



<b>Publication Year</b>	2020
<b>Acceptance in OA @INAF</b>	2023-02-20T14:34:21Z
<b>Title</b>	Rapporto Attività di Progetto Attività scientifiche per i radar di Mars Express e di Mars Reconnaissance Orbiter Fase E2 Continuazione Riunione di Avanzamento n.2
<b>Authors</b>	CARTACCI, MARCO; CICCHETTI, ANDREA; OROSEI, Roberto; Bernardini, Fabrizio; ZAMMIT, CARLO
<b>Handle</b>	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12386/33611">http://hdl.handle.net/20.500.12386/33611</a>
<b>Number</b>	2



Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 1 of 47

**Rapporto Attività di Progetto**  
**Attività scientifiche per i radar di Mars Express e di Mars**  
**Reconnaissance Orbiter Fase E2 Continuazione**  
**Riunione di Avanzamento n.2**

PREPARED by : Marco Cartacci<sup>1</sup>, Andrea Cicchetti<sup>1</sup>, Roberto Orosei<sup>2</sup>,  
Fabrizio Bernardini<sup>3</sup>, Carlo Zammit<sup>3</sup>

CHECKED by : Marco Cartacci<sup>1</sup>

APPROVED by : Marco Cartacci<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INAF-IAPS Via Fosso del Cavaliere 100, 00133, Rome, Italy

<sup>2</sup>INAF-IRA Via Piero Gobetti, 101, 40129 Bologna, Italy

<sup>3</sup>DIET “Sapienza” Via Eudossiana, 1800184, Rome,, Italy

ASI-INAF 2019-21-HH.0





Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 2 of 47



# Attività scientifiche per i radar di Mars Express e di Mars Reconnaissance Orbiter Fase E2 Continuazione

Accordo di Collaborazione ASI-INAf 2019-21-HH.0

© ESA - D. DUCROS 2008

**WP 1100: Project Office MARSIS/SHARAD**

**RESPONSABILE/AUTORE: Marco Cartacci**

**RA2: 01/02/2020-15/11/2020**

ASI-INAf 2019-21-HH.0





**Date** 26/11/2020  
**Issue** 1  
**Revision** 0  
**Page** 3 of 47

## Sommario

1 Introduzione .....	4
2 WP 1100 Project Office .....	4
3 WP 2100 Operazioni MARSIS .....	4
4 WP2200 Archiviazione dati MARSIS .....	5
4 Produzione Scientifica di MARSIS .....	6
5 WP3100 Operazioni SHARAD .....	7
6 WP3200 Archiviazione dati SHARAD .....	8
7 Produzione Scientifica di SHARAD.....	9
8 Personale Coinvolto .....	14

ASI-INAf 2019-21-HH.0





Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 4 of 47

## 1 Introduzione

Lo scopo di questo rapporto è di riassumere le attività svolte nel periodo preso in esame dalla Riunione di Avanzamento n. 1, per quanto riguarda i vari WPs di cui si compone il contratto relativo ai radar MARSIS e SHARAD.

## 2 WP 1100 Project Office

L'attuale RA2 fa seguito alla riunione di RA1 tenutasi il 14/02/2020.

Per il periodo in oggetto (01/02/2020-15/11/2020) IAPS/INAF non presenta una rendicontazione in quanto non ha sostenuto spese relative al progetto.

Per quanto riguarda il Dipartimento DIET dell'Università «Sapienza» si allega la relativa rendicontazione inerente i bandi generati il 08/12/2019 (ICE 37/38-2019 e 08-2020).

I Bandi menzionati, relativi alle attività da svolgere nell'ambito dei WP 3100-3200, si sono svolti regolarmente e i vincitori lavorano al progetto.

Il Bando 39-2019, relativo all'elaborazione dei dati di SHARAD, è in corso di espletamento.

## 3 WP 2100 Operazioni MARSIS

Nel periodo in esame, le Operazioni di MARSIS hanno riguardato gli MTP dal 205 al 215 (orbite 20314-21370). A causa delle condizioni operative, le osservazioni scientifiche sono state drasticamente limitate. Di quelle effettuate, la maggior parte delle orbite di MARSIS sono state dedicate ad osservazioni scientifiche in full AIS (Active Ionosphere Sounding). Nella modalità SS3 (sottosuperficiale), le osservazioni sono state circa 160 (durante la stesura di

ASI-INAF 2019-21-HH.0





Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 5 of 47

queste note, l'MTP215 è ancora in svolgimento). Durante il periodo in esame sono state portate a compimento diverse attività speciali, il cui elenco e descrizione sono riportati nel documento relativo al WP2100.

#### 4 WP2200 Archiviazione dati MARSIS

Le attività di elaborazione delle telemetrie e di produzione dei dati di livello L1 e L2 si sono state svolte senza difficoltà di rilievo nel periodo di riferimento.

