



Rapporti Tecnici INAF INAF Technical Reports

Number	16
Publication Year	2020
Acceptance in OA@INAF	2020-04-07T08:48:22Z
Title	Misure di temperatura di rumore con diversi materiali, sulla copertura del Gregoriano di SRT
Authors	PISANU, Tonino, Casu, Sergio, MARONGIU, Pasqualino, NAVARRINI, Alessandro, DEIANA, Gian Luigi, MIGONI, Carlo
Affiliation of first author	O.A. Cagliari
Handle	http://hdl.handle.net/20.500.12386/23887 , http://dx.doi.org/10.20371/INAF/TechRep/16



INAF Technical
Report

Misure di temperatura di rumore con diversi materiali, sulla copertura del Gregoriano di SRT



T. Pisanu, S. Casu, P. Marongiu, A.
Navarrini, G. Deiana, C. Migoni

Sommario

Obiettivo	2
1. Materiali utilizzati	2
2. Configurazione delle protezioni testate	7
3. Misure effettuate	8
3.1. Misure in banda K	8
3.2. Misure in banda C	13
3.3. Misure con acqua	18
3.3.1. Banda C	18
3.3.2. Banda K	21
Conclusioni	24
Riferimenti	25

Obiettivo

Lo scopo di questo lavoro è quello di valutare l'incremento della temperatura di rumore nei ricevitori banda K (18 - 26 GHz) e banda C (5.5 – 7.7 GHz), posizionati, rispettivamente, nel fuoco gregoriano e nella Beam waveguide del Sardinia Radio Telescope (SRT) [1], in seguito all'inserimento di una nuova protezione come copertura della Vertex room. La necessità di tale studio è dovuta alle criticità presentate dall'attuale materiale usato come protezione della stanza del fuoco gregoriano del radio telescopio. Il materiale di base attualmente in uso è lo Styrodur 3035CS [2] (*Figura 1*), un polistirene espanso estruso che ha un bassissima attenuazione, come dimostrato dal suo notevole utilizzo nelle finestre dei diversi ricevitori sviluppati in questi anni all'INAF ([3]-[4]-[5]), ma con l'inconveniente di peggiorare le sue prestazioni col tempo a causa dei danni procurati dagli agenti atmosferici (quali raggi UV, pioggia, ghiaccio). Al fine di ridurre l'usura dello Styrodur, abbiamo testato l'utilizzo di diversi elementi protettivi superficiali come vernici, prodotti idrorepellenti e teli di Goretex e polietilene, stimando l'effetto di queste protezioni sulla temperatura di rumore del sistema. Per tale verifica è stata misurata la variazione della temperatura di sistema T_{sys} del radiotelescopio al variare del tipo di protezione utilizzato.

1. Materiali utilizzati

Tutti i pannelli utilizzati, come detto, sono in Styrodur, un materiale utilizzato come isolante termico in edilizia, di colore verde, prodotto in un unico strato, con pelle superficiale liscia su entrambi i lati. È dotato di alta resistenza a compressione, di basso assorbimento di acqua e di ottima resistenza alla deformazione.

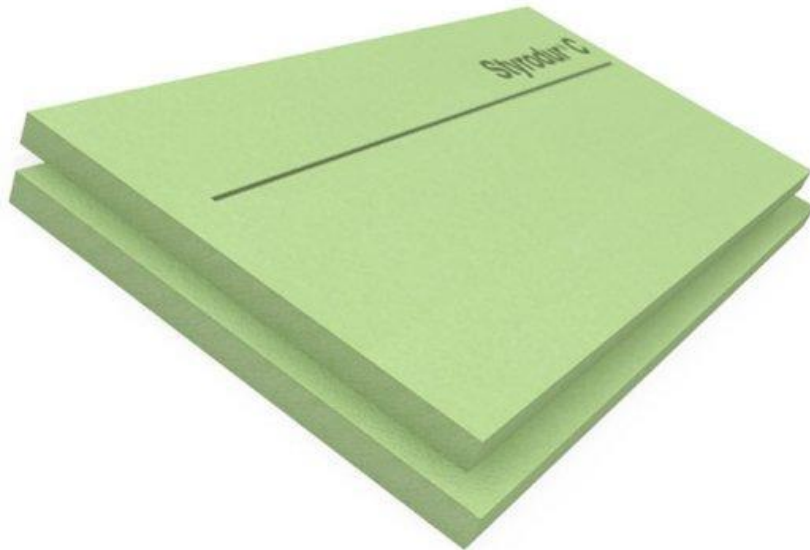


Figura 1: Lastra di Styrodur 3035 CS.

Nonostante la sua elevata resistenza si è osservato che dopo qualche mese dalla messa in posa sulla Vertex Room di SRT, il materiale manifesta prestazioni inferiori rispetto a quelle iniziali. Nella *Figura 2* è mostrato come si presenta il pannello di Styrodur dopo un periodo di utilizzo di alcune settimane.

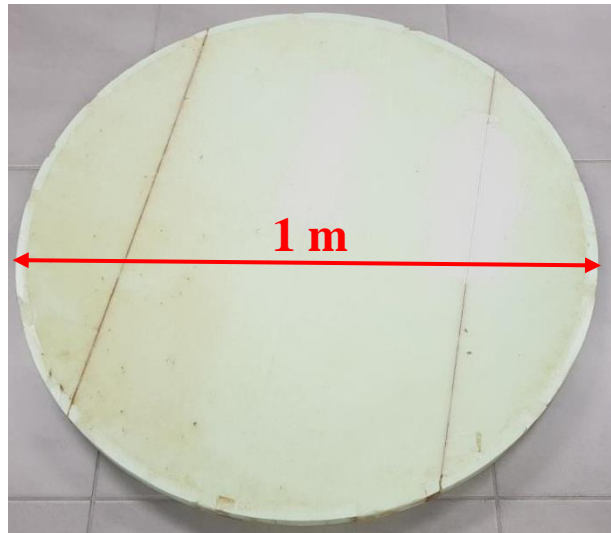


Figura 2: Pannello di Styrodur dopo un periodo di utilizzo di alcune settimane.

Un'analisi più accurata, eseguita con l'ausilio del microscopio ottico, mostra come alcune delle celle del polistirene espanso, inizialmente chiuse, risultino "aperte" (*Figura 3*) producendo, come conseguenza, un assorbimento di acqua da parte del materiale. Tale assorbimento d'acqua genera un aumento dell'assorbimento radio nelle bande di interesse C e K con conseguente aumento della temperatura di rumore.

Al fine di migliorare la resistenza agli effetti degli agenti atmosferici e quindi ottenere una soluzione più duratura, si è pensato di proteggere lo Styrodur con una vernice posta sopra la superficie esterna del pannello: quella che sta a contatto con l'ambiente esterno.

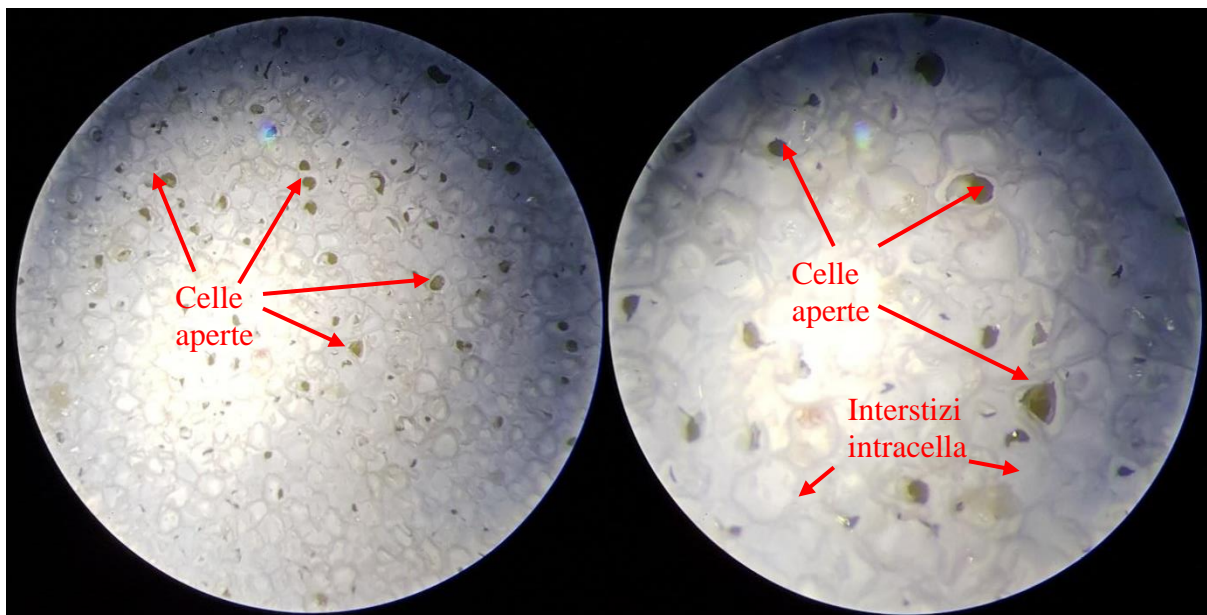


Figura 3: Immagine al microscopio ottico (a sinistra) dello Styrodur usurato, e ingrandimento delle celle danneggiate del polistirene (a destra).

