

Document ID

PON-OR3-01-SPE

Revisione

01

Tipo di Documento

Documento tecnico descrittivo

Denominazione Gara

Fornitura di una Camera millimetrica per il fuoco Gregoriano del Sardinia Radio Telescope.

Tipo di procedura

Dialogo competitivo ai sensi dell'art. 64 del D.lgs. 18 aprile 2016, numero 50, e s.m.i.

Atto di avvio

Determinazione n. 187 del 13 agosto 2019

Importo a base di gara

€ 2.200.000,00

Finanziamento / Codice

PON FSE FESR / PIR01_00010 "SRT_HighFreq - Potenziamento del Sardinia Radio Telescope per lo studio dell'Universo alle alte frequenze"

CUP

C87E19000000007

CIG

801140548C

Contenuto del documento

Art. 1.	Ambito di riferimento – Il SRT.....	2
Art. 2.	Oggetto dell'appalto	2
Art. 3.	Termini di consegna	3
Art. 4.	Parametri ottici del SRT	3
Art. 5.	Montaggio del ricevitore al fuoco Gregoriano di SRT	7
Art. 6.	Configurazione ottica della camera millimetrica.....	9
Art. 7.	Sistema criogenico.....	15
Art. 8.	Interfacce elettriche e meccaniche	19
Art. 9.	Condizioni di fornitura	20

Art. 1. Ambito di riferimento – Il SRT

Il Sardinia Radio Telescope (SRT) è un radiotelescopio con uno specchio primario di 64 metri gestito dall'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF). SRT è equipaggiato con un sistema di ottiche attive in grado di modificare la forma del profilo del riflettore primario (M1) e di muovere opportunamente il riflettore secondario (Subriflettore). Questa caratteristica, coadiuvata da opportuni sistemi di metrologia, lo rende capace di osservare a frequenze fino a 110GHz (banda W).

Attualmente la massima frequenza che viene sfruttata a SRT è 26.5 GHz. Nello specifico le bande che sono coperte dai ricevitori radioastronomici sono la banda P(0.305-0.410 GHz), la banda L(1.3-1.8 GHz), la banda Chigh(5.7-7.7 GHz) e la banda K(18-26.5GHz). E' inoltre installato un ricevitore in banda X ad uso dell'Agenzia Spaziale Italiana, mentre INAF sta costruendo due nuovi sistemi per coprire la banda S(3.0-4.5 GHz) e la banda Clow(4.2-5.6 GHz).

Con il finanziamento PON "Ricerca ed Innovazione 2014-2020", INAF si doterà di una serie di ricevitori a microonde allo stato dell'arte che permetteranno osservazioni nella banda radio fino ad una frequenza di 110 GHz senza intervalli. Nello specifico, intende dotarsi dei seguenti apparati riceventi: Q-band(33-50 GHz, multibeam), 3-band(18-26 GHz, 33-50 GHz, 80-116 GHz simultanei), W-band (75-116 GHz, multibeam) e camera millimetrica banda W ("bolometro").

Art. 2. Oggetto dell'appalto

Questo documento sintetizza i requisiti tecnici di massima relativi al bolometro, previsto nell'ambito dell'Obiettivo Realizzativo 3 (O.R. 3) del progetto PON – SRT *"Potenziamento del Sardinia Radio Telescope per lo studio dell'Universo alle alte frequenze radio"*.

La camera millimetrica dovrà essere installata al fuoco Gregoriano, rispettando gli ingombri e i limiti di peso consentiti dalla torretta rotante usata per posizionare i ricevitori. Dovrà essere dotata di una matrice di rilevatori bolometrici indipendenti basati sulla tecnologia dei Kinetic Inductance Detectors (KIDs). I KIDs andranno raffreddati, attraverso vari stadi, fino ad una tem-

peratura di lavoro inferiore al Kelvin. Dovrà quindi essere dotata di un sistema criogenico dedicato (compressori, linee elio e teste fredde) che deve essere integrato nell'infrastruttura del radiotelescopio coerentemente con il progetto previsto dall' O.R.7 "Fornitura delle interfacce elettroniche e meccaniche per l'integrazione dei nuovi sistemi" del PON-SRT. La camera millimetrica dovrà essere inoltre fornita di una elettronica di lettura custom situata nel ricevitore stesso e il segnale rivelato dovrà essere trasmesso via fibra verso la camera schermata. Ad ogni modo, la camera millimetrica e tutti i suoi sottosistemi non dovranno generare Radio Frequency Interference.

Art. 3. Termini di consegna

Il **tempo massimo** di realizzazione per il ricevitore è **pari a 22 mesi dalla stipulazione digitale del contratto**. Questo è il termine per la consegna del ricevitore presso il sito del SRT. A questo punto si avranno a disposizione ulteriori **2 mesi** per completare l'installazione e i test funzionali al telescopio. I termini di consegna indicati non sono attualmente assoggettabili a proroga, essendo vincolati alla durata massima della fase di realizzazione, che **non deve superare i 32 mesi dalla data del 25 giugno 2019**.

Art. 4. Parametri ottici del SRT

La Tabella 1 riassume le specifiche tecniche delle ottiche del fuoco Gregoriano di SRT in cui andrà installata la camera millimetrica:

Optical configuration	Shaped Gregorian
Subreflector geometry	Numerical
Prime mirror diameter, D (m)	64.008
Subreflector diameter, d (m)	7.9060
Focal length, f (m)	21.0236
Prime focus focal ratio, f1/D	0.3285
Secondary focus focal ratio, f2/D	2.342
Distance from Prime to Gregorian foci (m)	17.4676
Magnification, M (m)	7.13
Prime focus to subreflector vertex (m)	2.8524
Secondary focus to subreflector vertex (m)	20.3200
Secondary focus to Prime mirror vertex (m)	3.5560
Distance from Prime mirror vertex to aperture plane (m)	12.1415
Distance from Prime focus to aperture plane (m)	8.8821
Prime mirror half-angle (degree)	74
Subreflector half-angle (degree)	12

Tabella 1: Parametri ottici del SRT.

Il rapporto focale del fuoco Gregoriano in cui la camera millimetrica dovrà essere installata è pari a $f/D=2.34$. Il semi-angolo del bordo del sub-riflettore visto dal fuoco Gregoriano è di 12 gradi.