Inoltre, l'analisi dei dati non ha evidenziato segni di degrado del radar MARSIS.

Procede regolarmente la produzione dei dati da archiviare nel Planetary Science Archive di ESA, e MARSIS è al passo con le scadenze stabilite.

La prossima consegna di dati, relativi al secondo semestre del 2019, avverrà entro la fine dell'anno.

Di particolare importanza è stata la decisione della NASA di interrompere la propria partecipazione al progetto Mars Express.

A causa di ciò, i finanziamenti NASA al JPL e all'Università dell'Iowa sono terminati il 30 settembre 2020, causando l'interruzione dell'elaborazione di Livello 2 dei dati di Active Ionosphere Sounding (AIS).

Grazie alla disponibilità di Andrew Kopf, responsabile dell'elaborazione dei dati di AIS presso UIowa, è stato possibile trovare una soluzione al problema.

Con il supporto dell'ESA, la nuova pipeline di elaborazione verrà ricostituita presso l'Università di Leicester (GB), sotto la responsabilità del Prof. Mark Lester e di Beatriz Sanchez-Cano, recentemente nominati Co-Investigatore dell'esperimento.

ASI-INAF 2019-21-HH.0





Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 6 of 47

#### 4 Produzione Scientifica di MARSIS

Nel periodo preso in esame dall'attuale Riunione di Avanzamento le pubblicazioni riguardanti l'attività scientifica di MARSIS sono state le seguenti:

##### Pubblicazioni su rivista

Lauro, Sebastian Emanuel; Pettinelli, Elena; Caprarelli, Graziella; Guallini, Luca; Rossi, Angelo Pio; Mattei, Elisabetta; Cosciotti, Barbara; Cicchetti, Andrea; Soldovieri, Francesco; Cartacci, Marco; Di Paolo, Federico; Noschese, Raffaella; Orosei, Roberto 2020. Multiple subglacial water bodies below the south pole of Mars unveiled by new MARSIS data. *Nature Astronomy*. doi:10.1038/s41550-020-1200-6

Angeline G. Burrell, Beatriz Sanchez-Cano, Olivier Witasse, Mark Lester and Marco Cartacci 2020. Comparison of terrestrial and Martian TEC at dawn and dusk during solstices. *Earth, Planets and Space (2020) 72:140*  
<https://doi.org/10.1186/s40623-020-01258-3>

Orosei, R.; Ding, C.; Fa, W.; Giannopoulos, A.; Hérique, A.; Kofman, W.; Lauro, S.E.; Li, C.; Pettinelli, E.; Su, Y.; Xing, S.; Xu, Y. The Global Search for Liquid Water on Mars from Orbit: Current and Future Perspectives. *Life* 2020, 10, 120.

Mark Lester, Beatriz Sanchez-Cano, Daniel Potts, Rob Lillis, Marco Cartacci, Fabrizio Bernardini, Roberto Orosei, Matthew Perry, Nathaniel Putzig, Bruce Campbell, Pierre-Louis Blelly, Francois Leblanc, Steve Milan, Hermann Opgenoorth, Olivier Witasse 2020. Eleven Years of Radar Blackouts at Mars: Mars Express, Mars Reconnaissance Orbiter and MAVEN Observations. In preparation.

##### Presentazioni a congressi

ASI-INAf 2019-21-HH.0





Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 7 of 47

Lester, M., Sanchez-Cano, B., Potts, D., Lillis, R., Orosei, R. I., Campbell, B., Witasse, O., Opgenoorth, H., Milan, S., Cartacci, M., Bernardini, F., Perry, M., Putzig, N., Blelly, P.-L., and Leblanc, F.: A Statistical Analysis of Radar Blackouts at Mars: MARSIS, SHARAD and MAVEN Observations, Europlanet Science Congress 2020, online, 21 September–9 Oct 2020, EPSC2020-687, 2020.

Lester, Mark; Sanchez-Cano, Beatriz; Biddle, Hannah; Potts, Daniel; Blelly, Pierre-Louis; Opgenoorth, Hermann; Witasse, Olivier; Cartacci, Marco; Orosei, Roberto; Bernardini, Fabrizio; Putzig, Nathaniel; Campbell, Bruce; Lillis, Robert; Leblanc, François; Milan, Steve; Plane, John M. C. 2020. A Statistical Analysis of Radar Blackout Events at Mars. EGU General Assembly Conference Abstracts.

Titov, D., Bibring, J.-P., Cardesin, A., Duxbury, T., Forget, F., Giuranna, M., González-Galindo, F., Holmström, M., Jaumann, R., Määttänen, A., Martin, P., Montmessin, F., Orosei, R., Pätzold, M., and Plaut, J. and the Mex Sgs Team: Mars Express science highlights and future plans, Europlanet Science Congress 2020, online, 21 September–9 Oct 2020, EPSC2020-720, 2020.