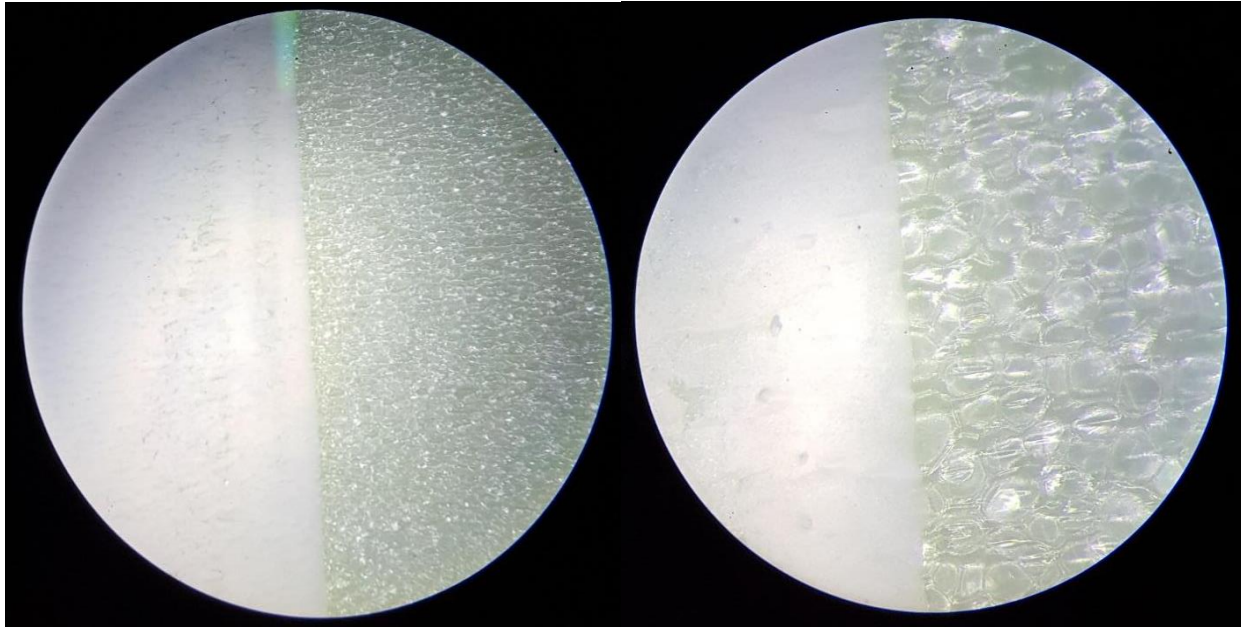


Figura 4: Ingrandimento al microscopio di un pannello di Styrodur nuovo verniciato (a sinistra) e dettaglio dello stesso (destra).

In *Figura 4* è mostrato un ingrandimento al microscopio di un pannello di Styrodur in cui una parte è stata verniciata (la parte sinistra delle immagini) mentre l'altra parte dello Styrodur è senza trattamento. Si può notare dalle immagini come le celle dello Styrodur risultino ora protette dallo strato di vernice e quindi non più esposte direttamente agli agenti atmosferici.

Per migliorare le proprietà idrofobe del pannello verniciato, si è inoltre provato ad utilizzare un prodotto idrorepellente commerciale utilizzato per i parabrezza delle auto. Una prima prova per verificare le proprietà del prodotto è stata effettuata in laboratorio, in cui la porzione di Styrodur ricoperta da vernice è stata in parte trattata con il prodotto idrorepellente. Il pannello è stato poi immerso nell'acqua e si è osservato come la parte verniciata mostrasse un accumulo d'acqua che nella parte ricoperta dal film idrorepellente non era presente, come mostrato in *Figura 5*.

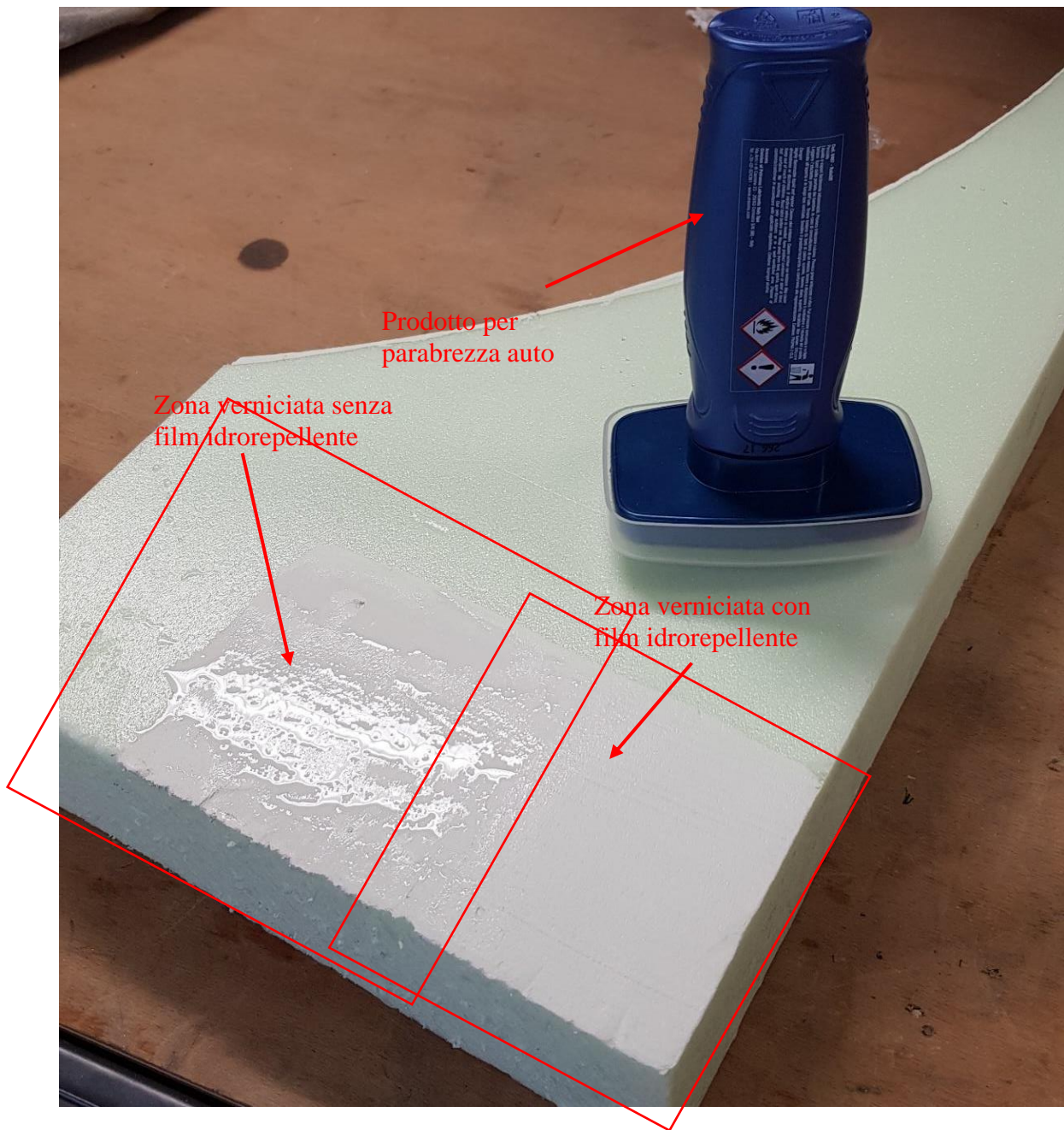


Figura 5: Test di impermeabilità dello Styrodur verniciato e ricoperto dal prodotto idrorepellente.

Oltre al prodotto idrorepellente, sono stati testati anche dei teli di protezione posizionati sopra lo Styrodur. In particolare è stato testato un telo di Goretex (*Figura 6*) con spessore di 0.4 mm e mescola ormai non più commercializzata, gentilmente fornitoci dal National Radio Astronomy Observatory (NRAO) e dei teli di polietilene dello spessore di circa 0.1 mm con mescola diversa, riconoscibili a vista poiché uno risulta opaco e l'altro trasparente.

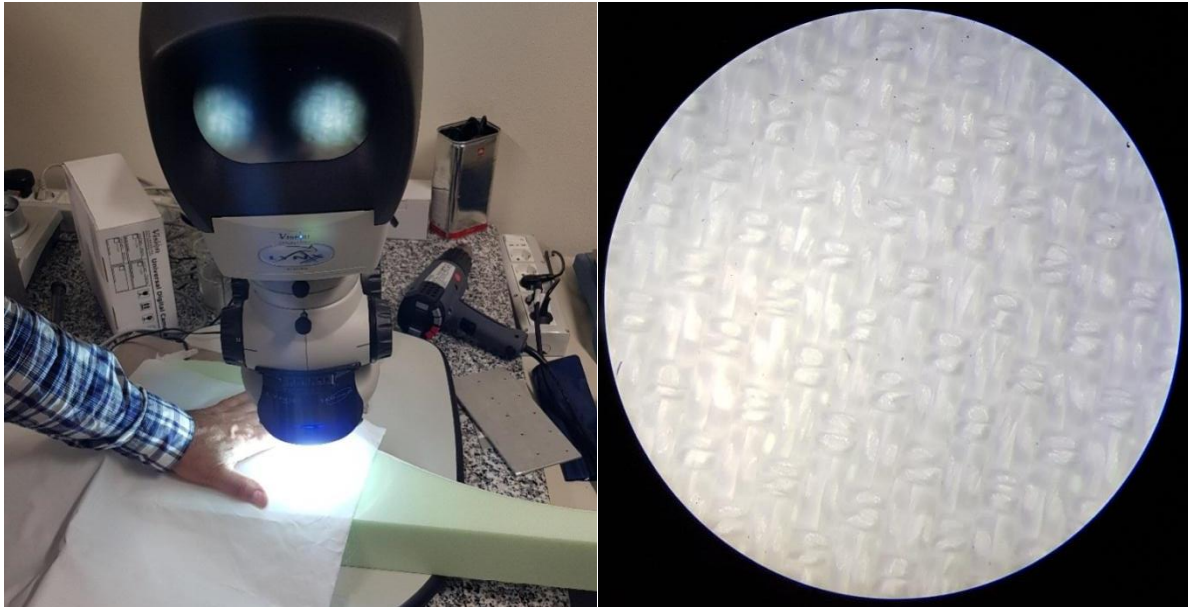


Figura 6: Analisi al microscopio ottico del telo in Goretex.

In *Figura 7* sono riportati tutti i materiali che abbiamo citato e che saranno utilizzati nella campagna di misure:

- Pannello in Styrodur 3035CS nuovo, spessore 50 mm, di forma rettangolare;
- Pannello in Styrodur 3035CS nuovo, spessore 80 mm, assemblato di 3 parti rettangolari;
- Pannello in Styrodur 3035CS nuovo, spessore 80 mm, con 2 mani di vernice, assemblato di 3 parti rettangolari;
- Pannello in Styrodur 3035CS, spessore 80 mm, con 3 mani di vernice, di forma circolare;
- Pannello in Styrodur 3035 CS, spessore 80 mm, levigato, di forma circolare con vernice protettiva tipo SIM Idrolin Opaco RAL9010 Bianco Puro idrorepellente;
- Telo in Goretex spessore 0.4 mm (vecchia miscela);
- Telo in Polietilene di tipo 1, opaco, con spessore dell'ordine 0.1 mm;
- Telo in Polietilene di tipo 2, trasparente, di spessore dell'ordine 0.1 mm.