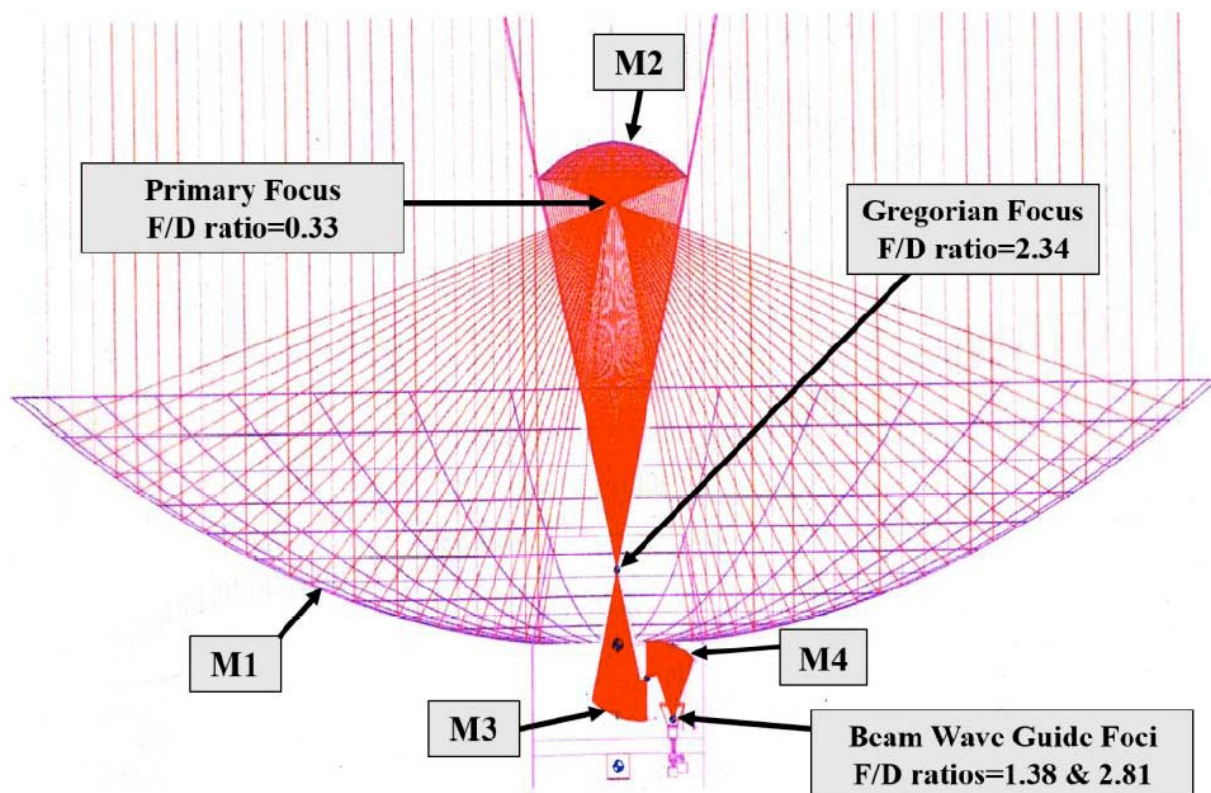


Figura 1: Configurazione ottica e ray-tracing del SRT. In evidenza lo specchio primario di 64-m (M1), il secondario (M2) di 7.9-m e due specchi aggiuntivi (M3 e M4) nella cosiddetta posizione Beam Wave Guide (BWG). Vengono evidenziate tre delle sei posizioni focali (primaria, Gregoriana e BWG) con i corrispettivi rapporti focali.



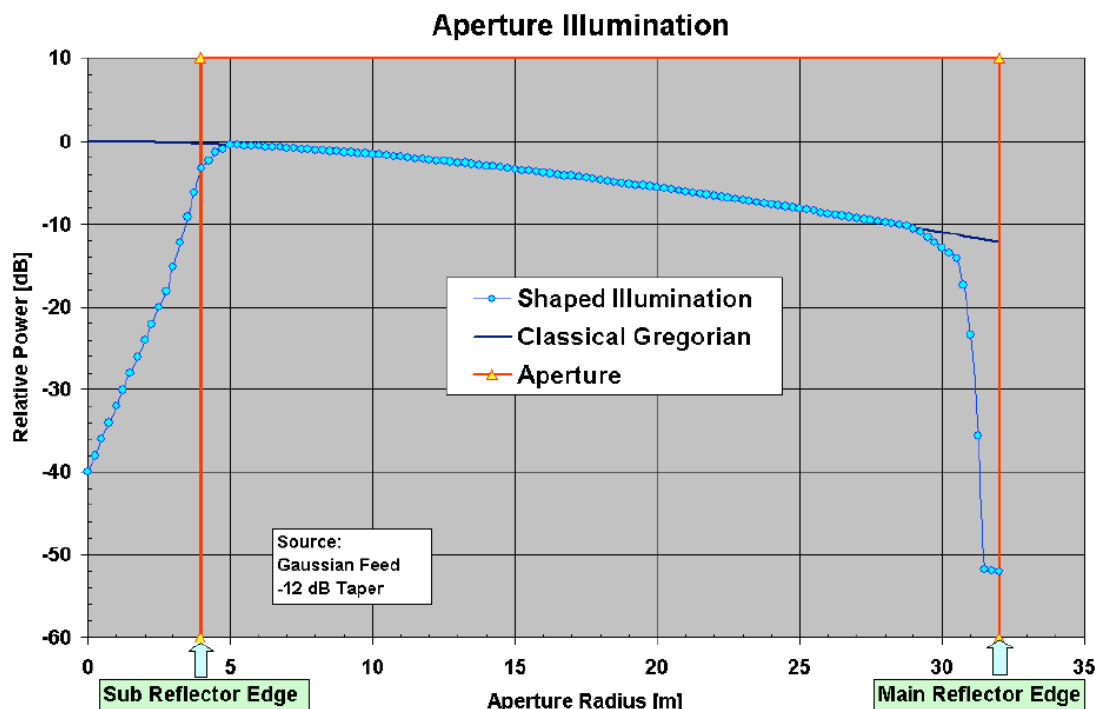


Figura 3: Diagramma di illuminazione dello specchio primario M1 del SRT in configurazione shaped.

La Figura 3 mostra il diagramma di illuminazione dello specchio primario M1. La configurazione shaped è studiata per ridurre l'illuminazione centrale del sub-riflettore M2, in modo da minimizzare l'effetto delle onde stazionarie tra lo specchio secondario e i feeds nel fuoco Gregoriano.

La riduzione di illuminazione ai bordi invece abbassa il livello dei side-lobes e la temperatura di rumore dell'antenna.

Pur preservando le caratteristiche della configurazione Gregoriana classica, la configurazione shaped è caratterizzata da un campo di vista più ridotto.

Art. 5. Montaggio del ricevitore al fuoco Gregoriano di SRT

La Figura 4 mostra una rappresentazione grafica in 3D delle posizioni focali Gregoriana e BWG.