Titov, Dmitriy; Bibring, Jean-Pierre; Cardesin, Alejandro; Duxbury, Thomas; Forget, Francois; Giuranna, Marco; Gonzalez-Galindo, Francisco; Holmström, Mats; Jaumann, Ralf; Määttänen, Anni; Martin, Patrick; Montmessin, Franck; Orosei, Roberto; Pätzold, Martin; Plaut, Jeff 2020. Mars Express Science Highlights and Future Plans. EGU General Assembly Conference Abstracts.

ASI-INAf 2019-21-HH.0







Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 8 of 47

## 5 WP3100 Operazioni SHARAD

Le operazioni di Sharad nel periodo di riferimento si possono considerare nominali, tranne per i limitati eventi eccezionali di seguito elencati:

Febbraio 2020, per attività di manutenzione su MRO.

Aprile 2020, per *safing* di MRO.

Giugno 2020, per *safing* di MRO.

Durante tali periodi, SHARAD è stato spento.

In tutti i casi l'attività è stata poi ripresa senza conseguenze tecniche, ma durante i periodi di safe si è verificata una perdita di osservazioni già pianificate.

Inoltre è iniziata una nuova stagione NCW (Non-Comm Windows) con perdita della possibilità di rollio per diversi mesi.

Durante l'MRO PSG, tenutosi il nel mese di Novembre, è emerso che:

MRO è in buono stato, il problema delle batterie è sotto controllo. Altri fenomeni di *aging* della missione sono stati osservati e sono anch'essi sotto controllo.

Maggiori dettagli sono presenti nel report relativo al WP3100.

## 6 WP3200 Archiviazione dati SHARAD

L'elaborazione dei dati di livello L1A (EDR) procede regolarmente.

In particolare, tutti i dati EDR del di cui era prevista la consegna, sono stati consegnati regolarmente al nodo PDS (release dal 52 al 55).

ASI-INAF 2019-21-HH.0





Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 9 of 47

Anche riguardo l'elaborazione dei dati di livello L1B (RDR), tutti i dati RDR del di cui era prevista la consegna, sono stati consegnati regolarmente al nodo PDS (release dal 52 al 54).

In relazione all'elaborazione del "backlog", sono stati i dati RDR relativi alle release dalla 36 alla 5, oltre ad alcuni dati mancanti della release 24.

Maggiori dettagli sono presenti nel report relativo al WP3200.

## 7 Produzione Scientifica di SHARAD

Nel periodo preso in esame dall'attuale Riunione di Avanzamento sono proseguite le attività di sviluppo del metodo di Super Risoluzione (SR), dei dati di MARSIS, per permettere un confronto diretto con i dati di SHARAD in particolari zone di interesse scientifico.

Lo scopo dell'applicazione dei metodi di estrapolazione ai dati di MARSIS è quello di migliorarne la risoluzione in distanza fino ad un fattore 6. Questo miglioramento permette un confronto diretto con i dati acquisiti da SHARAD ed eventualmente di identificare delle interfacce sotto-superficiali che precedentemente non erano apprezzabili a causa della scarsa risoluzione.

Prima dell'applicazione del processing di Super Risoluzione ai dati di MARSIS, le sue caratteristiche sono state validate per mezzo dell'applicazione a dati simulati considerando un singolo scatteratore riflettente. Il metodo viene applicato al dato già focalizzato acquisito dal radar e si compone dei seguenti passi:

- 1. Eliminazione della pesatura del dato;
- 2. Eliminazione dei campioni affetti da distorsione spettrale;
- 3. Stima dell'attenuazione, dello scostamento di fase e frequenza tra le due bande (effetto legato alla ionosfera) e correzione per mezzo di tali parametri;

ASI-INAF 2019-21-HH.0





Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 10 of 47

- 4. Applicazione del metodo di Interpolazione di Banda (BWI - BandWidth Interpolation);
- 5. Applicazione del metodo di estrapolazione di Burg (BWE – BandWidth Extrapolation).