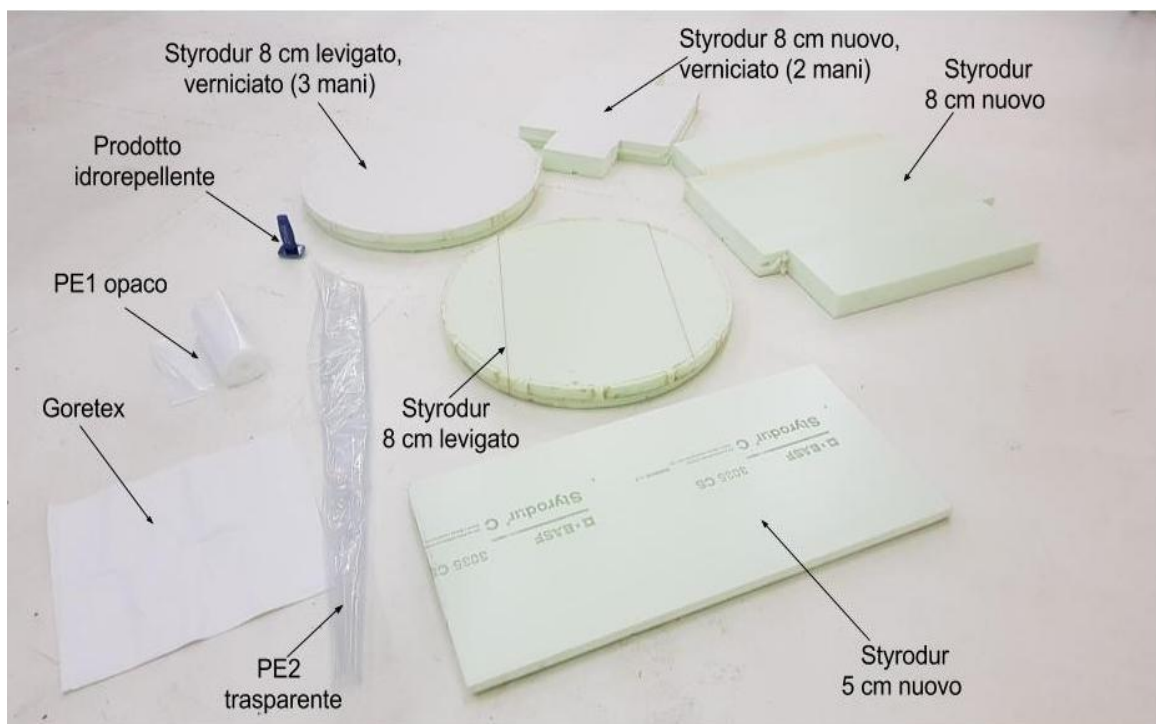


Figura 7: Materiali e prodotti utilizzati.

2. Configurazione delle protezioni testate

La protezione utilizzata finora (gennaio 2018) è un blocco circolare di diametro pari ad 1 mt e di spessore 80 mm di Styrodur 3035 CS, in opera da circa 10 mesi.

Le protezioni che si testaranno, avranno come base dei pannelli di Styrodur, con due differenti spessori (50 mm e 80 mm), alcuni sottoposti a levigatura, alcuni verniciati, protetti da teli di Goretex o polietilene.

Sono state testate le seguenti configurazioni, rappresentate in *Figura 8*:

- a) Vertex Room priva di protezione;
- b) Pannello Styrodur attuale, danneggiato dagli agenti atmosferici;
- c) Pannello Styrodur da 8 cm di spessore, levigato, di forma circolare;
- d) Pannello Styrodur da 8 cm di spessore, levigato, di forma circolare, coperto dal telo di polietilene tipo1 (opaco);
- e) Pannello Styrodur da 8 cm, nuovo;
- f) Pannello Styrodur da 8 cm, nuovo e verniciato (con 2 mani di vernice);
- g) Pannello Styrodur da 8 cm, levigato e verniciato (con 3 mani di vernice), di forma circolare;
- h) Pannello Styrodur da 5 cm, nuovo;
- i) Pannello Styrodur da 5 cm, nuovo, coperto dal telo di Goretex;
- j) Pannello Styrodur da 5 cm, nuovo, coperto dal telo di polietilene tipo1 (opaco);
- k) Pannello Styrodur da 5 cm, nuovo, coperto dal telo di polietilene tipo2 (trasparente).

Su alcune di queste configurazioni si è testato il prodotto idrorepellente, e sono state eseguite prove nel caso in cui la copertura fosse bagnata.

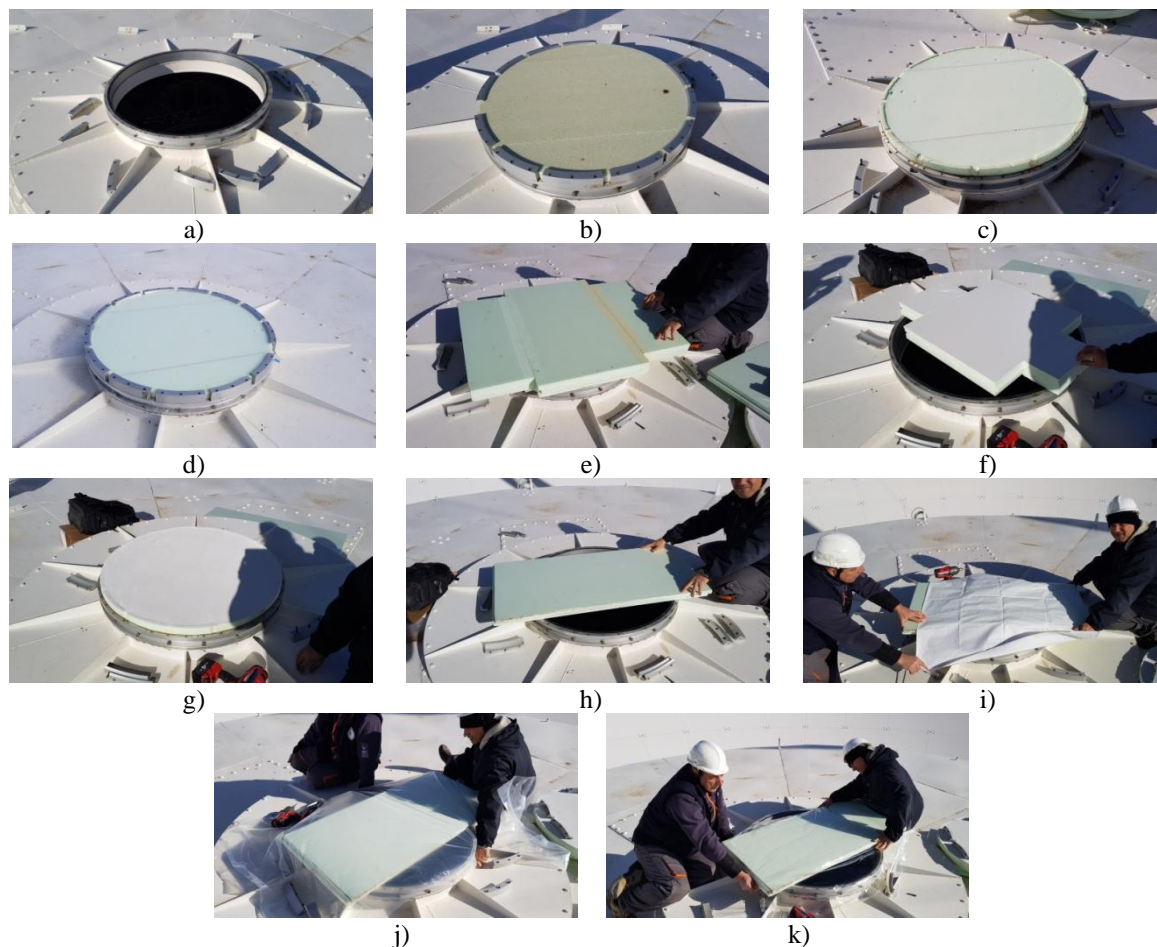


Figura 8: Foto delle varie configurazioni testate.

3. Misure effettuate

Le seguenti misure sono state effettuate con l'antenna posta allo Zenith in data 18/01/2018, in una giornata ventilata e con qualche nube di passaggio.

L'antenna è stata configurata richiamando le impostazioni di default per i ricevitori in esame (*setupKKG* per il ricevitore banda K e *setupCCB* per il ricevitore banda C), regolandone le attenuazioni (*setAttenuation* sul canale 0 e 1 per impostare il valore dell'attenuazione in dB) sui primi due canali in modo che la *tpi* (Total Power Integrator) risultasse al di sotto dei 1000 conteggi. In seguito alla regolazione delle attenuazioni, si è impostata la frequenza dell'oscillatore locale per posizionarsi nella porzione di banda di interesse.

Una volta eseguita la configurazione del ricevitore, richiamando il comando per la lettura della temperatura di rumore (*t_{sys}*), espressa in gradi Kelvin, si ottengono i valori per ciascun tipo di copertura. Le tabelle seguenti riportano i risultati ottenuti durante la campagna di misura.

3.1. Misure in banda K

PANNELLO IN USO

Il primo set di misure è stato eseguito in banda K (18-26 GHz). La banda RF è stata a sua volta suddivisa in tre sotto bande, 18-20 GHz, 20-22 GHz e 24-26 GHz, in modo da poter essere elaborata dal Total Power per la misura della T_{sys} . La prima configurazione prevede di utilizzare il pannello in uso, già montato, ed effettuare la misura di T_{sys} nelle tre sotto bande. Le misure tra una configurazione e l'altra sono state effettuate abbastanza rapidamente, con ritardi dell'ordine di alcuni minuti.

Local Oscillator = 17964 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 2 GHz		Banda RF: 18064 – 20064 MHz					Media
T_{sys} [K]	Canale 0	84.50	83.58	83.70	82.50	83.90	83.64
	Canale 1	79.77	79.54	79.60	78.20	80.00	79.42

Local Oscillator = 21964 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 2 GHz		Banda RF: 22064 – 24064 MHz					Media
T_{sys} [K]	Canale 0	65.01	64.90	64.90	64.80	64.80	64.88
	Canale 1	Canale 1	59.70	59.60	59.70	59.60	59.64

Local Oscillator = 23964 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 2 GHz		Banda RF: 24064 - 26064 MHz					Media
T_{sys} [K]	Canale 0	58.40	58.60	58.40	58.50	58.40	58.46
	Canale 1	61.80	61.50	61.50	61.80	61.60	61.64

Tabella 1: Ricevitore banda K: misure di T_{sys} con il pannello in uso.