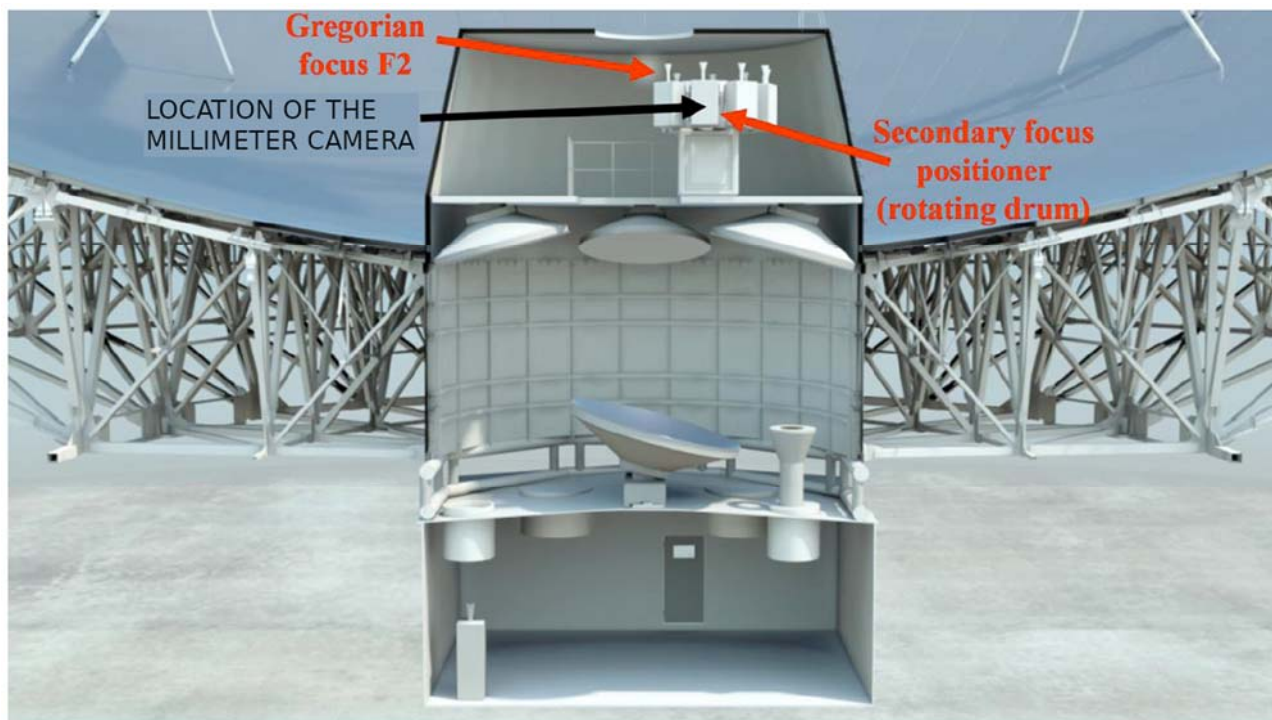


Figura 4: Rendering grafico della cabina del fuoco Gregoriano e della Beam Wave Guide. La camera millimetrica dovrà essere montata sul tamburo rotante del fuoco Gregoriano (F2).

La camera millimetrica andrà montata su una delle piattaforme laterali del posizionatore rotante dei ricevitori al fuoco Gregoriano. Il tamburo rotante è situato in maniera eccentrica rispetto all'asse del telescopio e ha una forma decagonale che può essere popolata con 8 ricevitori differenti raffreddati criogenicamente, uno per ogni posizione del decagono, che operano all'interno del range di frequenze da 5 a 116 GHz. Una delle dieci posizioni deve essere mantenute sgombra per permettere al fascio di raggiungere la BWG sottostante mentre un'altra è riservata ad un rack tecnico con elettronica di controllo e di alimentazione. Delle 8 posizioni rimanenti a disposizione, una è attualmente occupata dal ricevitore multi-feed in banda K (si veda Figura 5).

Le restanti saranno popolate dalla camera millimetrica e da altri tre nuovi ricevitori acquisiti nell'ambito del PON PIR_01_00010 per il potenziamento del SRT: ricevitore multi-beam heterodyne in banda W (O.R.1), ricevitore multi-beam heterodyne in banda Q (O.R.2), ricevitore tri-

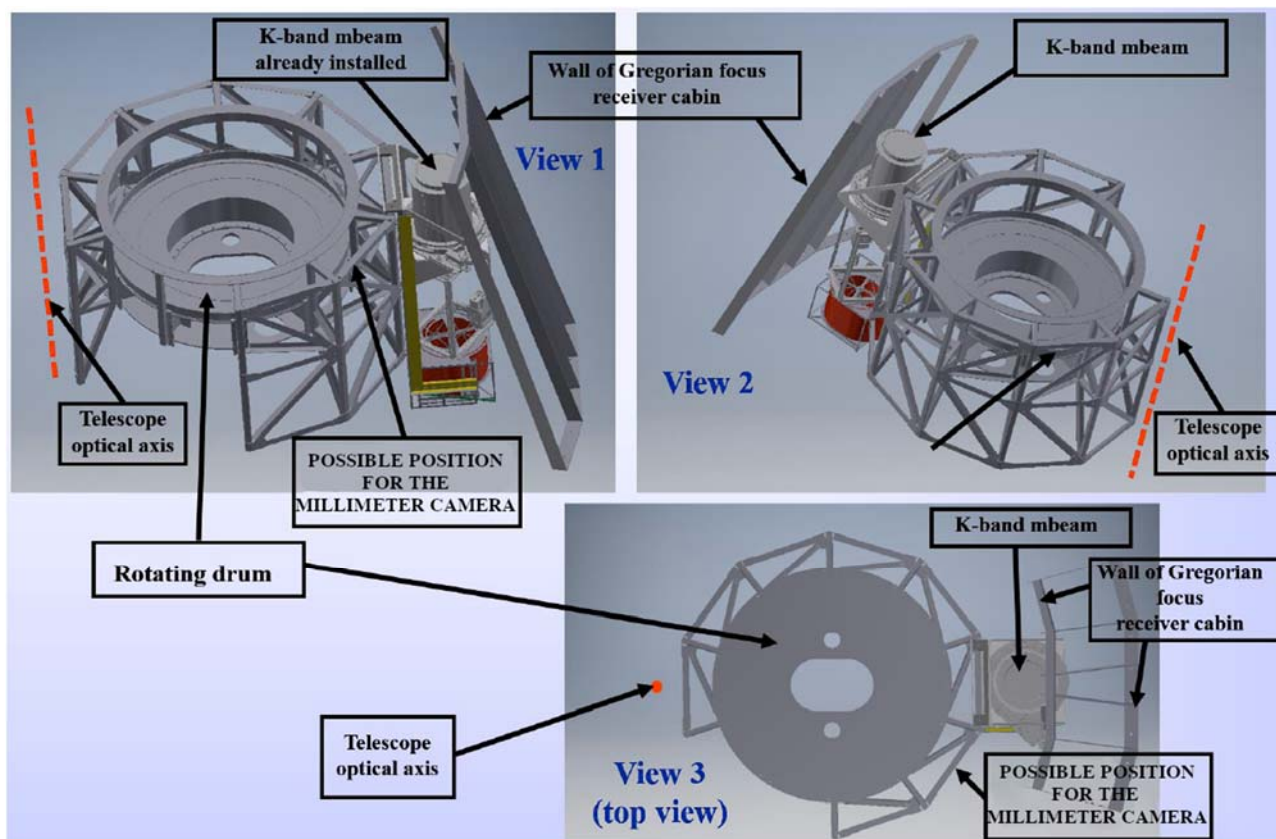


Figura 5: Tre vedute differenti del tamburo rotante del fuoco Gregoriano in cui si mostra una delle possibili posizioni di montaggio per la camera millimetrica su una delle piattaforme laterali.

band monofeed in banda K/Q/W (O.R.4). Una delle due posizioni rimanenti sarà presa da un ricevitore in banda C-low costruito esternamente al progetto PON-SRT.

Un motore manovrabile da remoto può ruotare il tamburo in modo da posizionare il ricevitore desiderato in fuoco. La Figura 6 mostra delle immagini reali prese all' interno della cabina del fuoco Gregoriano.

