

Ingegneria e radioastronomia a Firenze

Pietro Bolli, Renzo Nesti, Giuseppe Pelosi, Gianni Tofani

L'attività di ricerca sulla Radioastronomia presso l'Osservatorio Astrofisico di Arcetri, che oggi fa parte dell'INAF (Istituto Nazionale di Astrofisica), rappresenta una 'eccellenza' fiorentina, che si innesta, a partire dagli anni '60, con la direzione di Guglielmo Righini, su una lunga tradizione scientifica nell'ambito dell'Astronomia, che ebbe le sue origini a Firenze con la costruzione della 'Specola', il primo osservatorio astronomico, annesso al Regio Museo di Fisica e Storia Naturale, costruito alla fine del XIX secolo su volere del granduca Pietro Leopoldo di Lorena.

La Radioastronomia, che ha assunto sempre maggiore rilievo per lo studio dei meccanismi di formazione delle stelle, e dell'origine e formazione dell'universo visibile, della dinamica e dell'evoluzione delle galassie, si basa sull'analisi della radiazione elettromagnetica emessa dai corpi celesti nel dominio delle radiofrequenze (nel *range* di frequenze che va da pochi MHz alle 'microonde'). Larga parte di questa radiazione penetra attraverso l'atmosfera terrestre e può essere misurata a terra con i radiotelescopi, ovvero telescopi operanti nelle bande radio, la cui tecnologia è basata largamente su tecniche usate anche nei campi delle telecomunicazioni.

Nella progettazione di un radiotelescopio assume particolare importanza l'accoppiamento fra l'antenna, in genere una superficie di raccolta della radiazione, ed il sistema di ricevitore, che permette l'analisi del segnale. Le perdite di disadattamento o di assorbimento nei componenti passivi, nonché le non perfette condizioni geometriche di superficie di raccolta della radiazione, sono un campo d'indagine di particolare interesse nel bilancio dell'efficienza di un radiotelescopio i cui costi complessivi sono dell'ordine dei milioni di euro.

Da alcuni anni si è consolidata la conoscenza e l'utilizzo di metodi di indagine, mediante analisi elettromagnetica complessa, per la progettazione di sistemi di collettori di radiazione nella zona focale di antenne variamente strutturate. Nel sistema di rice-

Pietro Bolli, Arcetri Astrophysical Observatory - INAF, Italy, pietro.bolli@inaf.it, 0000-0001-8770-8316
Renzo Nesti, Arcetri Astrophysical Observatory - INAF, Italy, renzo.nesti@inaf.it, 0000-0003-0303-839X
Giuseppe Pelosi, University of Florence, Italy, Giuseppe.pelosi@unifi.it, 0000-0002-6826-0955
Gianni Tofani, Arcetri Astrophysical Observatory - INAF, Italy

Referee List (DOI 10.36253/fup_referee_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup_best_practice)

Pietro Bolli, Renzo Nesti, Giuseppe Pelosi, Gianni Tofani, *Ingegneria e radioastronomia a Firenze*. © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.09, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 37-40, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5



Figura 12 – L'Osservatorio di Arcetri, una delle eccellenze della ricerca, per tradizione ed attività, nell'area fiorentina.



Figura 13 – In Sardegna, a circa 35 km da Cagliari, in località Pranu Sanguni, nel comune di San Basilio, è in fase di completamento un grandioso impianto scientifico, denominato SRT (*Sardinia Radio Telescope*). Si tratta di un radiotelescopio del diametro di 64 m, di concezione moderna, disegnato per applicazioni di Radioastronomia, Geodinamica e Scienze Spaziali, che si configura come una *facility* internazionale di altissimo profilo. Il gruppo di ricerca RF, Microonde ed Elettromagnetismo si è occupato dello studio di diverse problematiche relative al progetto elettromagnetico dell'antenna, tra cui vale la pena ricordare il progetto del *front-end* a 22 GHz per il fuoco gregoriano del radiotelescopio (i polarizzatori sono stati realizzati dalle società Pasquali Microwave Systems di Firenze, mentre le antenne a tromba dalla CLOEMA di Bagno a Ripoli).

vitore, di normale utilizzo nella catena di un radiotelescopio, anche gli elementi passivi di trasmissione e combinazione del segnale richiedono una fase di progettualità e ottimizzazione complessa per minimizzare le perdite d'inserzione, controllare la larghezza di banda passante e migliorare la purezza di polarizzazione.



