazioni radiali hanno valori massimi di 44 sec.d'arco per un RMS totale di 19,715 sec/arco.



Fig. 6- Posa ed allineamento piastre

3) Getto del grout

3.a) Grout preesistente - Il “Grout” preesistente è un massetto eseguito con una malta cementizia a ritiro compensato non fibrorinforzato e senza aggiunta di inerte avente la forma di una corona circolare le cui dimensioni sono Ø interno di circa 17900mm, Ø esterno di circa 18800mm ed uno spessore variabile e compreso fra 70 ÷ 130mm circa per un volume totale di circa 3 metri cubi.

La rimozione del “grout” preesistente viene realizzata utilizzando demolitori ad aria compressa ed adottando tutte le precauzioni necessarie per evitare il danneggiamento dei tirafondi, fino al raggiungimento del calcestruzzo della fondazione. Terminata questa fase, si procede con l'asportazione del calcestruzzo incoerente o contaminato dall'estradosso della fondazione determinandone lo spessore da asportare sulla base dello stato di conservazione dell'estradosso della fondazione, conservando tuttavia una macro ruvidità che ha lo scopo di garantire la massima aderenza tra il supporto ed il materiale di ripristino successivamente posato, ed è indispensabile affinché si realizzi il meccanismo dell'espansione contrastata, che è alla base del funzionamento dei conglomerati cementizi a ritiro compensato.

3.b) Fasi preliminari alla posa del nuovo grout. Si è rivelato di estrema importanza mettere in pratica alcuni accorgimenti necessari al miglioramento delle performance. Tra questi vi sono:

- 1) Pulizia e sgrassatura del fianco interno ed esterno delle piastre; Incollaggio sulle stesse, per tutta l'altezza del fianco (circa 60mm) una striscia di polietilene espanso di spessore minimo 10mm a filo con l'intradosso della piastra.
- 2) costruzione di tramogge per il dosaggio del grout e l'annegamento delle piastre;
- 3) predisposizione di casseri interni ed esterni attorno alla piastra di supporto della rotaia azimutale, sufficientemente robusti e rigidi e ben ancorati alla fondazione;
- 4) lavaggio ed asciugatura dell'inerte da aggiungere alla malta cementizia; esso è un ghiaietto di diametro medio 8-12 mm, con riferimento alla change proposal n.3 del 03/10/2011 a variazione del capitolato;
- 5) getto della malta in unica soluzione per evitare il cosiddetto 'giunto freddo', con continuità e dal solo lato interno per evitare inglobamenti di aria, utilizzando spatole lunghe per favorire il flusso della malta.
- 6) Sagomatura dell'estradosso con la sezione trasversale inclinata in maniera da evitare ristagni di acqua (AAZ-020-001)
- 7) Copertura con teli, dopo la finitura, con tessuto non tessuto o simili, comunque mantenuti umidi.
- 8) Conduzione delle operazioni del getto con uniformità di temperatura, quindi durante le ore notturne o con cielo coperto.
- 9) Caricamento del grout non prima dei 28 giorni trascorsi dal getto.

Questi accorgimenti sono stati tutti seguiti in corso d'opera, insieme a quelli consigliati dai tecnici dei laboratori autorizzati BASF di Palermo, per esempio circa l'uso di cubetterie di polistirolo per la formatura dei provini di misura, e circa la definizione della migliore quantità di acqua da utilizzare per avere una tale fluidità in fase di getto e quindi consentire alla malta di

correre lungo lo strato di formatura della soletta e nello stesso riempirlo fino al totale inghisaggio delle piastre (due terzi dell'altezza di queste ultime).



Fig. 7- Pulizia tirafondi, tramogge per il getto.



Fig. 8- Inghisaggio.

3.c) Risultati e considerazioni

Per la formazione del grout del radiotelescopio di Noto è stata scelta una malta cementizia rinforzata con fibre metalliche BASF EMACO SFR; associata ad essa una quantità di inerte (ghiaietto diametro 8:12 mm in media) nella quantità rispettivamente di 8 e 2 tonnellate. La quantità di acqua è stata regolata in base alle prescrizioni dei laboratori autorizzati BASF interpellati a tal proposito. Il materiale in questione consente alla malta di arrivare a dei risultati di resistenza alla compressione molto elevati, che tuttavia possono essere inferiori a causa della presenza di ghiaietto. Il valore minimo richiesto per la resistenza alla compressione, in fase di capitolato è di 58 MPa, dopo 28 giorni di maturazione del grout, che ragionevolmente è un valore asintotico (orizzontale) della curva di maturazione, oltre i quali non si hanno apprezzabili crescite del fattore di compressione nel tempo.