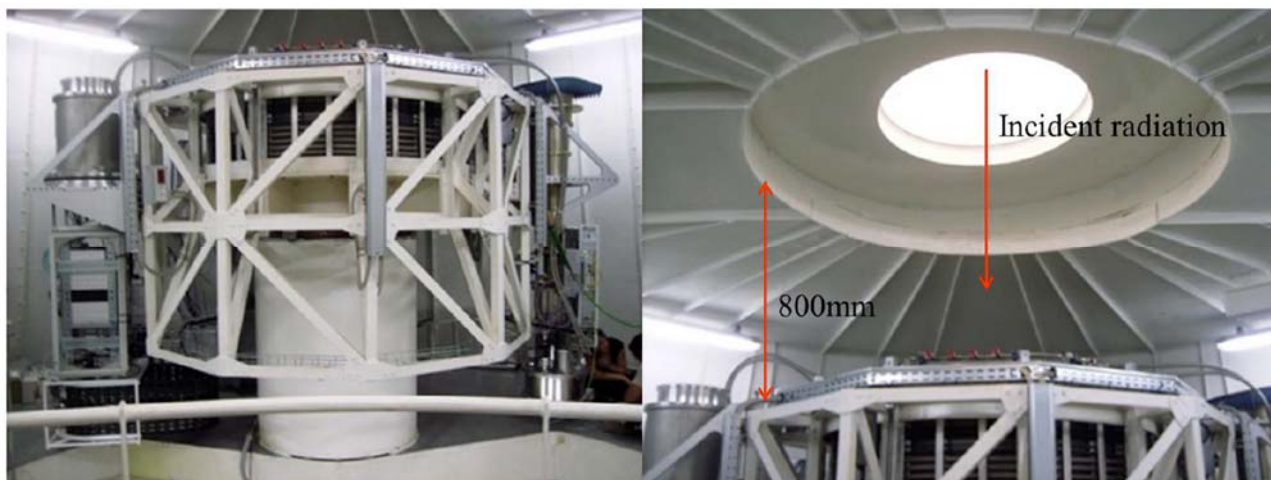


Figura 6: Immagini reali all'interno della cabina del fuoco Gregoriano di SRT.

I limiti per l'ingombro e il peso per i ricevitori che devono essere montati in una delle piattaforme laterali del tamburo rotante sono stringenti e vengono riassunti in Tabella 2:

Dewar diameter (mm)	≤600
Height (mm)	≤2400 (from the focus phase center)
Weight (kg)	≤250

Tabella 2: Limiti fisici per la camera millimetrica.

La camera millimetrica dovrà essere quindi realizzata per essere compatibile con queste specifiche fisiche. Questi limiti includono anche il peso e le dimensioni del supporto utilizzato per fissare il ricevitore al tamburo rotante.

Art. 6. Configurazione ottica della camera millimetrica

La camera millimetrica dovrà essere progettata per fornire la massima efficienza nella mappatura del campo di vista accessibile da SRT a 3-mm.

Nel seguito verranno presentate tre possibili configurazioni ottiche, con e senza feed horns in fronte alla matrice di KIDs. La configurazione da adottare andrà scelta durante il dialogo competitivo in funzione della fattibilità tecnica, economica e del ritorno scientifico.

La Figura 7 mostra il grafico di illuminazione del fuoco Gregoriano di SRT alla lunghezza d'onda di 3-mm per la configurazione shaped di M1.

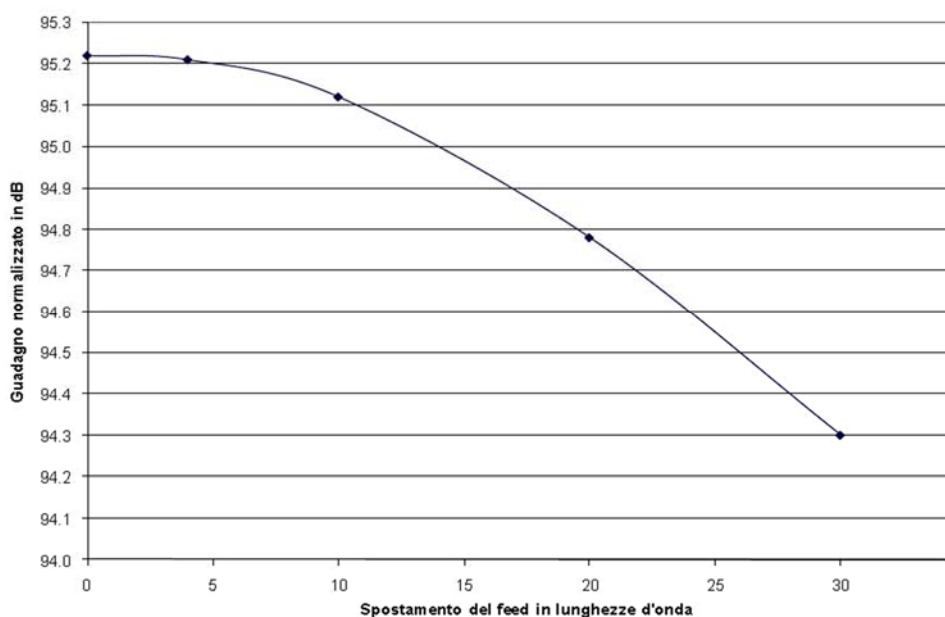


Figura 7: Guadagno normalizzato in dB in funzione della distanza dall'asse ottico del fuoco Gregoriano di SRT per una lunghezza d'onda di 3-mm.

Discostandosi di 21λ dal centro di fase del fuoco il guadagno di antenna diminuisce di circa -0.5 dB (89% del valore del guadagno sull'asse ottico). La curva di illuminazione decresce abbastanza rapidamente e ad una distanza di circa 32λ si registra una perdita di -1 dB (79% del valore del guadagno sull'asse ottico). Ad una distanza di 40λ l'illuminazione è scesa del 30%.

Si noti che ad una perdita di illuminazione del 10%, corrisponde una dimensione nel piano focale dell'ordine di circa $126 \times 126 \text{ mm}^2$. Le dimensioni del campo di vista in cielo per il fuoco Gregoriano (per un rapporto di apertura $f_2/D=2.342$) sono di circa $\text{FoV}=2.9 \text{ arcmin} \times 2.9 \text{ arcmin}$.

Se si considera una perdita di illuminazione del 20%, la dimensione del piano focale è dell'ordine di circa $192 \times 192 \text{ mm}^2$. In questo caso, le dimensioni del campo di vista in cielo sono di circa $\text{FoV}=4.4 \text{ arcmin} \times 4.4 \text{ arcmin}$.

Infine, ad una perdita di illuminazione del 30% corrisponde una dimensione del piano focale dell'ordine di circa $240 \times 240 \text{ mm}^2$ e il campo di vista in cielo risulta circa $\text{FoV}=5.5 \text{ arcmin} \times 5.5 \text{ arcmin}$.

La risoluzione angolare teorica del SRT a 3-mm è di circa $\theta_b=11 \text{ arcsec}$ ($1.2 \cdot \lambda/D$ FWHM). Nel piano focale questo angolo si traduce in una distanza lineare pari a $1.2(f_2/D)\lambda$, ossia 8.4 mm.

In Tabella 3 si prendono in esame tre possibili configurazioni ottiche per la camera millimetrica.

Configurazione	Spaziatura rivelatori	Numero rivelatori	Diametro FoV	Separazione dei beams	Feed horns
A	4.2-mm	700	3-arcmin	0.5 FWHM	NO
B	8.4-mm	385	4.4-arcmin	1 FWHM	NO
C	31-mm	69	5.5-arcmin	3 FWHM	SI

Tabella 3: Tre possibili configurazioni per la camera millimetrica senza ottiche di re-imaging.

Configurazione A. Una prima possibile configurazione ottica per la camera millimetrica è quella in cui si campiona direttamente il piano focale con una matrice di KIDs con una spaziatura di 4.2-mm, come illustrato nel riquadro di sinistra di Figura 8. Compattando circa 700 bolometri entro un raggio di 126-mm di diametro è possibile ricoprire interamente la regione entro cui l'illuminazione si mantiene entro il 10% del valore al centro dell'asse ottico. La proiezione in cielo dei beams corrispondente alla matrice di bolometri nel piano focale è mostrata nel pannello di destra in Figura 8. Questa configurazione è ideale in quanto si è in grado di campionare istantaneamente tutto il FoV con una spaziatura tra i beams pari ad al criterio di Nyquist, ossia 0.5 FWHM.