Osservando i risultati di questo primo set di misure, si osserva che nella banda 18-20 GHz i valori di temperatura risultano elevati sia rispetto a quanto atteso sia rispetto alle altre bande dello stesso ricevitore. Si decide allora di verificare se il problema sia dovuto al fatto che ci si trovi a bordo banda eseguendo ulteriori misure su una banda leggermente spostata rispetto ai 18 GHz.

Local Oscillator = 19000 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 2 GHz		Banda RF: 19100 – 21100 MHz					Media
T_{sys} [K]	Canale 0	65.69	65.70	65.20	65.53		
	Canale 1	59.83	59.80	59.30	59.64		

Local Oscillator = 18000 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 2 GHz		Banda RF: 18100 – 20100 MHz					Media
T_{sys} [K]	Canale 0	82.70	82.70	83.01	82.70	82.80	82.78
	Canale 1	76.60	76.70	76.90	76.80	76.49	76.70

Local Oscillator = 18200 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 2 GHz		Banda RF: 18300 – 20300 MHz					Media
T_{sys} [K]	Canale 0	78.90	78.52	79.13	78.49	78.24	78.66
	Canale 1	69.40	68.91	69.76	69.11	68.78	69.19

Local Oscillator = 21964 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 2 GHz		Banda RF: 22064 – 24064 MHz					Media		
T_{sys} [K]	Canale 0	65.30	65.38	65.45	65.53	65.53	65.46	65.98	65.52
	Canale 1	59.99	60.13	60.15	60.15	60.25	60.13	60.60	60.20

Tabella 2: Ricevitore banda K: misure di T_{sys} con il pannello in uso nella banda 18-20 GHz.

Le misure mostrano come, allontanandosi dal bordo banda, le temperature siano in linea con le altre bande, suggerendo un possibile problema di presenza di RFI nella banda 18.064-20.064 MHz. Tuttavia, per eliminare la possibilità che il rumore sia dovuto al pannello, si sono eseguite due serie di misure senza protezione nelle due bande 18-20 GHz e 22-24 GHz.

SENZA PANNELLO

Local Oscillator = 17964 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 2 GHz		Banda RF: 18064 – 20064 MHz					Media
T_{sys} [K]	Canale 0	81.06	81.44	81.51	81.88	82.10	81.60
	Canale 1	76.60	77.36	77.27	77.38	77.30	77.18

Local Oscillator = 21964 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 2 GHz		Banda RF: 22064 – 24064 MHz					Media
T_{sys} [K]	Canale 0	64.15	64.35	64.41	64.35	64.19	64.29
	Canale 1	58.99	59.08	59.01	58.93	59.03	59.01

Tabella 3: Ricevitore banda K: misure di T_{sys} senza pannello.

Le misure mostrano che l'influenza del pannello sia riconducibile a circa mezzo grado Kelvin nella banda 22-24 GHz e a circa 2-3 K nella banda 18-20 GHz. Si vede anche che, nonostante l'assenza del pannello, la temperatura di rumore rimanga elevata in questa porzione di banda, mostrando che tale incremento non sia dovuto al pannello, ma a possibili RFI.

Alla luce dei risultati finora ottenuti e dal momento che i valori non si discostano troppo tra le sotto bande, si decide di proseguire la campagna di misure solo su una delle tre bande di frequenza. Scartando la banda 18-20 GHz per i motivi sopra descritti, tra le due rimanenti si sceglie quella con T_{sys} maggiore in modo da mettersi nel caso peggiore: ovvero la banda 22-24 GHz.

PANNELLO LEVIGATO NON VERNICIATO (8 cm)

Local Oscillator = 21964 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 2 GHz		Banda RF: 22064 – 24064 MHz					Media
T_{sys} [K]	Canale 0	64.58	64.38	64.34	64.40	64.31	64.40
	Canale 1	59.21	59.13	59.07	59.01	58.98	59.08

Tabella 4: Ricevitore banda K: misure di T_{sys} con il pannello levigato, non verniciato (8 cm).

PANNELLO 8 cm

Local Oscillator = 21964 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 2 GHz		Banda RF: 22064 – 24064 MHz					Media
T_{sys} [K]	Canale 0	64.45	64.71	64.54	64.43	64.61	64.55
	Canale 1	59.05	59.44	59.24	59.14	59.16	59.21

Tabella 5: Ricevitore banda K: misure di T_{sys} con il pannello di 8 cm.

PANNELLO 8 cm VERNICIATO (2 mani di vernice)

Local Oscillator = 21964 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 2 GHz		Banda RF: 22064 – 24064 MHz					Media	
T_{sys} [K]	Canale 0	65.39	65.45	65.36	65.09	65.33	65.45	65.35
	Canale 1	60.11	60.05	59.95	59.94	60.02	60.13	60.03

Tabella 6: Ricevitore banda K: misure di T_{sys} con il pannello di 8 cm verniciato (2 mani di vernice).

PANNELLO LEVIGATO 8 cm, VERNICIATO (3 mani di vernice)

Local Oscillator = 21964 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 2 GHz		Banda RF: 22064 – 24064 MHz					Media
T_{sys} [K]	Canale 0	68.30	68.28	68.28	68.17	68.20	68.25
	Canale 1	62.84	62.70	62.65	62.67	62.67	62.71

Tabella 7: Ricevitore banda K: misure di T_{sys} con il pannello di 8 cm verniciato (3 mani di vernice).

PANNELLO 5 cm

Local Oscillator = 21964 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 2 GHz		Banda RF: 22064 – 24064 MHz						Media
T_{sys} [K]	Canale 0	64.36	64.40	64.41	64.41	64.40	64.40	
	Canale 1	59.10	59.26	59.14	59.26	59.04	59.16	

Tabella 8: Ricevitore banda K: misure di T_{sys} con il pannello di 5 cm.

SENZA PANNELLO

Local Oscillator = 21964 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 2 GHz		Banda RF: 22064 – 24064 MHz						Media
T_{sys} [K]	Canale 0	64.23	64.28	64.21	64.75	64.54	64.40	
	Canale 1	59.02	58.99	58.87	59.46	59.32	59.13	

Tabella 9: Ricevitore banda K: misure di T_{sys} senza pannello.

Si rieseguono le misure senza pannello per poterle confrontare con le precedenti e si osserva che oscillano solo di qualche decimo di grado.

PANNELLO 5 cm PROTETTO CON TELO IN GORETEX

Local Oscillator = 21964 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 2 GHz		Banda RF: 22064 – 24064 MHz						Media
T_{sys} [K]	Canale 0	65.14	65.63	65.99	65.67	65.48	65.25	65.53
	Canale 1	59.43	60.27	60.56	60.36	60.22	59.90	60.12

Tabella 10: Ricevitore banda K: misure di T_{sys} con il pannello di 5 cm protetto con telo di Goretex.

PANNELLO 5 cm PROTETTO CON POLIETILENE TIPO 1 (opaco)

Local Oscillator = 21964 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 2 GHz		Banda RF: 22064 – 24064 MHz						Media
T_{sys} [K]	Canale 0	64.85	64.99	64.86	64.76	64.62	64.55	64.77
	Canale 1	59.58	59.70	59.64	59.57	59.39	59.37	59.54

Tabella 11: Ricevitore banda K: misure di T_{sys} con il pannello di 5 cm protetto con polietilene tipo1.

PANNELLO 5 cm PROTETTO CON TELO POLIETILENE TIPO 2 (trasparente)

Local Oscillator = 21964 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 2 GHz		Banda RF: 22064 – 24064 MHz					Media
T_{sys} [K]	Canale 0	65.33	65.43	65.09	65.34	65.36	65.31
	Canale 1	60.07	60.18	59.84	60.01	60.08	60.04

Tabella 12: Ricevitore banda K: misure di T_{sys} con il pannello di 5 cm protetto con polietilene tipo2.

La *Figura 9* mostra un grafico in cui sono riportati in ordine decrescente i valori medi della temperatura di rumore del canale 0 nella banda 22-24 GHz. È possibile notare che le prestazioni migliori (trascurando ovviamente i valori senza protezione) si ottengono utilizzando i pannelli nuovi senza alcun tipo di protezione aggiuntiva. Tuttavia, poiché lo scopo delle misure è quello di trovare una soluzione che renda più longevo il pannello, la configurazione migliore dal punto di vista della T_{sys} è stata quella che utilizza il polietilene opaco come pellicola protettiva del pannello stesso.

Analoghe considerazioni possono essere fatte per il canale 1, come mostra la *Figura 10*, da cui si vede ancora una volta che la miglior protezione, in termini di influenza sulla temperatura di rumore, è data dal pannello di Styrodur coperto col telo di polietilene opaco.

Nei grafici si trovano anche le due misure ravvicinate della copertura senza pannello, in modo da avere un riferimento ravvicinato nel tempo dell'andamento della T_{sys} che, come si poteva prevedere, dipende dall'andamento del clima, come la presenza di nubi, l'umidità etc. Inoltre, per confronto, abbiamo riportato anche la misura con il pannello che era già installato in antenna, che era in condizioni buone ma con la presenza degli effetti del tempo sulla superficie esterna.

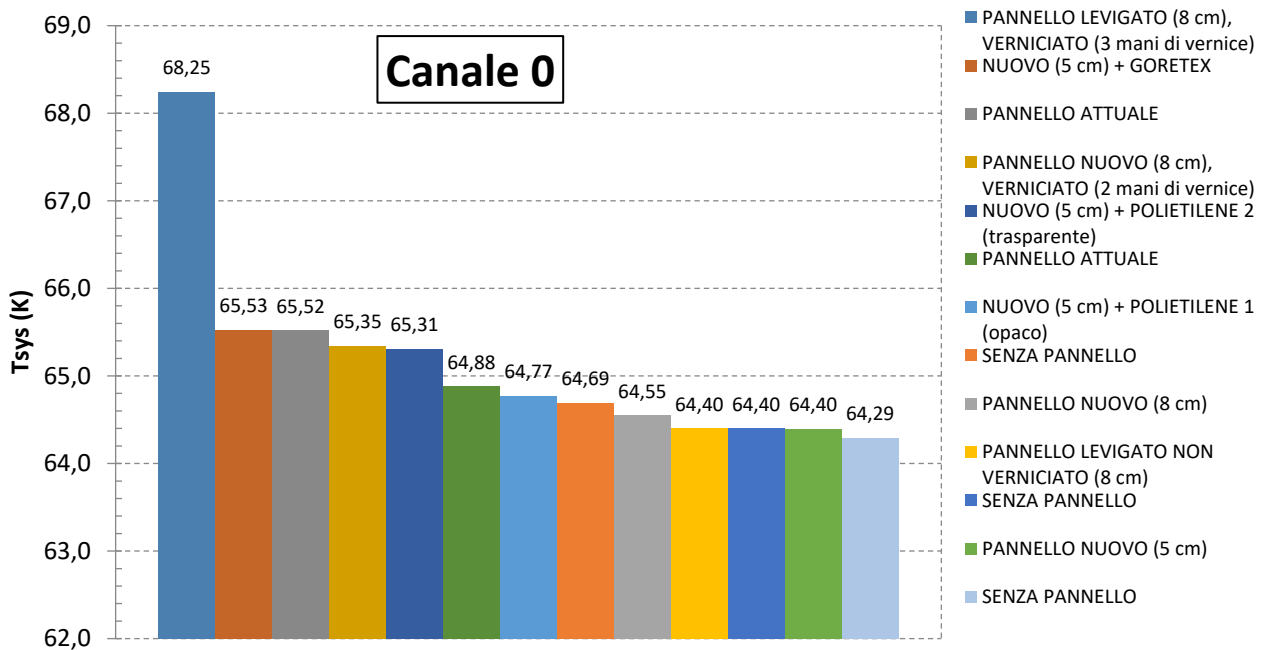


Figura 9: Grafico dei valori medi della temperatura di rumore sul canale 0 (banda K).