Il modello di Super Risoluzione ideato si avvale della capacità di MARSIS di trasmettere due segnali in maniera quasi simultanea su due bande adiacenti (quindi anche su diversa portante). Poiché l'intervallo di trasmissione di questi impulsi è di  $450 \mu s$ , è possibile assumere che il radar stia osservando lo stesso target. Conseguentemente, prima dell'applicazione del metodo SR al dato compresso, sarà necessario fondere le due bande acquisite. Inoltre, è fondamentale considerare che le caratteristiche in termini di ampiezza, fase e frequenza delle componenti I&Q del segnale sono diverse a causa dell'effetto ionosferico. Quindi è necessario, previa eliminazione di eventuali funzioni di pesatura sul dato (finestra di Hanning) e dei campioni affetti da distorsione spettrale, svolgere una stima LSE (Least Squared Estimator) dei parametri enunciati. Questo permetterebbe, ulteriormente, una stima dei parametri ionosferici e rappresenta uno degli sviluppi futuri previsti per il processing. In seguito alla stima e la correzione dell'effetto ionosferico, le bande saranno tra loro raccordate, per cui sarà possibile fonderle per mezzo dell'applicazione del metodo BWI. Questo prevede che il gap tra le due bande sia colmato sfruttando l'extrapolazione di una banda verso l'altra. Il computo degli effettivi campioni è ottenuto per mezzo di una media pesata, secondo la distanza di estrapolazione, dei campioni precedentemente estrapolati. La larghezza di banda dello spettro del segnale ottenuto sarà doppia rispetto a quella iniziale a meno dei campioni persi per l'eliminazione della distorsione spettrale. Finalmente è possibile applicare il metodo BWE, che si avvale dei modelli autoregressivi lineari per stimare i campioni precedenti e successivi dello spettro in esame. Attraverso l'applicazione del metodo di Burg è possibile aumentare l'occupazione spettrale

ASI-INAf 2019-21-HH.0





Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 11 of 47

del segnale interpolato che assume il valore di 6 MHz, contro quella progettuale di 1 MHz.

### 7.1 Confronto del dato di MARSIS Super Risolto e di SHARAD

La ROI selezionata è Elysium Planitia ( $2^{\circ}58'48''\text{N}$   $154^{\circ}44'24''\text{E}$ ) per merito delle sue caratteristiche:

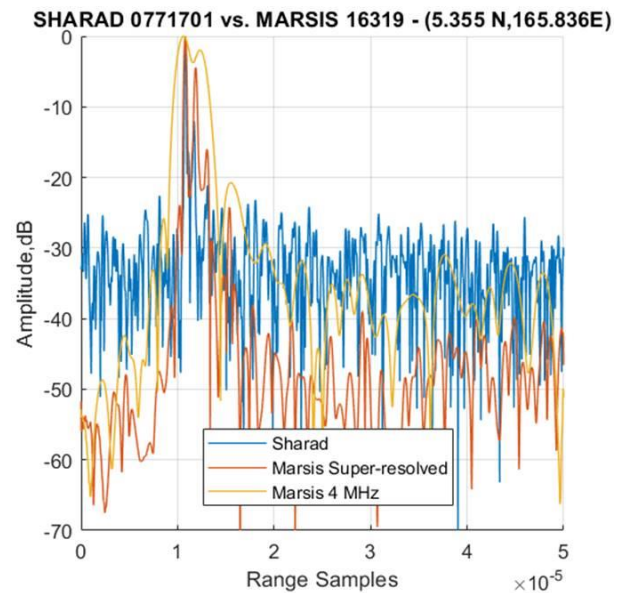
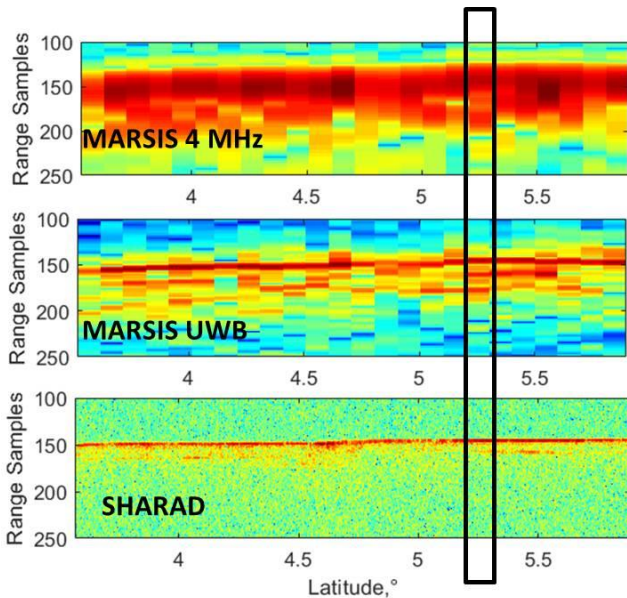
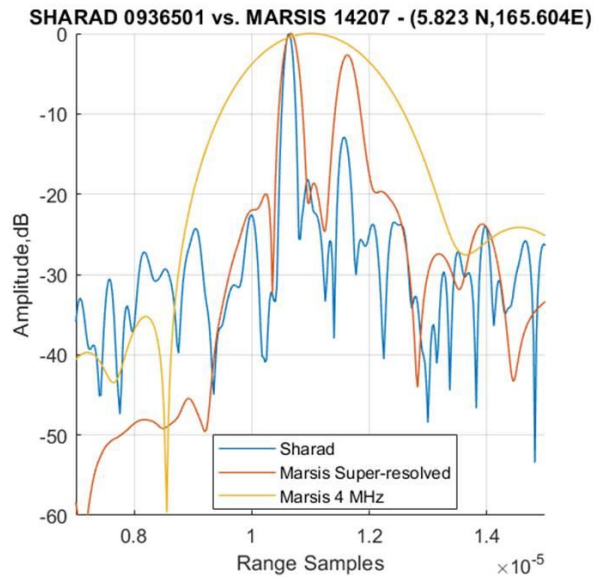
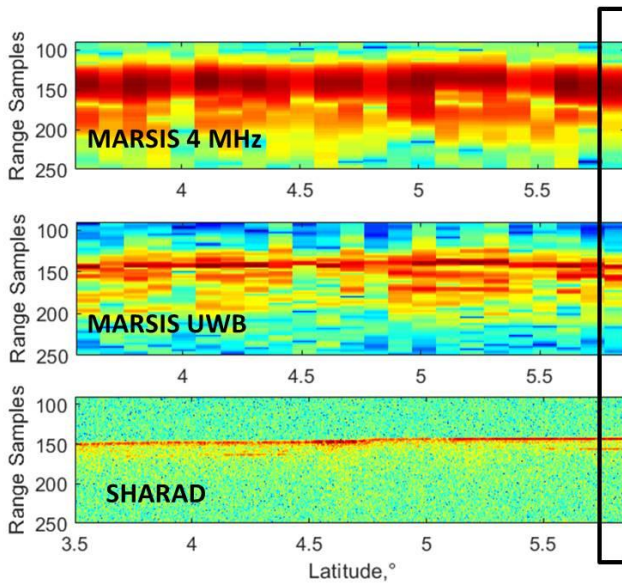
- Mancanza di off-nadir clutter;
- Superficie poco rugosa rispetto alla lunghezza d'onda;
- I radargrammi di SHARAD individuano un'interfaccia sottosuperficiale invisibile dai radargrammi di MARSIS