Configurazione B. Una seconda configurazione ottica per la camera millimetrica è quella in cui si campiona direttamente il piano focale con una matrice di KIDs con una spaziatura di 8.4-mm, come illustrato nel riquadro di sinistra di Figura 9. Con 385 bolometri entro un raggio di 192 mm di diametro è possibile ricoprire interamente la regione entro cui l'illuminazione si mantiene entro il 20% del valore al centro dell'asse ottico. La proiezione in cielo dei beams corrispondente alla matrice di bolometri nel piano focale è mostrata nel pannello di destra in Figura 9. Questa configurazione è sub-ottimale in quanto il FoV viene campionato con una spaziatura tra i beams pari a 1 FWHM.

Configurazione C. Una terza possibile configurazione alternativa potrebbe prevedere l'utilizzo di feed-horns di fronte ad ogni KID. Questo garantirebbe una migliore efficienza di illuminazione dello specchio di SRT ed un basso livello di side-lobes. Il numero di horns fisicamente compattabili nel piano focale è limitato dal loro diametro fisico. Tuttavia si potrebbe aumentarne il numero popolandolo regioni più lontane dall'asse ottico ritenendo come compromesso accettabili anche perdite di illuminazione del 30% e oltre. Nel riquadro di sinistra in Figura 10 viene mostrato un array composto da circa 69 feeds disposto sul piano focale senza ottica di re-imaging. Vengono mostrate le regioni con illuminazione ridotta del 10%, 20% e 30% rispetto al centro dell'asse ottico. Il diametro esterno della bocca dei feeds è di 21-mm e la loro spaziatura è di 31-mm. Il riquadro di destra in Figura 10 mostra la proiezione in cielo dei beams che risultano spazati di circa 42 arcsec (ossia 3 FWHM) e popolano un campo di vista di circa 5.5 arcmin. La copertura istantanea del FoV risulta quindi sparsa.

Per la configurazione B e soprattutto per la C la mappatura istantanea del FoV non è ottimale. Da un punto di vista astronomico ciò comporta di dover ricostruire il campionamento ideale con apposite strategie di scanning o raster map.

In ogni caso, le considerazioni qui presentate devono essere considerate come un punto di riferimento e non un requisito stringente anche tenuto conto che la necessità di introdurre delle ottiche di re-imaging potrebbe modificare l'illuminazione del piano focale.

Un sistema di ottiche di re-imaging potrebbero essere implementato per ridurre la spaziatura dei beam proiettati in cielo fino a 0.5 FWHM, senza dover compattare ulteriormente la distanza fisica dei bolometri nel piano focale. Le ottiche di re-imaging potrebbero tuttavia introdurre delle aberrazioni dei beams off-axis. Il design delle ottiche di re-imaging dovrebbe quindi essere realizzato con cura tenendo conto della configurazione ottica *shaped* dello specchio primario del SRT.

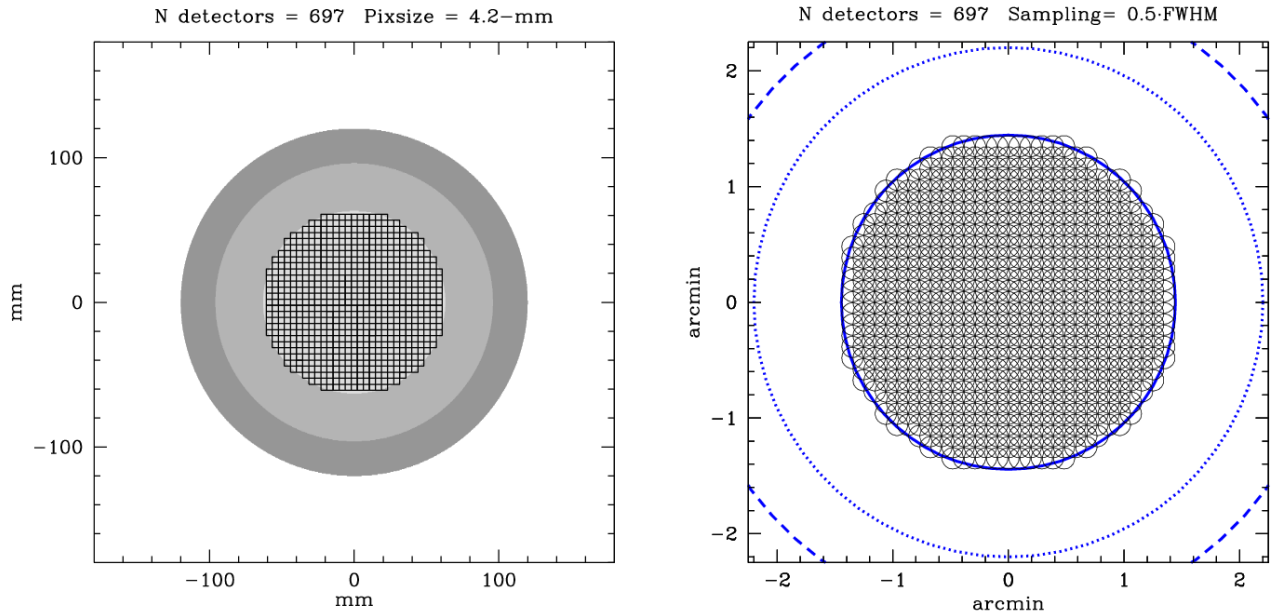


Figura 8: Sinistra: Possibile configurazione per 700 detectors spazati di 4.2-mm nel piano focale della camera millimetrica. Il cerchio interno ha un diametro di 126-mm e delimita la regione entro cui l'illuminazione rimane entro il 10% del valore al centro dell'asse ottico. I cerchi esterni hanno un diametro di 192-mm e 240-mm e racchiudono rispettivamente le regioni entro cui l'illuminazione si mantiene entro il 20% e il 30% del valore al centro dell'asse ottico. Destra: Posizioni proiettate sul piano del cielo per i beams corrispondenti alla matrice di bolometri. Il diametro di ogni cerchietto è pari a 11-arcsec, la risoluzione angolare (FWHM) di SRT a 3-mm. Il cerchio interno indica il FoV nominale pari a circa 3-arcmin in cui l'illuminazione si mantiene entro il 10% del valore sull'asse ottico. Il FoV viene campionato in maniera ottimale secondo il criterio di Nyquist a 0.5 FWHM beam. I cerchi esterni in punteggiato e tratteggio indicano le regioni in cui l'illuminazione si mantiene entro il 20% e il 30% del valore sull'asse ottico. Questo esempio si riferisce ad una matrice di bolometri situata sul piano focale senza ottica di re-imaging.