I rapporti delle misure sui provini formati contestualmente alla gittata del nuovo grout (avvenuta il 28 ottobre 2011), non hanno fornito delle performance accettabili in base alle prescrizioni del capitolato, ovvero presentavano una resistenza alla compressione media di 42 MPa rispetto al valore minimo medio richiesto di 58 MPa (tav. 7); è stata quindi avviata una campagna di indagine sui restanti provini al fine di indagare se nella specifica fase di maturazione della malta, i tempi stessi si sono dilatati a causa della bassa temperatura media del periodo autunnale. I risultati dei provini rotti a 90 giorni presentavano un fattore di compressione pari a

circa 50 MPa (tav. 8), valore che è quindi aumentato di circa il 20% rispetto ai valori a 28 giorni e che ha dimostrato che la curva di maturazione non era alla saturazione al valore di 42 MPa e stava invece ancora crescendo linearmente. Infine i risultati a 145 giorni evidenziano un valore medio di resistenza a compressione di circa 53.5 MPa (tav. 9), che a questo punto può essere considerato un buon candidato ad essere il valore asintotico di riferimento. Sebbene tale valore sia ancora al di sotto della specifica richiesta da capitolato (che ricordiamo essere di 58 MPa), esso garantisce un rapporto di sicurezza pari a 3.8 (rispetto alla soglia di sicurezza che è 14 MPa come si evince dal documento 'Analisi relative alla riparazione del grout sotto rotaia' commissionata alla BCV progetti S.r.l. in data 3 aprile 2000), tale valore è stato accettato in virtù di tutte le riserve contrattuali stabilite dal disciplinare di Gara.

4) Montaggio ruote

Le carrelliere fornite dalla Galbiati rispondono a i disegni AAZ-030-002 per le due ruote motrici, e AAZ-030-003 per le due ruote folli. In fase di collaudo presso la Galbiati sono state verificate la corretta profilatura delle ruote (tronco-conica) grazie ai relativi data-sheets forniti nella certificazione. E' stato inoltre verificato lo stato di lavorazione delle ruote e degli alberi, e la successiva fase di calettaggio a caldo delle stesse. Sono quindi state effettuate delle misure di durezza sulle ruote e controllato che esse rientrino nelle tolleranze di progetto. La documentazione relativa è in allegato, tav. 5 e tav. 6.

La messa a punto delle carrelliere viene eseguita utilizzando uno specchietto allineato sulla faccia esterna dell'albero ruota e leggendo con un teodolite in auto collimazione l'angolo di Camber e di Toe-in. L'angolo di Camber è indicato dal capitolato e letto direttamente dallo strumento sul cerchio di elevazione; l'errore ammissibile di 60 arcosec. L'angolo di Toe-in deve risultare 0 quando lo strumento è puntato sull'asse di rotazione dell'antenna e la ruota perfettamente centrata sullo stesso asse; naturalmente non essendo possibile azzeramento della posizione ruota sulla direttrice strumento viene calcolata la deviazione leggendo l'angolo tra l'asse teorico e il centro specchietto e matematicamente calcolato di volta in volta l'angolo di riferimento; l'errore ammissibile è di 17 arcosec. Per questa procedura sono disponibili i rapporti di misura nel documento INF 1201 DSR08. Durante le molte misure effettuate è stato rilevato che la rigidità del nodo non consente la ripetibilità dei valori pertanto dalle tabelle di misura occorre tenere in considerazione variazioni in camber di +/-5 arcosec e in toe-in +/-10 arcosec. Allo scopo di scaricare le tensioni interne alla carrelliera in appoggio sulla rotaia, tutte le misure finali sono state eseguite dopo avere ruotato l'antenna in entrambe le direzioni CW e CCW.



Fig. 9- Carrelliere, supporti Mieter

Supporti Mieter: verificata la rilavorazione dei supporti in questione; circa le guarnizioni dell'albero in prossimità dei supporti, è stato fatto notare come le guarnizioni dell'albero delle carrelliere siano molto spesse, ed è stato messo in evidenza la possibilità che esse possano col tempo uscire dagli alloggiamenti; la Galbiati ha fornito una serie di guarnizioni dallo spessore inferiore, che possono eventualmente essere cambiati in qualsiasi momento lo si ritenga opportuno.