Il radargramma super-risolto di MARSIS è stato confrontato con uno di SHARAD per cui le sonde presentano un crossover orbitale nella ROI. Inoltre, sono stati confrontati i frames in cui avviene il crossover.

Nelle figure successive si possono vedere due esempi del confronto tra i dati di Marsis dopo il processo di SR e quelli di SHARAD. Già da questi risultati preliminari è possibile apprezzare il miglioramento in termini di risoluzione del dato di MARSIS che diviene sostanzialmente confrontabile con quello di SHARAD. Questo permette l'identificazione di un'interfaccia sotto-superficiale invisibile prima dell'applicazione del processing, ma comunque identificabile dai dati di SHARAD.

ASI-INAf 2019-21-HH.0





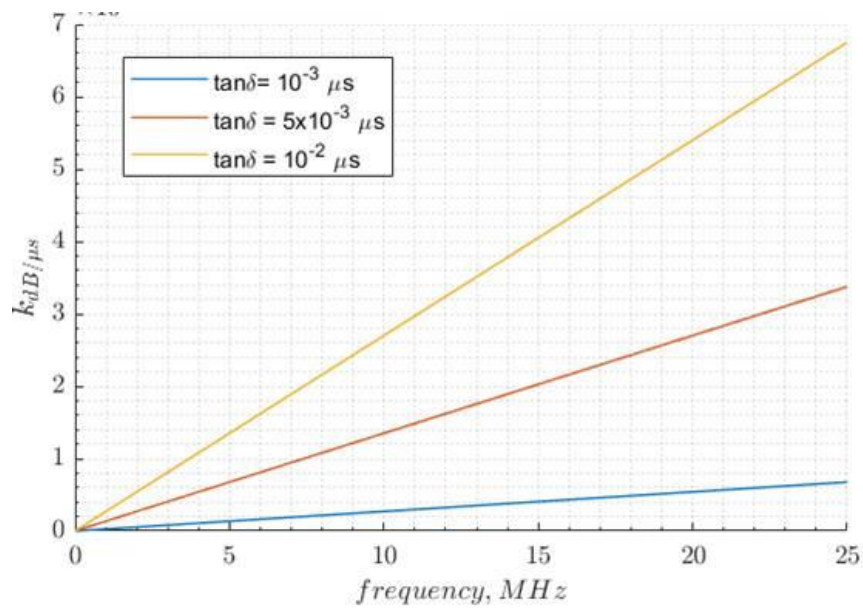
Come atteso, è possibile osservare che la eco sotto-superficiale del dato super-risolto è caratterizzata da una minore attenuazione rispetto al dato di SHARAD. Questo effetto permetterebbe, per mezzo dell'applicazione congiunta dei modelli di inversione ai dati super-risolti di MARSIS e ai dati di SHARAD, di

ASI-INAf 2019-21-HH.0





ottenere una stima più accurata, vedi figura successiva, della costante dielettrica e della tangente alle perdite dei materiali che compongono la sotto-superficie di Marte, quindi di migliorarne la caratterizzazione delle proprietà elettromagnetiche.