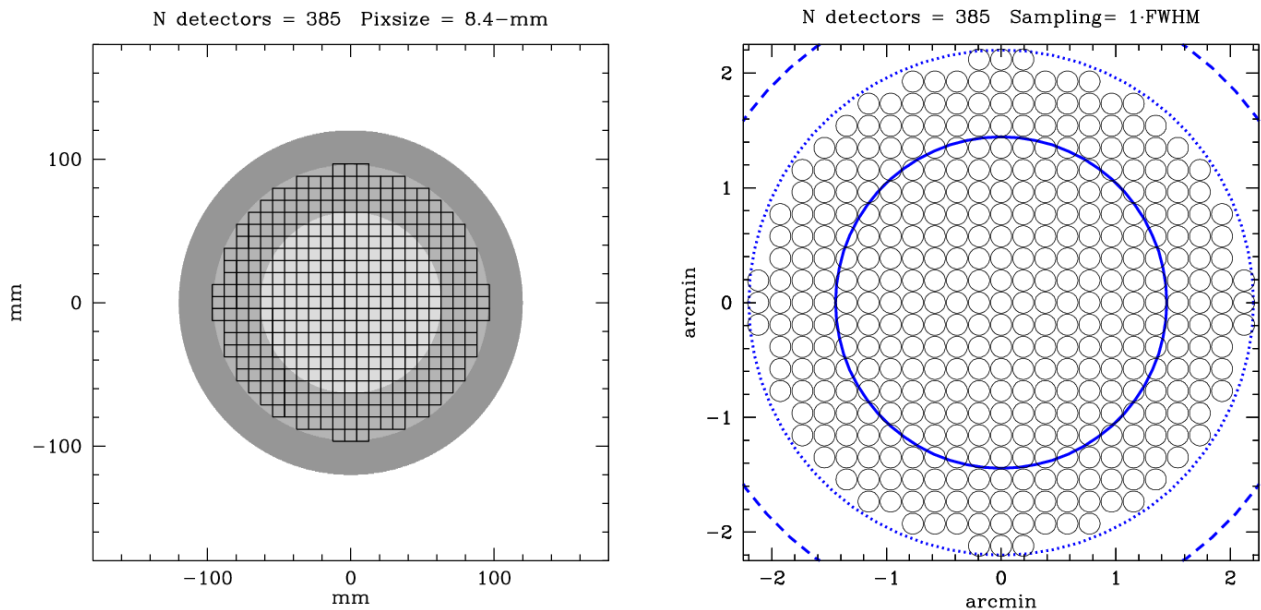


Figura 9: Sinistra: Possibile configurazione per 385 detectors spazati di 8.4-mm nel piano focale della camera millimetrica. Il cerchio interno ha un diametro di 126-mm e delimita la regione entro cui l'illuminazione rimane entro il 10% del valore al centro dell'asse ottico. I cerchi esterni hanno un diametro di 192-mm e 240-mm e racchiudono rispettivamente le regioni entro cui l'illuminazione si mantiene entro il 20% e il 30% del valore al centro dell'asse ottico. Destra: Posizioni proiettate sul piano del cielo per i beams corrispondenti alla matrice di bolometri. Il diametro di ogni cerchietto è pari a 11-arcsec, la risoluzione angolare (FWHM) di SRT a 3-mm. Il cerchio interno indica il FoV nominale pari a circa 3-arcmin in cui l'illuminazione si mantiene entro il 10% del valore sull'asse ottico. Il FoV viene campionato in maniera sub-ottimale con una spaziatura di 1 FWHM beam. I cerchi esterni indicano le regioni in cui l'illuminazione si mantiene entro il 20% e il 30% del valore sull'asse ottico. Questo esempio si riferisce ad una matrice di bolometri situata sul piano focale senza ottica di re-imaging.

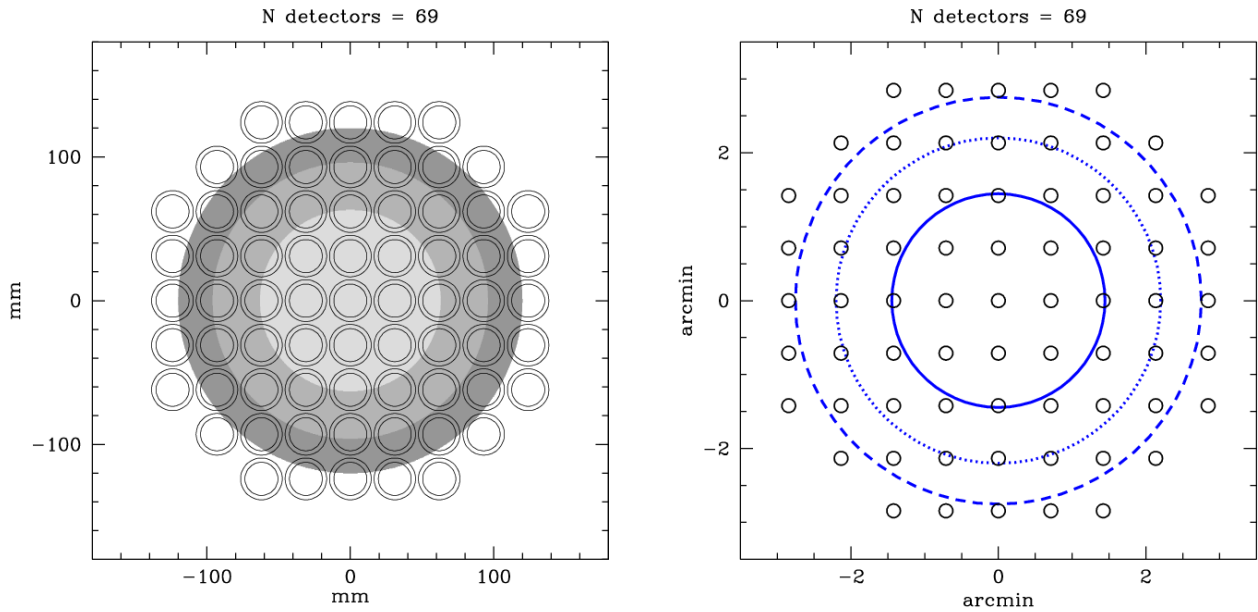


Figura 10: Sinistra: Possibile configurazione per 70 feeds spazati di 31-mm nel piano focale della camera millimetrica. Il diametro (interno) dell'apertura di ciascun feed è di circa 21-mm. Il cerchio esterno ha un diametro di 240-mm e racchiude la regione entro cui l'illuminazione si mantiene entro il 30% del valore al centro dell'asse ottico. Destra: Posizioni proiettate sul piano del cielo per i beams corrispondenti alla matrice di feed di bolometri. Il diametro di ogni cerchietto è pari a 11 arcsec, la risoluzione angolare (FWHM) di SRT a 3-mm. Il FoV viene campionato in maniera sparsa. La separazione tra i beam in cielo è di circa 42 arcsec. Il cerchi concentrici indicano una perdita di illuminazione del 10%, 20% e 30% rispetto al centro campo. Il cerchio esterno ha un diametro pari a circa 5.5 arcmin. Questo esempio si riferisce ad una matrice di bolometri situata sul piano focale senza ottiche di re-imaging.

Art. 7. Sistema criogenico

Per poter garantire una operatività ottimale dei rivelatori bolometrici e per minimizzare la radiazione parassita all'interno della banda, la matrice nel piano focale deve essere raffreddata fino ad una temperatura di lavoro inferiore a 1 K (sub-K) tramite un sistema criogenico dedicato a più stadi.

Una possibile configurazione per un criostato composto tre diversi stadi criogenici è mostrata in Figura 12. Un primo stadio a ~ 40 K, seguito da un secondo stadio a ~ 4 K e dello stadio sub-K. Nella figura sono riportate la larghezza e l'altezza massima del criostato che devono in ogni caso essere rispettivamente limitate a 600-mm e 2400-mm (vedi Sezione 4).

Lo stadio a sub-K ospitante la matrice dei KIDs e l'eventuale l'ottica di re-imaging sono contenuti nel secondo stadio a criogenico ad una temperatura ~ 4 K e una potenza refrigerante dell'ordine di $1 \div 1.5$ Watts.

A sua volta il secondo stadio a ~ 4 K è contenuto nel primo stadio a ~ 40 K con una potenza refrigerante di alcune decine di Watts.

Filtri termici sono sistemati lungo il percorso della radiazione attraverso gli stadi a 40K, 4K e lo stadio sub-K.