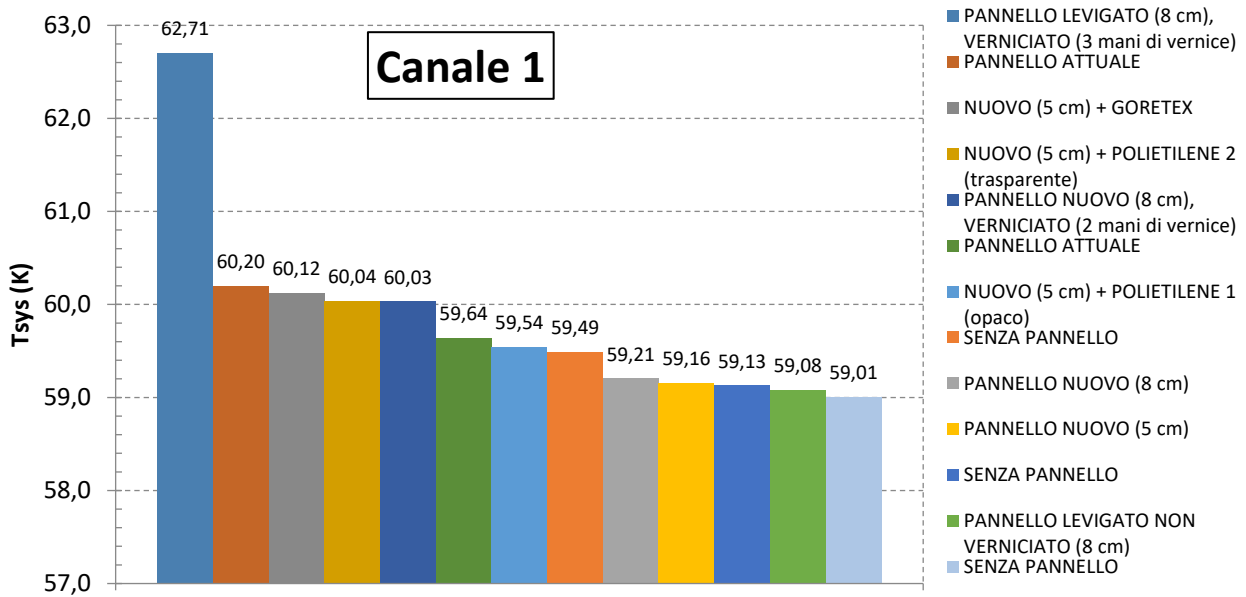


Figura 10: Grafico dei valori medi della temperatura di rumore sul canale 1 (banda K).

3.2. Misure in banda C

Il secondo set di misure è stato eseguito nella banda 5.5-7.7 GHz (ricevitore banda C) utilizzando le stesse coperture usate precedentemente con il ricevitore banda K.

PANNELLO IN USO

Local Oscillator = 5600 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 2 GHz		Banda RF: 5700 – 7700 MHz						Media
T_{sys} [K]	Canale 0	38.83	38.37	39.07	39.19	38.48	38.94	38.81
	Canale 1	32.84	32.00	32.84	32.68	32.85	32.68	32.65

Tabella 13: Ricevitore banda C: misure di T_{sys} con il pannello in uso.

SENZA PANNELLO

Local Oscillator = 5600 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 2 GHz		Banda 5700 - 7700						Media	
T_{sys} [K]	Canale 0	37.65	38.11	37.75	38.04	39.28	38.74	38.14	38.07
	Canale 1	33.12	32.45	32.12	32.33	31.79	31.86	32.59	32.41

Tabella 14: Ricevitore banda C: misure di T_{sys} con il senza pannello.

Si può notare che questi valori misurati di T_{sys} siano molto alti per la banda C, i cui valori tipici si attestano intorno ai 25 K. Tale aumento di T_{sys} è riconducibile ad una serie di RFI intorno ai 5900 MHz. Per questo motivo, si è deciso di osservare in una banda più ristretta.

Riconfigurando il ricevitore su una frequenza dell'oscillatore locale pari a 6800 MHz, con una bandwidth di 730 MHz e un'attenuazione su entrambi i canali di 8 dB (per avere una TPI di 850 conteggi), si sono ottenuti

i seguenti valori (*Tabella 15*) che mostrano una riduzione della T_{sys} di circa 4 K rispetto alle misure precedenti. Pertanto, le successive misure sono state eseguite con questa configurazione.

SENZA PANNELLO

Local Oscillator = 6800 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 730 MHz Attenuazione = 8 dB (CH0, CH1)		Banda RF: 6900 – 7630 MHz					Media
T_{sys} [K]	Canale 0	34.60	34.70	34.49	34.48	34.78	34.61
	Canale 1	28.50	28.62	28.24	28.29	28.55	28.44

Tabella 15: Ricevitore banda C: misure di T_{sys} senza pannello.

PANNELLO IN USO

Local Oscillator = 6800 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 730 MHz Attenuazione = 8 dB (CH0, CH1)		Banda RF: 6900 – 7630 MHz					Media
T_{sys} [K]	Canale 0	35.03	34.79	34.65	34.83	35.16	34.89
	Canale 1	28.69	28.68	28.61	28.76	28.73	28.69

Tabella 16: Ricevitore banda C: misure di T_{sys} con il pannello in uso.

Inoltre, si è anche verificato che la protezione non influisse sulla polarizzazione ripetendo le misure precedenti con il pannello ruotato di 90°.

PANNELLO IN USO (RUOTATO DI 90°)

Local Oscillator = 6800 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 730 MHz Attenuazione = 8 dB (CH0, CH1)		Banda RF: 6900 – 7630 MHz					Media
T_{sys} [K]	Canale 0	34.55	34.82	34.85	34.74	34.65	
	Canale 1	28.67	28.75	28.69	28.70	28.70	

Tabella 17: Ricevitore banda C: misure di T_{sys} con il pannello in uso ruotato di 90°.

PANNELLO LEVIGATO NON VERNICIATO (8 cm)

Local Oscillator = 6800 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 730 MHz Attenuazione = 8 dB (CH0, CH1)		Banda RF: 6900 – 7630 MHz					Media
T_{sys} [K]	Canale 0	34.45	34.03	34.84	34.58	34.28	34.44
	Canale 1	28.50	28.15	28.53	28.57	28.31	28.41

Tabella 18: Ricevitore banda C: misure di T_{sys} con il pannello levigato e non verniciato (8 cm).

PANNELLO 8 cm

Local Oscillator = 6800 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 730 MHz Attenuazione = 8 dB (CH0, CH1)		Banda RF: 6900 – 7630 MHz						Media
T_{sys} [K]	Canale 0	34.95	34.92	34.93	34.93	34.36	34.82	
	Canale 1	28.59	28.48	28.77	28.68	28.21	28.55	

Tabella 19: Ricevitore banda C: misure di T_{sys} con il pannello di 8 cm.

PANNELLO 8 cm, VERNICIATO (2 mani di vernice)

Local Oscillator = 6800 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 730 MHz Attenuazione = 8 dB (CH0, CH1)		Banda RF: 6900 – 7630 MHz						Media
T_{sys} [K]	Canale 0	34.97	34.94	34.68	34.60	34.73	34.78	
	Canale 1	28.54	28.75	28.85	28.71	28.74	28.72	

Tabella 20: Ricevitore banda C: misure di T_{sys} con il pannello di 8 cm verniciato (2 mani di vernice).

PANNELLO LEVIGATO (8 cm), VERNICIATO (3 mani di vernice)

Local Oscillator = 6800 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 730 MHz Attenuazione = 8 dB (CH0, CH1)		Banda RF: 6900 – 7630 MHz								Media
T_{sys} [K]	Canale 0	35.34	36.24	35.43	34.46	35.84	36.22	35.44	35.80	35.60
	Canale 1	30.16	29.59	29.13	39.09	29.70	30.07	29.40	29.85	30.87

Tabella 21: Ricevitore banda C: misure di T_{sys} con il pannello di 8 cm, levigato e verniciato (3 mani di vernice).

SENZA PANNELLO

Local Oscillator = 6800 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 730 MHz Attenuazione = 8 dB (CH0, CH1)		Banda RF: 6900 – 7630 MHz						Media
T_{sys} [K]	Canale 0	34.26	34.57	34.21	34.15	34.36	34.31	
	Canale 1	28.28	28.50	28.26	28.06	28.28	28.28	

Tabella 22: Ricevitore banda C: misure di T_{sys} senza pannello.

PANNELLO 5 cm

Local Oscillator = 6800 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 730 MHz Attenuazione = 8 dB (CH0, CH1)		Banda RF: 6900 – 7630 MHz					Media
T_{sys} [K]	Canale 0	34.52	34.55	34.80	34.61	34.27	34.55
	Canale 1	28.59	28.30	28.30	28.49	28.43	28.42

Tabella 23: Ricevitore banda C: misure di T_{sys} con il pannello 5 cm.

PANNELLO 5 cm + GORETEX

Local Oscillator = 6800 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 730 MHz Attenuazione = 8 dB (CH0, CH1)		Banda RF: 6900 – 7630 MHz								Media	
T_{sys} [K]	Canale 0	35.58	35.25	34.82	34.79	33.75	33.88	33.66	32.60	34.59	34.32
	Canale 1	29.47	29.17	28.77	28.62	27.71	27.75	27.67	26.90	28.38	28.27

Tabella 24: Ricevitore banda C: misure di T_{sys} con il pannello di 5 cm protetto con il telo di Goretex.