5) Montaggio ed allineamento riduttori

Per allineamento dei riduttori, in realtà si intende l'allineamento dei giunti a denti che collegano i riduttori alle ruote. La misura finale viene eseguita dopo l'allineamento (tramite



fig. 10 Allineamento supporti e riduttori

spessoramento), e il serraggio delle viti riduttori. La concentricità degli alberi si controlla verificando la corrispondenza di questi con un piastrino poggiato parallelamente all'asse su quattro punti contrapposti. Per la deviazione angolare si considera la distanza tra i mozzi in quattro punti contrapposti tramite un cuneo graduato in grado di apprezzare 1/10mm. La distanza teorica tra gli alberi di 8mm è confermata sulla carrelliera # 4 mentre risulta di circa 2,5mm oltre per la carrelliera #1 causa limite delle regolazioni consentite dalla carpenteria.

6) Verticalità asse di azimut

La misura viene eseguita utilizzando una stazione totale posta in prossimità dell'asse di EL e leggendo le variazioni del cerchio elevazione ogni 10 gradi di rotazione in AZ dell'antenna. Dalla tabella di misura riportata nel documento INF 1201 DSR 10 si evidenzia la componente wooble superiore alla massima pendenza di 4arcsec, che rappresenta anche la qualità del piano di movimentazione AZ antenna.

4. Conclusioni

A seguito delle lavorazioni di ripristino dell'asse di rotazione azimutale del radiotelescopio dell'IRA Noto, si è avuto un evidente e macroscopico miglioramento delle prestazioni dello strumento, in primo luogo grazie al ripristino dei cuscinetti delle carrelliere, il cui guasto aveva reso inutilizzabile lo strumento stesso. Esso quindi è stato riportato alle sue condizioni

operative originali , che da un punto di vista tecnico possono essere rappresentati dal valore di angolo di camber delle carrelliere, riportato a 2° 52' iniziali da un valore di 3° 05' prima dei lavori di ripristino, e dal valore di deviazione di verticalità dell'asse di azimuth, riportato a 4" dagli 11" misurati prima dei lavori di manutenzione. Sono stati quindi utilizzati dei materiali ed accorgimenti che possono migliorare le caratteristiche di durata nel tempo ma anche di funzionalità, come per esempio l'uso di piastre continue che ospitano i settori di rotaia, e l'uso di malta cementizia fibrorinforzata per l'inghisaggio di quest'ultima. Occorre ovviamente ricordare che sono state installate nuove carrelliere, e una nuova rotaia, revisionati e rilavorati i supporti e i riduttori.

Oltre al ripristino della completa funzionalità del radiotelescopio, è stato evidenziato un tangibile miglioramento delle prestazioni del radiotelescopio rispetto a quelle precedenti il guasto, in termini di precisione e stabilità del puntamento e dell'inseguimento di sorgenti, di attenuazione del rumore nei loop di controllo di posizione e velocità del sistema di puntamento gestito dall'ACU. A questo proposito si può affermare con buona probabilità che siano scomparsi i fenomeni di risonanza nei loop di controllo che portavano a dei fastidiosissimi fenomeni di oscillazione dello strumento intorno a delle posizioni ben prestabilite, riconducibili al disallineamento trasversale e planare degli spezzoni di rotaia. Il recupero di tale disallineamento a seguito di lavori in questione ed in particolare dell'installazione della nuova rotaia, ha ridotto al minimo le probabilità di innesco di risonanze e di oscillazioni, le quali non sono più comparse durante i periodi di test sulle prestazioni dell'antenna.

Ringraziamenti

Si ringrazia la Presidenza INAF ed il CDA, il Prof. Vettolani, i colleghi della Sede Centrale INAF, il Direttore dell'IRA, D.ssa L. Feretti.

Si ringrazia tutto il personale dell'Istituto di Radioastronomia di Noto, tra i quali in particolare il Dr. Giacalone per la preziosa collaborazione nella realizzazione dell'opera.

Infine si ringrazia la GalbiatGroup S.r.l, l'Ing. Vergine, il Sig. Gabrielli e tutto il suo staff per la professionalità, l'umiltà e la grande competenza saputa mettere in campo in tutte le attività che hanno riguardato i lavori in questione.