La scelta del sistema criogenico da adottare va ponderata valutando attentamente pro e contro delle diverse soluzioni anche in relazione al particolare ambiente in cui la camera millimetrica dovrà operare. La Gregorian room infatti si inclina rispetto all'asse orizzontale al variare dell'elevazione del SRT durante le osservazioni. Inoltre non è possibile usufruire di un punto acqua con cui raffreddare il compressore.

Questo ha delle ripercussioni sulla scelta del tipo di testa fredda, Pulse Tube (PT) o Gifford McMahon (GM). Un criogeneratore PT, non avendo parti mobili, presenta meno vibrazioni ($5\text{-}\mu\text{m}/2\text{-}\mu\text{m}$ sugli assi orizzontale/verticale) rispetto al GM ($20\text{-}\mu\text{m}/5\text{-}\mu\text{m}$). Un PT però funziona propriamente solo con il secondo stadio orientato verso il basso entro 30 gradi dalla verticale. Di contro, un criogeneratore GM può lavorare a qualsiasi inclinazione ma è necessario assicurarsi che il livello di vibrazioni trasmesse al criostato sia tenuto sotto controllo per non causare danni o disallineamenti ai rilevatori o alle ottiche.

La soluzione di riferimento potrebbe quindi essere quella di un criogeneratore GM con adeguati accorgimenti per tenere sotto controllo le vibrazioni.

Una testa fredda del tipo Sumitomo RDK-408D2 4K Cryocooler Series potrebbe essere utilizzata per il primo e secondo stadio criogenico. In questo caso tuttavia le performance del compressore vengono garantite solo se questo viene collegato alla testa fredda da una flexiline non più lunga di 20-m. Il compressore quindi dovrebbe essere installato o nella stessa Gregorian Receiver Room o nella sottostante BWG room. Questa soluzione comporta alcune criticità. La prima è che il compressore dovrebbe essere raffreddato ad aria, non essendoci una linea acqua nelle immediate vicinanze della Gregorian room o della BWG room e le performance potrebbero essere minori per il secondo stadio. Una ulteriore difficoltà è che durante le osservazioni entrambe sia la Gregorian che la BGW room si inclinano rispetto a terreno al variare dell'elevazione del telescopio e quindi si rende necessario implementare un sistema basculante con asse coincidente con l'asse di elevazione per mantenere il compressore sul piano orizzontale. Da ultimo, un compressore raffreddato ad aria potrebbe alterare la temperatura ambiente della Gregorian room.

Una soluzione più semplice potrebbe essere quella di installare il compressore nella Equipment room alla base dell'alidada, nella sala compressori del SRT, in cui è possibile usufruire di un raffreddamento ad acqua e non esistono problemi di inclinazione legati alla elevazione del telescopio.

In questo caso è la distanza della sala compressori dalla Gregorian room che rappresenta una incognita.

La distanza delle linee elio che attualmente connettono la sala compressori al fuoco Gregoriano è approssimativamente di 96-m. La tratta è composta come delineato in Tabella 3.

Type	Length
Flexible line 3/4"	20.5-m
Rigid line 3/4"	67.3-m
Flexible line 1/2"	3-m
90°bend 3/4"	9 units
90°bend 1/2"	1 unit
60°bend 3/4"	2 units
45°bend 3/4"	1 unit
Aeroquip 1/2"	5 units

Tabella 4: Caratteristiche delle linee elio SRT dalla sala compressori fino al fuoco Gregoriano.

Sebbene al di fuori della garanzia del produttore (che garantisce una flex-line di 20-m), le linee elio già presenti a SRT potrebbero essere compatibili con un sistema criogeneratore/compressore Sumitomo. Tuttavia va stabilito con precisione con ulteriori indagini e l'impatto le perdite di pressione lungo la linea esistente sulle performance del criogeneratore RDK-408D2.

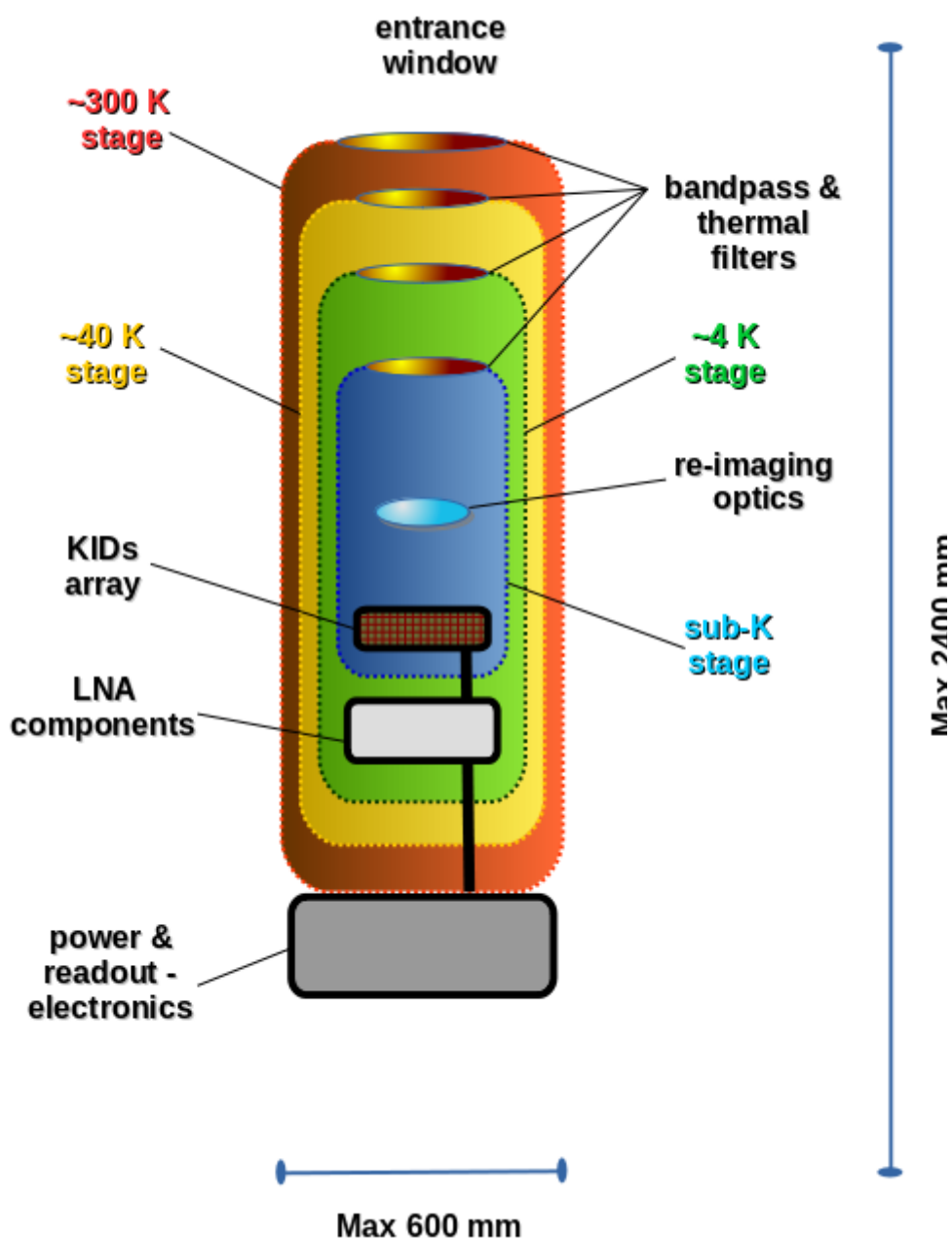


Figura 11: Disegno schematico del criostato della camera millimetrica in cui si delineano le componenti essenziali e i principali stadi criogenici.