ASI-INAf 2019-21-HH.0





Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 14 of 47

## 8 Personale Coinvolto

Nome	Affiliazione	Responsabilità	Finanziamento
Marco Cartacci	IAPS/INAF	Responsabile del progetto e del WP1100	Non finanziato da questo progetto
Andrea Cicchetti	IAPS/INAF	Responsabile del WP2100	Non finanziato da questo progetto
Roberto Orosei	IRA/INAF	Responsabile del WP2100	Non finanziato da questo progetto
Raffaella Noschese	IAPS/INAF	Download Telemetrie scientifiche MARSIS	Non finanziato da questo progetto
Roberto Seu	DIET/Sapienza	Responsabile dei WP3100-3200	Non finanziato da questo progetto
Fabrizio Bernardini	DIET/Sapienza	Gestione delle operazioni di SHARAD ed interfacciamento verso NASA/JPL	Finanziato da questo progetto
Marco Mastrogiuseppe	DIET/Sapienza	Elaborazione Dati di Sharad	Finanziato da questo progetto
Carlo Zammit	DIET/Sapienza	Elaborazione scientifica dei dati L1A di SHARAD per elevarli a livello L1B	Finanziato da questo progetto

ASI-INAF 2019-21-HH.0





Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 15 of 47



# Attività scientifiche per i radar di Mars Express e di Mars Reconnaissance Orbiter Fase E2 Continuazione

Accordo di Collaborazione ASI-INAF 2019-21-HH.0

**WP 2100: Operazioni MARSIS/MEX**  
**RESPONSABILE/AUTORE: Andrea Cicchetti**

**RA2: 01/02/2020-15/11/2020**

ASI-INAF 2019-21-HH.0







Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 16 of 47

## Sommario

1 Introduzione .....	17
2 Attività di Routine.....	17
3 Attività Straordinarie .....	29

ASI-INAf 2019-21-HH.0





Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 17 of 47

## 1 Introduzione

Lo scopo di questo rapporto è di descrivere più in dettaglio le attività svolte nel periodo preso in esame dalla Riunione di Avanzamento n. 1, per quanto riguarda il WP 2100 relativo alle Operazione del radar MARSIS

## 2 Attività di Routine

Pianificazione e comando del seguente MTP:

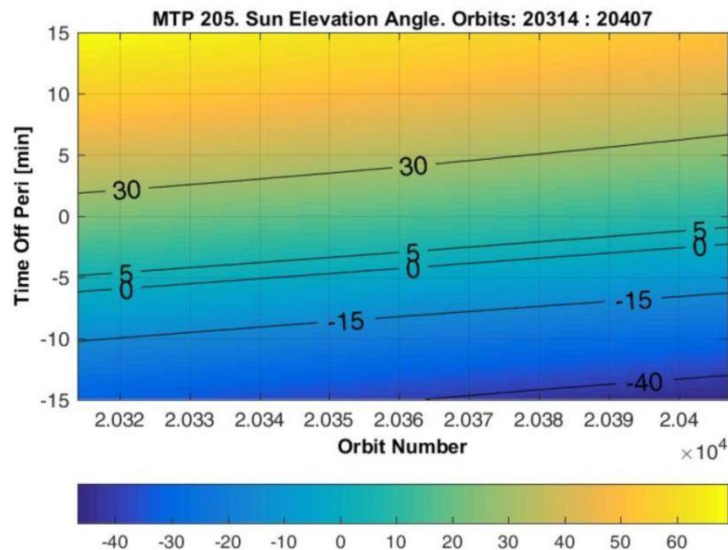
### MTP-205

Periodo = 25/01/2020 : 21/02/2020

Orbit Range = 20314 : 20407

#### Descrizione:

Il pericentro di Mars Express si trova al polo nord di Marte, le condizioni di illuminazione diurne non permettono tuttavia di esplorare in maniera adeguata la sotto-superficie del pianeta. Questo MTP è anche caratterizzato da una importante eclissi, che limita drasticamente le osservazioni scientifiche. Le uniche osservazioni che è stato possibile pianificare sono quelle in AIS (studio della ionosfera)



ASI-INAf 2019-21-HH.0





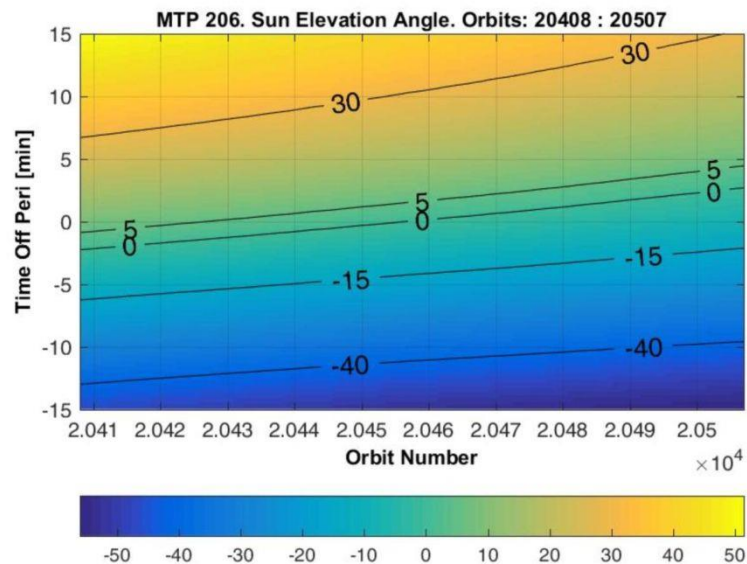
Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 18 of 47