PANNELLO 5 cm + POLIETILENE 1 (opaco)

Local Oscillator = 6800 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 730 MHz Attenuazione = 8 dB (CH0, CH1)		Banda RF: 6900 – 7630 MHz						Media
T_{sys} [K]	Canale 0	34.67	34.35	34.94	34.42	34.71	34.84	34.66
	Canale 1	28.52	28.28	28.96	28.83	28.62	28.48	28.62

Tabella 25: Ricevitore banda C: misure di T_{sys} con il pannello di 5 cm protetto con il telo di polietilene tipo1.

PANNELLO 5 cm + POLIETILENE 2 (trasparente)

Local Oscillator = 6800 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 730 MHz Attenuazione = 8 dB (CH0, CH1)		Banda RF: 6900 – 7630 MHz							Media
T_{sys} [K]	Canale 0	35.00	33.98	34.72	35.35	35.29	35.22	34.02	34.80
	Canale 1	28.84	27.98	28.73	29.00	29.04	29.25	27.91	28.68

Tabella 26: Ricevitore banda C: misure di T_{sys} con il pannello di 5 cm protetto con il telo di polietilene tipo2.

SENZA PANNELLO

Local Oscillator = 6800 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 730 MHz Attenuazione = 8 dB (CH0, CH1)		Banda RF: 6900 – 7630 MHz						Media
T_{sys} [K]	Canale 0	34.31	34.39	34.45	34.93	34.54	34.25	34.48
	Canale 1	28.21	28.36	28.49	28.52	28.41	28.26	28.38

Tabella 27: Ricevitore banda C: misure di T_{sys} senza pannello.

In *Figura 11* e *Figura 12* sono riportati i valori medi delle misure fatte in banda C, analogamente a quanto fatto per la banda K. A differenza della banda K, in questo caso il risultato migliore lo si ottiene con il pannello di Styrodur protetto dal telo Goretex. Si nota comunque come la maggior parte delle soluzioni siano comprese in un range di circa 1 grado per quanto riguarda il canale 0 e di circa mezzo grado per quanto riguarda il canale 1, mostrando una limitata influenza sulla temperatura di rumore. Inoltre, per monitorare in maniera adeguata l'andamento della T_{sys} nel tempo a causa del maggior tempo richiesto per eseguire tutte le misure, abbiamo ripetuto per ben tre volte la misura senza pannello.

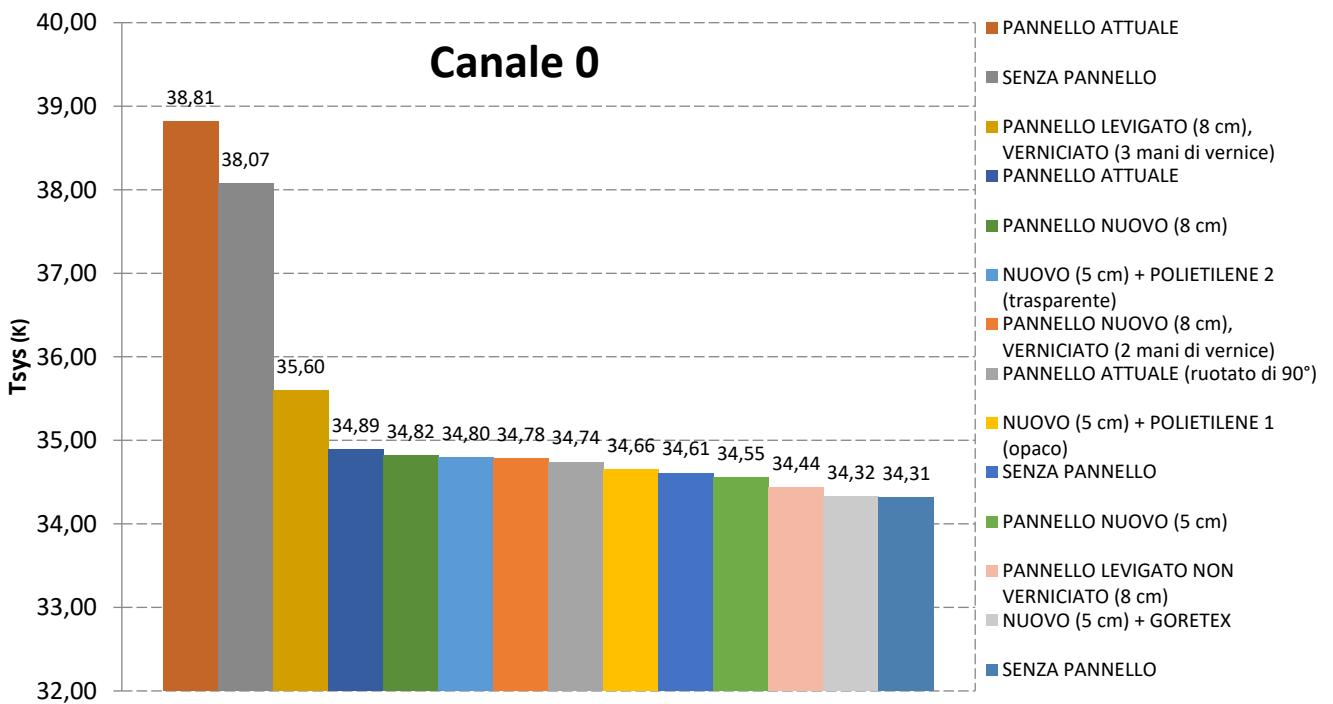


Figura 11: Grafico dei valori medi della temperatura di rumore sul canale 1 (banda C).

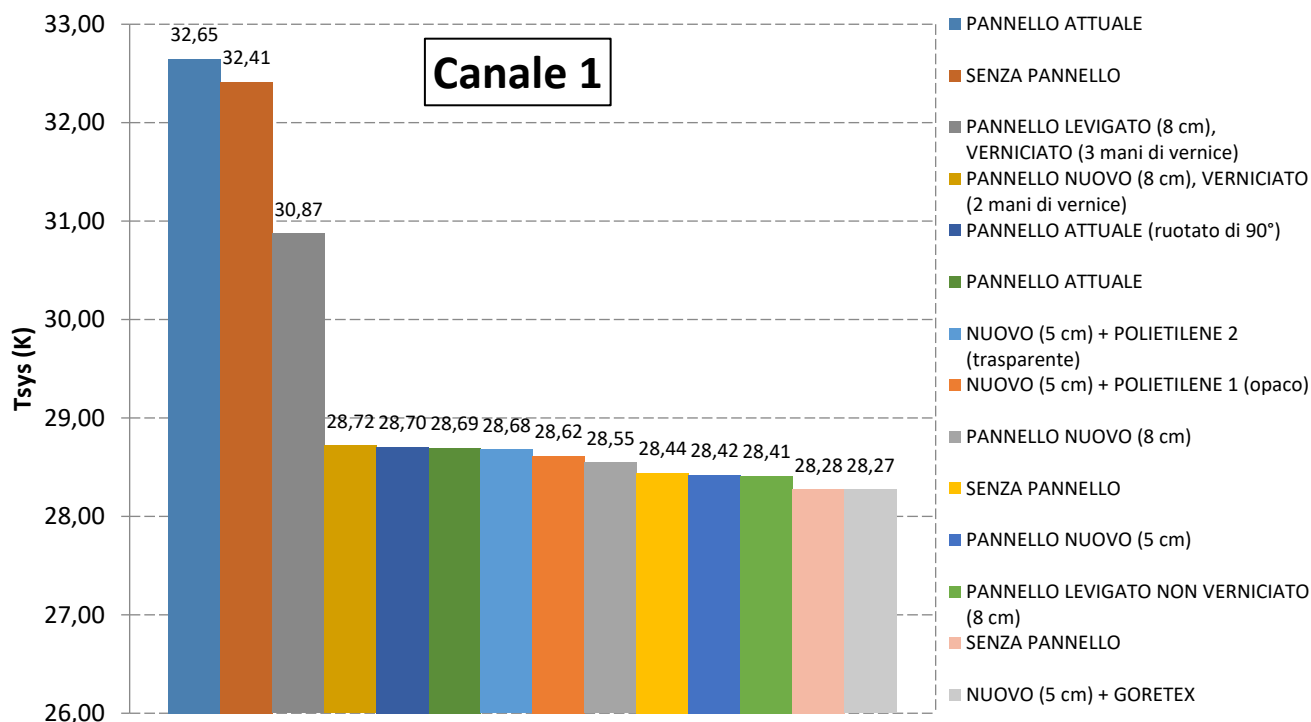


Figura 12: Grafico dei valori medi della temperatura di rumore sul canale 1 (banda C).

3.3. Misure con acqua

Sono state eseguite ulteriori prove versando dell'acqua direttamente sulla protezione per valutare l'aumento della temperatura di rumore. Per velocizzare l'allontanamento dell'acqua dal pannello si è utilizzato il prodotto idrorepellente di cui si è parlato precedentemente.

3.3.1. BANDA C

Le prime prove sono state eseguite in banda C. Nel primo set di misure abbiamo riottenuto la T_{sys} col pannello in uso asciutto e, successivamente, l'abbiamo ripetuta con lo stesso pannello dopo averci versato dell'acqua.

PANNELLO IN USO: asciutto

Local Oscillator = 6800 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 730 MHz Attenuazione = 8 dB (CH0, CH1)		Banda RF: 6900 – 7630 MHz					Media
T_{sys} [K]	Canale 0	34.29	34.55	34.66	34.93	34.60	34.61
	Canale 1	28.37	28.50	28.37	28.81	28.59	28.53

Tabella 28: Misure di T_{sys} del ricevitore banda C con il pannello in uso (asciutto).

PANNELLO IN USO: bagnato

Dopo aver bagnato il pannello, i valori della temperatura di rumore sono diventati inconsistenti, riportando valori eccessivamente alti (dell'ordine dei 10^5 K) o valori di -1, indice di un'inconsistenza nel valore misurato dal Total Power. Dopo aver asciugato il pannello e aver aspettato 5 minuti il risultato non è cambiato, ed il pannello è stato considerato inutilizzabile.

Si è deciso, pertanto, di proseguire la campagna di misure utilizzando il pannello da 8 cm di spessore ed eseguendo tre misure: asciutto, verniciato e trattato con il prodotto idrorepellente e, infine, bagnato.