Per la criogenia sub-K si potrebbe valutare un refrigeratore a doppio stadio, He-3 / He-4. Con questo tipo di refrigeratore ad adsorbimento si raggiungono temperature di 250 mK, in presenza di ingressi termici ragionevoli (circa 20 μ Watts).

Un'altra possibilità è quella di utilizzare un Adiabatic Demagnetization Refrigerator (ADR) non sensibile all'inclinazione.

Ci sarebbe anche l'opzione di un refrigeratore a diluizione che però ha necessità di un compressore esterno quindi non è tra i favoriti.

Il criostato deve prevedere una schermatura di protezione da campi magnetici esterni.

Art. 8. Interfacce elettriche e meccaniche

La camera millimetrica dovrà essere dotata di apposite interfacce di controllo per accendere, spegnere e monitorare criogeneratori ed altri componenti da remoto e, se possibile, compatibilmente con “Nuraghe”, il software di controllo del SRT (<http://discos.readthedocs.io/en/latest/>).

L'elettronica di lettura, o parte di essa, potrebbe essere alloggiata alla base del criostato (come mostrato in Figura 11).

Nella stessa posizione potrebbe essere sistemata anche l'elettronica di alimentazione.

Si sottolinea che in ogni caso il ricevitore e tutti i suoi sottosistemi non dovranno generare Radio Frequency Interferences.

Per questo motivo si chiede anche di valutare la fattibilità di posizionare l'elettronica di back-end all'interno della camera schermata del SRT.

Ad ogni modo tutti i collegamenti di alimentazione e dati dovranno essere integrati nell'infrastruttura del radiotelescopio coerentemente con il progetto previsto dall'Obiettivo Realizzativo 7 del Proposta PON PIR_01_00010.

Il criostato dovrà essere fissato ad una delle piattaforme laterali del tamburo rotante tramite una apposita interfaccia meccanica. Il peso complessivo del ricevitore, inclusa la struttura di fissaggio al tamburo del Gregoriano, deve comunque essere contenuto entro i 250 Kg.

NOTA IMPORTANTE. *I ricevitori installati sul SRT, nonché tutta la strumentazione e gli apparati che si trovano nel fascio di trasmissione, potrebbero essere esposti a campi elettromagnetici di intensità significativa quando SRT opererà in modalità di trasmissione in banda X e Ka per conto della Agenzia Spaziale Italiana (ASI) nell'ambito delle attività del Sardinia Deep Space Antenna. Al momento tuttavia, non è possibile prevedere i livelli esatti di potenza a cui la strumentazione sarà esposta. Per questo motivo si richiede al fornitore, ove possibile e senza degradarne le prestazioni o alterarne la tempistica di realizzazione, di proteggere tutte le componenti sensibili da installare sul SRT. In ogni caso, sia che venga applicata una protezione o meno, si richiede di esplicitare le soglie massime di tollerabilità delle varie componenti in modo da mettere in grado INAF e ASI di predisporre adeguate contromisure atte a preservarne integrità e prestazioni.*

Art. 9. Condizioni di fornitura

La camera millimetrica dovrà essere fornita completa di tutte le sue sottoparti. Un elenco preliminare e non esaustivo delle principali sottoparti è mostrato in Tabella 4.

Oggetto	Sottoparti principali
Camera millimetrica	Matrice bolometri
	Filtri termici e banda passante
	Finestra
	Criostato
	Criogeneratore
	Ottiche di re-imaging
	Vacuum pump
	Elettronica di alimentazione e lettura
	Firmware

Tabella 5: Sottoparti principali della camera millimetrica.

Lo strumento dovrà essere completamente caratterizzato in laboratorio e dovrà essere in linea con le specifiche richieste prima di essere spedito al sito del SRT.

Gli oneri per l'imballo e di assicurazione per la spedizione sono a carico del fornitore.

La camera millimetrica dovrà essere installata nel tamburo rotante del fuoco Gregoriano, allineata con l'asse ottico e quindi sottoposta ad una scrupolosa validazione funzionale.

La fornitura include i costi di spedizione, installazione e validazione funzionale al SRT.

L'installazione comprende le tre fasi:

- posizionamento e montaggio del ricevitore nel tamburo rotante del fuoco Gregoriano tramite apposita interfaccia meccanica;
- integrazione con gli impianti del radiotelescopio (alimentazione, dati, criogenia e controllo);
- allineamento ottico del ricevitore.

La procedura di integrazione del ricevitore sul SRT dovrà essere concordata tra INAF e il fornitore e dovrà essere predisposta di concerto tra le parti con sufficiente anticipo rispetto alla data prevista per l'installazione. L'onere e la responsabilità dell'installazione si intende a carico del fornitore, il quale tuttavia potrà avvalersi del supporto del personale INAF che supervisionerà l'intervento nei tempi e secondo la procedura di comune accordo.

La camera millimetrica deve essere costruita per garantirne un tempo di operatività di almeno 10 anni. Il costruttore deve fornire un piano di supporto dedicato che includa un manuale tecnico di manutenzione e una lista delle parti di ricambio. Per il tempo di vita dello strumento deve essere garantito l'intervento di sostituzione e il ricambio di tutte le parti essenziali che dovessero manifestare malfunzionanti o risultare difettose.

Come anticipato in apertura di documento, il tempo massimo per la consegna presso il sito del SRT della camera millimetrica è pari a 22 mesi dalla firma del contratto. Si prevede che per l'installazione e il collaudo funzionale al telescopio siano necessari ulteriori 2 mesi. Il tempo totale per la fornitura in opera della camera millimetrica è quindi di $22+2 = 24$ mesi a partire dalla firma del contratto.

Il pagamento sarà effettuato in quattro quote a cui corrispondono altrettante *milestones*.

- M0: inizio dei lavori da parte del fornitore, pagamento prima quota di 270 keuro;
- M1 (+6 mesi dall'inizio lavori): avvio della realizzazione delle sottoparti, pagamento seconda quota di 945 keuro;
- M2 (+17 mesi dall'inizio lavori): avvio della integrazione delle sottoparti, pagamento terza quota di 945 keuro;
- M3 (+24 mesi dall'inizio lavori): installazione ricevitore su SRT, collaudo e pagamento quarta quota di 540 keuro, avvio *validazione scientifica* al telescopio.

Le milestones M1 e M2 prevedono un sopralluogo del team INAF presso la factory/laboratorio per documentare lo stato di avanzamento della costruzione delle sottoparti e del loro assemblaggio. Immediatamente prima della spedizione del ricevitore al sito SRT è previsto un test di accettazione finale presso il fornitore per certificare la conformità del prodotto finito.

La fornitura deve includere un manuale utente e un compendio delle procedure step-by-step utili ad operare lo strumento.

Si prevede che unità di personale INAF possano essere incluse nel team di validazione per verificare le prestazioni dello strumento e testare la congruenza della manualistica e delle procedure di funzionamento.

Saranno valutati fattori premianti dell'offerta tutti gli elementi innovativi e le soluzioni migliorative atte a:

- incrementare il campo di vista in cielo osservabile dalla camera millimetrica;
- aumentare l'intervallo di operatività in funzione dell'angolo di elevazione del telescopio;
- migliorare la sensibilità e la stabilità del ricevitore;
- velocizzare il ciclo di raffreddamento del ricevitore;
- rendere possibile acquisire più di una banda spettrale;
- rendere possibile acquisire misure polarimetriche.