## MTP-206

Periodo = 21/02/2020 : 21/03/2020  
Orbit Range = 20408 : 20507

### Descrizione:

Il pericentro di Mars Express si trova ancora sul polo nord di Marte e a partire dalla seconda metà di questo MTP si trova nel periodo notturno della missione; tuttavia la profonda eclisse, ancora non permettere di operare a pieno regime e le uniche osservazioni che è stato possibile pianificare sono quelle in AIS (studio della ionosfera).



## MTP-207

Periodo = 21/03/2020 : 17/04/2020  
Orbit Range = 20508 : 20601

### Descrizione:

Il pericentro di Mars Express si trova nell'emisfero nord in prossimità della calotta polare. Le condizioni di illuminazione per lo più notturne, anche se adeguate per operare in modalità sotto

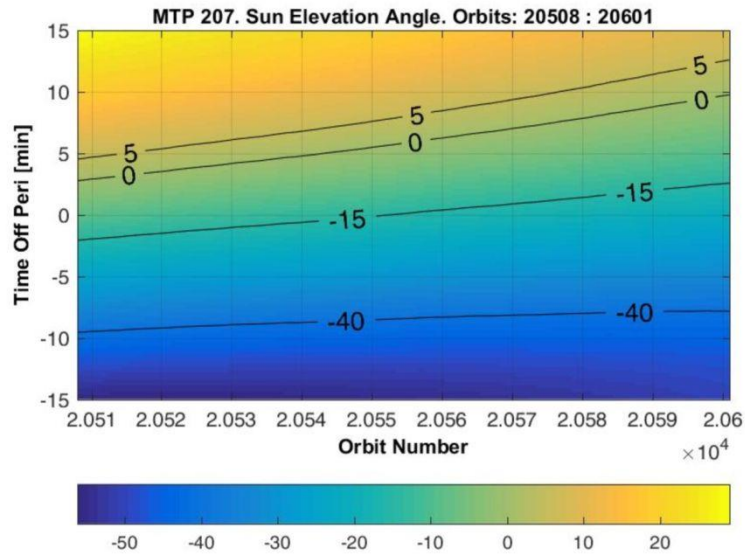
ASI-INAf 2019-21-HH.0





Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 19 of 47

superficie, l'eclissi ancora non permette di operare a pieno regime. Le uniche osservazioni che è stato possibile pianificare sono quelle in AIS (studio della ionosfera).



## MTP-208

Periodo = 18/04/2020 : 16/05/2020  
Orbit Range = 20602 : 20699

### Descrizione:

Il pericentro di Mars Express si trova nell'emisfero nord con una latitudine media di circa  $60^\circ$ . Le condizioni di illuminazione notturna sono ottime per operare in modalità sotto superficie; tuttavia il periodo di eclissi ancora non permette di operare a pieno regime. Le uniche osservazioni che è stato possibile pianificare sono quelle in AIS (studio della ionosfera).

### Attività Speciali

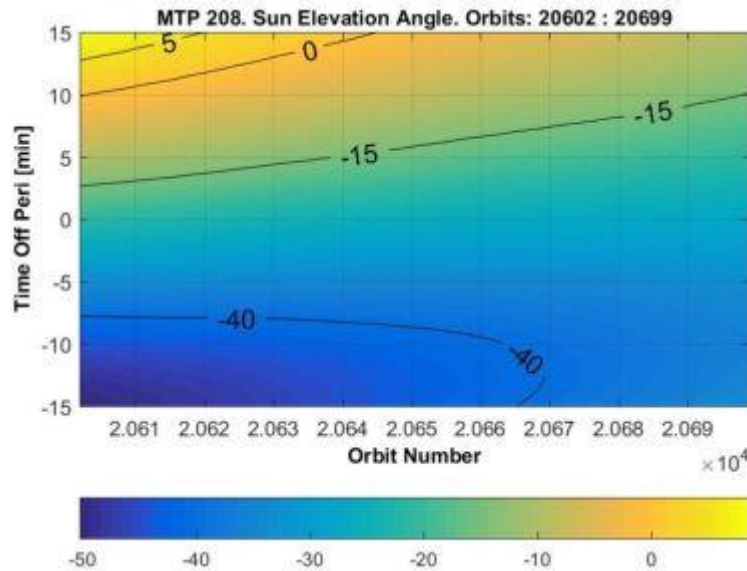
In data 19/04/2020, nell'orbita 20607, è stata testata per la prima volta a bordo dello strumento, la nuova modalità "AIS multi table", la quale permetterà di osservare e caratterizzare meglio i fenomeni ionosferici rilevabili dal radar. Il test è stato eseguito correttamente dallo strumento.