Figura 14 – Array esagonale di sette antenne a tromba per il ricevitore in banda Q (33-50 GHz) del *Sardinia Radio Telescope* (SRT) realizzato dalla CLOEMA, una officina meccanica di precisione di Bagno a Ripoli (Firenze).

Lo sviluppo dei metodi di analisi elettromagnetica sopramenzionati è una delle attività principali dell'Osservatorio di Arcetri, che in questo ambito, ormai da circa vent'anni, ha stretto una proficua collaborazione con il Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni (adesso Ingegneria dell'Informazione), attraverso il gruppo di ricerca in RF, Microonde ed Elettromagnetismo. Questo filone di ricerca ha dato vita, negli anni, a numerosi progetti scientifici per lo studio, l'ottimizzazione e la realizzazione dei diversi dispositivi elettromagnetici che costituiscono un sistema di antenna per applicazioni di radioastronomia, a partire dai *feed* per le antenne a riflettore, fino ad arrivare ai dispositivi passivi a microonde, che costituiscono i primi stadi del ricevitore di un radiotelescopio. Su queste tematiche il Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni insieme all'Osservatorio di Arcetri hanno partecipato attivamente alla ricerca e sviluppo di tecnologie elettromagnetiche nelle bande radio, anche attraverso i vari progetti nazionali, coordinati dall'INAF, e i grandi progetti internazionali, coordinati da consorzi stabiliti *ad hoc* (progetti ALMA, Atacama Large Millimeter Array, e SKA, Square Kilometer Array) o guidati da agenzie spaziali (progetto Planck dell'Agenzia Spaziale Europea).

I gruppi di ricerca dell'INAF, che si occupano di radioastronomia, hanno una *leadership*, riconosciuta a livello internazionale – dall'ESA (European Space Agency), dalla NASA (National Aeronautics and Space Administration) e dall'ESO (European Southern Observatory) – per il progetto, la modellizzazione e le misure di sistemi ottici complessi. Una tale 'eccellenza', oltre a rappresentare un motivo di orgoglio per la ricerca italiana, consente di irrobustire e migliorare le competenze dell'industria nazionale, attraverso la stretta collaborazione tra gli enti di ricerca e le realtà manifattu-

riere locali, con le quali si è stabilito un continuo scambio di *know-how* e trasferimento tecnologico, per la produzione su piccola scala di componentistica (*feed*, polarizzatori, filtri in guida, accoppiatori) a frequenze fino a circa 200 GHz.



Figura 15 – Veduta aerea del Chajnantor Plateau, l’altipiano situato a 5000 m di altitudine sulle Ande Cilene che ospita l’array di antenne di ALMA [Clem & Adri Bacri-Normier (wingsforscience.com)/ESO].

A questo proposito vale la pena citare l’ottima esperienza italiana nelle tecniche di elettroformatura, che consentono la realizzazione ad elevata precisione meccanica di dispositivi passivi con prestazioni spinte (larghezza di banda passante istantanea tipicamente maggiore del 20%, purezza di polarizzazione, massa e dimensioni contenute), operanti a frequenze di lavoro sempre maggiori. Nell’area locale vale la pena citare le ditte Pasquali Microwave Systems e CLOEMA.

Queste competenze sono state utilizzate per ricevitori montati su radiotelescopi sia italiani che internazionali, come ad esempio ALMA, i cui collettori, per le antenne realizzate sotto responsabilità ESO, saranno forniti dalla ditta Media Lario Technologies, nata di fatto da uno *spin-off* di istituti INAF per la realizzazione degli specchi della missione XMM (*X-ray Multi-Mirror*).