PANNELLO 8 cm: asciutto

Local Oscillator = 6800 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 730 MHz Attenuazione = 8 dB (CH0, CH1)		Banda RF: 6900 – 7630 MHz					Media
T_{sys} [K]	Canale 0	35.23	35.39	35.77	35.58	35.38	35.47
	Canale 1	29.25	29.53	29.14	29.51	29.32	29.35

Tabella 29: Ricevitore banda C: misure di T_{sys} con il pannello di 8 cm (asciutto).

PANNELLO 8 cm, VERNICIATO + PELLICOLA IDROREPELENTE: asciutto

Local Oscillator = 6800 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 730 MHz Attenuazione = 8 dB (CH0, CH1)		Banda RF: 6900 – 7630 MHz					Media
T_{sys} [K]	Canale 0	34.77	35.05	35.05	34.86	35.38	35.02
	Canale 1	28.88	29.14	28.72	28.85	29.03	28.92

Tabella 30: Ricevitore banda C: misure di T_{sys} con il pannello di 8 cm verniciato e trattato con prodotto idrorepellente (asciutto).

Per valutare eventuali effetti sulla polarizzazione dovuti al prodotto idrorepellente, si è ruotato il pannello di 90° e si sono ripetute le misure. La tabella seguente mostra risultati analoghi al caso precedente e permette di dire che il film protettivo non introduce effetti sulla polarizzazione del segnale ricevuto.

PANNELLO 8 cm, VERNICIATO + PELLICOLA IDROREPELENTE RUOTATO DI 90°: asciutto

Local Oscillator = 6800 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 730 MHz Attenuazione = 8 dB (CH0, CH1)		Banda RF: 6900 – 7630 MHz					Media
T_{sys} [K]	Canale 0	34.82	35.32	35.21	34.66	35.41	35.08
	Canale 1	28.60	29.03	29.05	28.53	28.98	28.84

Tabella 31: Ricevitore banda C: misure di T_{sys} con il pannello di 8 cm verniciato e trattato con prodotto idrorepellente ruotato di 90° (asciutto).

PANNELLO 8 cm, VERNICIATO + PELLICOLA IDROREPELENTE RUOTATO DI 90°: bagnato

Local Oscillator = 6800 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 730 MHz Attenuazione = 8 dB (CH0, CH1)		Banda RF: 6900 – 7630 MHz					Media
T_{sys} [K]	Canale 0	49.48	47.88	48.58	45.86	47.95	
	Canale 1	43.26	41.68	42.52	39.13	41.65	

Tabella 32: Ricevitore banda C: misure di T_{sys} con il pannello di 8 cm verniciato e trattato con prodotto idrorepellente ruotato di 90° (bagnato).

Sebbene non sia possibile valutare la quantità d'acqua depositata sul pannello, è evidente come la temperatura di rumore sia aumentata dopo aver bagnato la protezione. Un'ulteriore misura, effettuata dopo aver rimosso l'acqua sovrastante, ha mostrato valori di 42.24 K sul canale 0 e 36.08 K sul canale 1, ovvero una riduzione della temperatura di rumore di circa 5 K.

PANNELLO LEVIGATO NON VERNICIATO (8 cm) CON POLIETILENE 1 (opaco): asciutto

Local Oscillator = 6800 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 730 MHz Attenuazione = 8 dB (CH0, CH1)		Banda RF: 6900 – 7630 MHz									Media
T_{sys} [K]	Canale 0	34.99	34.96	34.49	33.74	34.92	34.86	34.76	34.76	35.03	34.72
	Canale 1	28.82	28.66	28.57	27.77	28.82	28.78	28.49	28.75	29.00	28.63

Tabella 33: Ricevitore banda C: misure di T_{sys} con il pannello di 8 cm levigato, non verniciato e coperto con polietilene tipo1 (asciutto).

PANNELLO LEVIGATO NON VERNICIATO (8 cm) CON POLIETILENE 1 (opaco): bagnato

Local Oscillator = 6800 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 730 MHz Attenuazione = 8 dB (CH0, CH1)		Banda RF: 6900 – 7630 MHz							Media
T_{sys} [K]	Canale 0	38.15	39.26	36.67	35.88	35.55	34.31	36.64	
	Canale 1	32.82	32.74	30.59	29.52	29.28	28.43	30.56	

Tabella 34: Ricevitore banda C: misure di T_{sys} con il pannello di 8 cm levigato e coperto con polietilene tipo1 (bagnato).

Dai grafici della *Figura 13* e *Figura 14*, si può vedere che la soluzione migliore come protezione dello Styrodur dagli agenti atmosferici sia il pannello levigato, non verniciato e coperto dal telo di polietilene opaco, in cui non si è riscontrato un considerevole aumento la temperatura di rumore.

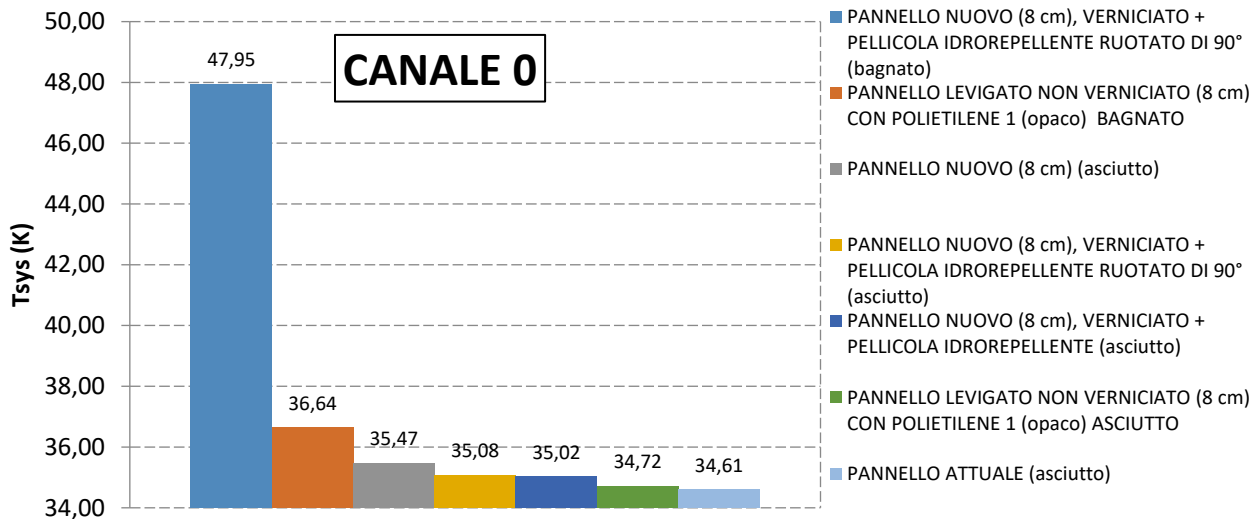


Figura 13: Grafico dei valori medi della temperatura di rumore sul canale 0 (banda C), prove con acqua.

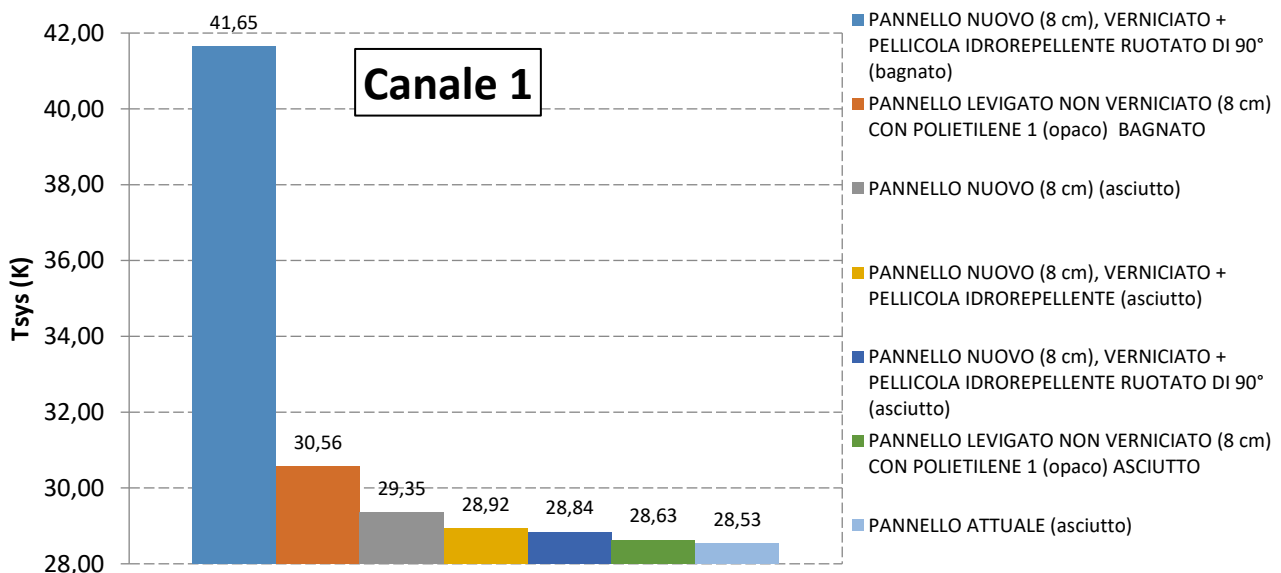


Figura 14: Grafico dei valori medi della temperatura di rumore sul canale 1 (banda C), prove con acqua.

3.3.2. BANDA K

Si ripetono le stesse misure anche col ricevitore banda K.

PANNELLO LEVIGATO NON VERNICIATO (8 cm) CON POLIETILENE 1 (opaco): bagnato

Local Oscillator = 21964 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 2 GHz		Banda RF: 22064 – 24064 MHz					Media
T_{sys} [K]	Canale 0	70.26	69.10	69.66	69.77	69.52	69.66
	Canale 1	64.67	63.79	64.25	64.26	64.29	64.25

Tabella 35: Ricevitore banda K: misure di T_{sys} con il pannello di 8 cm levigato e coperto con polietilene tipo1 (bagnato).

PANNELLO LEVIGATO NON VERNICIATO (8 cm) CON POLIETILENE 1 (opaco): asciutto

Local Oscillator = 21964 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 2 GHz		Banda RF: 22064 – 24064 MHz					Media
T_{sys} [K]	Canale 0	67.87	67.53	67.26	67.71	67.29	67.53
	Canale 1	62.53	62.33	61.87	62.33	61.93	62.20

Tabella 36: Ricevitore banda K: misure di T_{sys} con il pannello da 8 cm levigato e coperto con polietilene tipo1 (asciutto).

Poiché l'andamento della T_{sys} in banda K è molto più sensibile ai cambiamenti climatici, si decide di ripetere la misura senza pannello e di usarla come nuovo riferimento. Infatti, come riportato nella *Tabella 37*, i valori medi delle ultime misure risultano più alti di quasi 3 gradi Kelvin rispetto alle precedenti.

SENZA PANNELLO

Local Oscillator = 21964 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 2 GHz		Banda RF: 22064 – 24064 MHz					Media
	Canale 0	67.10	67.00	67.29	67.07	66.89	67.07
	Canale 1	61.94	61.75	62.21	61.67	61.62	61.84

Tabella 37: Ricevitore banda K: misure di T_{sys} senza pannello.

PANNELLO 8 cm VERNICIATO (2 mani di vernice) + IDROREPELENTE: asciutto

Local Oscillator = 21964 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 2 GHz		Banda RF: 22064 – 24064 MHz					Media
T_{sys} [K]	Canale 0	69.08	69.14	69.20	69.04	68.49	68.99
	Canale 1	63.59	63.87	63.81	63.57	63.15	63.60

Tabella 38: Ricevitore banda K: misure di T_{sys} con il pannello di 8 cm verniciato e trattato con prodotto idrorepellente (asciutto).

PANNELLO 8 cm VERNICIATO (2 mani di vernice) + IDROREPELENTE RUOTATO DI 90°: asciutto

Local Oscillator = 21964 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 2 GHz		Banda RF: 22064 – 24064 MHz					Media
T_{sys} [K]	Canale 0	68.83	69.28	69.09	68.74	68.61	68.91
	Canale 1	63.61	63.95	63.76	63.47	63.16	63.59

Tabella 39: Ricevitore banda K: misure di T_{sys} con il pannello di 8 cm verniciato, trattato con prodotto idrorepellente e ruotato di 90° (asciutto).

PANNELLO 8 cm VERNICIATO (2 mani di vernice) + IDROREPELENTE RUOTATO DI 90°: bagnato

Local Oscillator = 21964 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 2 GHz		Banda RF: 22064 – 24064 MHz				Media
T_{sys} [K]	Canale 0	90.75	90.30	89.54	89.16	89.94
	Canale 1	83.51	83.20	82.48	82.05	82.81

Tabella 40: Ricevitore banda K: misure di T_{sys} con il pannello di 8 cm verniciato, trattato con prodotto idrorepellente e ruotato di 90° (bagnato).

Dai valori riportati in *Tabella 40*, si può notare un aumento di circa 20K della T_{sys} col pannello bagnato rispetto a quelli misurati col pannello asciutto. Dopo aver asciugato il pannello, si sono ripetute le misure ottenendo valori simili a quelli misurati col pannello asciutto (*Tabella 41*) che confermano la validità delle misure effettuate.

PANNELLO 8 cm VERNICIATO (2 mani di vernice) + IDROREPELENTE RUOTATO DI 90°: asciugato

Local Oscillator = 21964 MHz Start Frequency = 100 MHz Bandwidth = 2 GHz		Banda RF: 22064 – 24064 MHz				Media	
T_{sys} [K]	Canale 0	70.65	70.52	70.35	70.16	69.99	70.33
	Canale 1	65.15	65.15	64.92	64.77	64.59	64.92

Tabella 41: Ricevitore banda K: misure di T_{sys} con il pannello di 8 cm verniciato, trattato con prodotto idrorepellente e ruotato di 90° (asciugato).

I grafici riportati nella *Figura 15* e *Figura 16* evidenziano, anche in questo caso, che la soluzione migliore dal punto di vista della temperatura di rumore sia quella di proteggere lo Styrodur con il polietilene opaco.

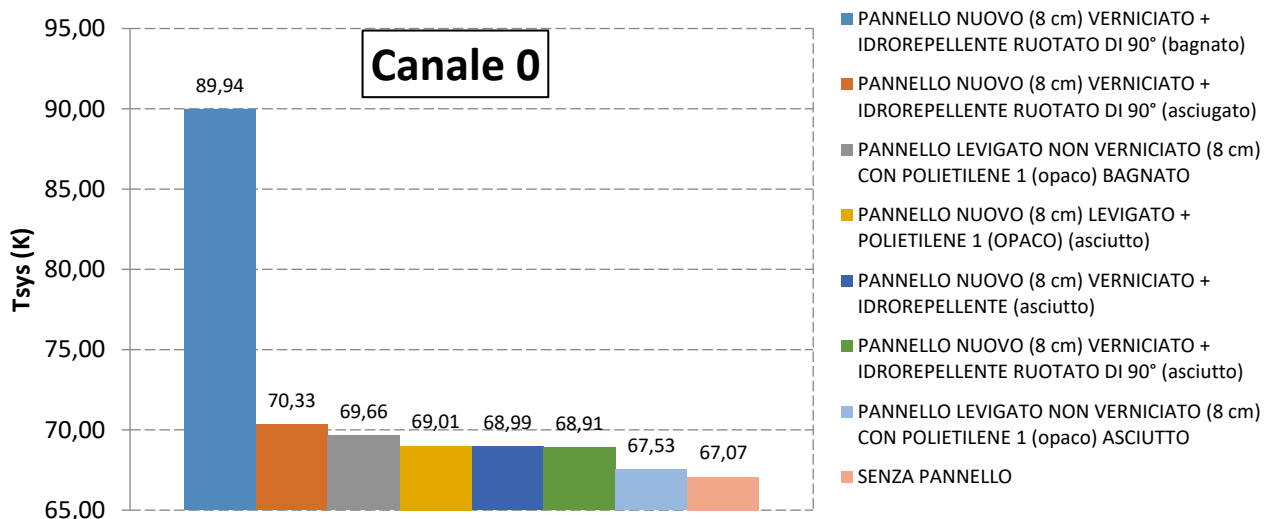


Figura 15: Grafico dei valori medi della temperatura di rumore sul canale 0 (banda K), prove con acqua.

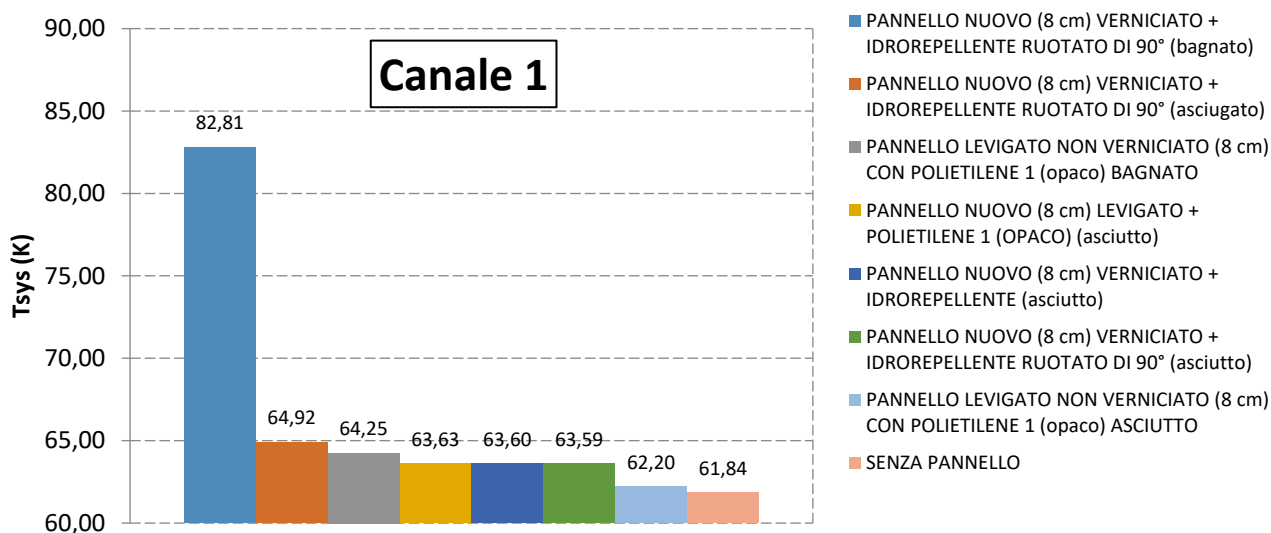


Figura 16: Grafico dei valori medi della temperatura di rumore sul canale 1 (banda K), prove con acqua.

Conclusioni

La campagna di misure, effettuate il 18 gennaio 2018, ha individuato nel pannello di Styrodur coperto da un foglio di polietilene opaco la miglior copertura per la Vertex Room di SRT. Tuttavia, tale configurazione ha mostrato problemi legati alla creazione di condensa fra il foglio di polietilene e lo Styrodur (è particolarmente complicato riuscire a tenere il foglio ben teso e attaccato al pannello) e una scarsa resistenza del polietilene ai raggi UV solari. Pertanto, si è deciso di utilizzare, come alternativa, il tappo di Styrodur verniciato, il cui l'incremento di T_{sys} non era molto più alto di quello con il polietilene.

Tale configurazione prevedeva comunque una sostituzione del pannello dopo alcuni mesi di utilizzo, pertanto, il 27 dicembre 2018 è stata installata una nuova copertura consistente in un pannello di Styrodur di spessore 8 cm, con due mani di vernice e una mano di una resina bicomponente. Tale copertura resiste molto bene agli agenti atmosferici e non mostra valori di T_{sys} più alti rispetto ai valori normalmente misurati con i ricevitori in banda K e banda C.

Possiamo quindi concludere che quest'ultima configurazione adottata come copertura della Vertex Room sia un buon compromesso fra il basso valore di T_{sys} e la buona resistenza e durata nel tempo dei pannelli in Styrodur.

Riferimenti

[1] <http://www.srt.inaf.it/>;

[2] <http://www.styrodur-italia.it/prodotti/styrodur-3035-cs/>

[3] **“A compact L-band Ortho Mode Junction”**, *Proc. of SPIE Vol. 7741 774124-1* T. Pisanu, P. Marongiu, A. Navarrini, G. Valente – INAF – Osservatorio Astronomico di Cagliari;

[4] **“Finestre A Vuoto 5 GHz: Misure RF, Simulazioni e Commenti”** *Rapporto Interno IRA N° 312 /2001* S. Mariotti, M. Poloni, J. Roda, G. Zacchiroli

[5] **“Progettazione Realizzazione e Caratterizzazione dei Componenti del Canale banda L del Ricevitore Coassiale LP”** *Report N. 15, released: 28 Dicembre 2011* G. Valente, P. Marongiu, S. Mariotti, T. Pisanu, A. Navarrini, P. Bolli, A. Orfei