ASI-INAf 2019-21-HH.0





Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 20 of 47



## MTP-209

Periodo = 16/05/2020 : 12/06/2020

Orbit Range = 20700 : 20793

### Descrizione:

Il pericentro di Mars Express si trova nell'emisfero nord con una latitudine media di circa  $50^\circ$ . Le condizioni di illuminazione notturna sono ottime per operare in modalità sotto superficie. Il periodo di eclissi ancora non permette di operare a pieno regime, tuttavia nell'ultima settimana di operazioni di questo MTP, è stato possibile ri-cominciare a pianificare nuovamente alcune osservazioni in modalità sotto superficie.

### Attività Speciali

Nel periodo 6/6/2020 (orbita 20770) : 8/6/2020 (orbita 20779) sono state pianificate una serie di osservazioni in modalità "Full AIS" richieste da Beatriz per osservare il raro evento di allineamento della sonda MEX con la missione SOLAR ORBITER.

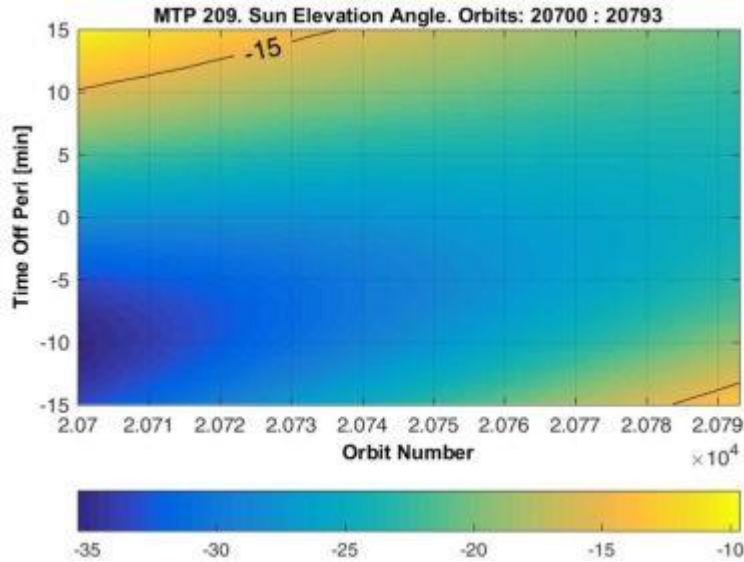
ASI-INAF 2019-21-HH.0



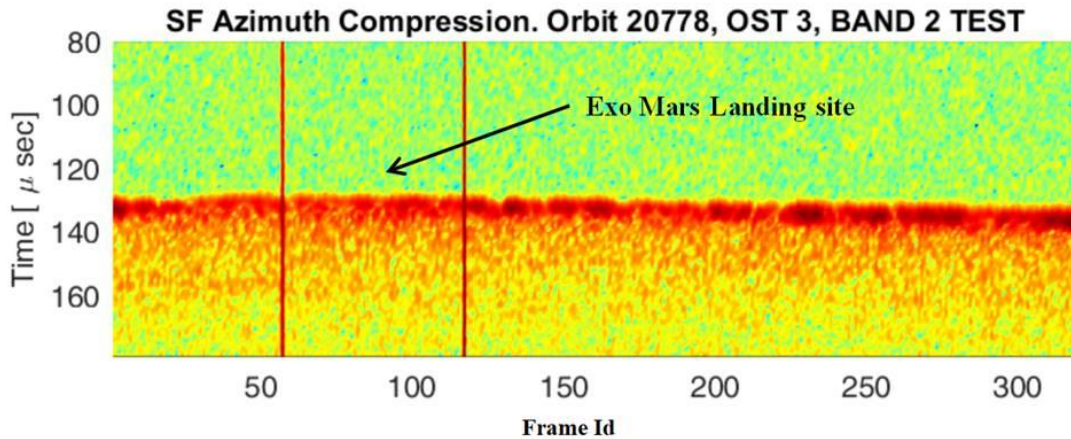


Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 21 of 47

In data 8/6/2020 (orbita 20778) è stata pianificazione in modalità Super Frame (alta risoluzione) osservare il sito di atterraggio della missione Exo Mars



### Exo-Mars Landing Site MARSIS Observation



Da una prima analisi dei dati, non si evincono evidenti segni di riflessioni sotto superficiali

ASI-INAf 2019-21-HH.0





Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 22 of 47

## MTP-210

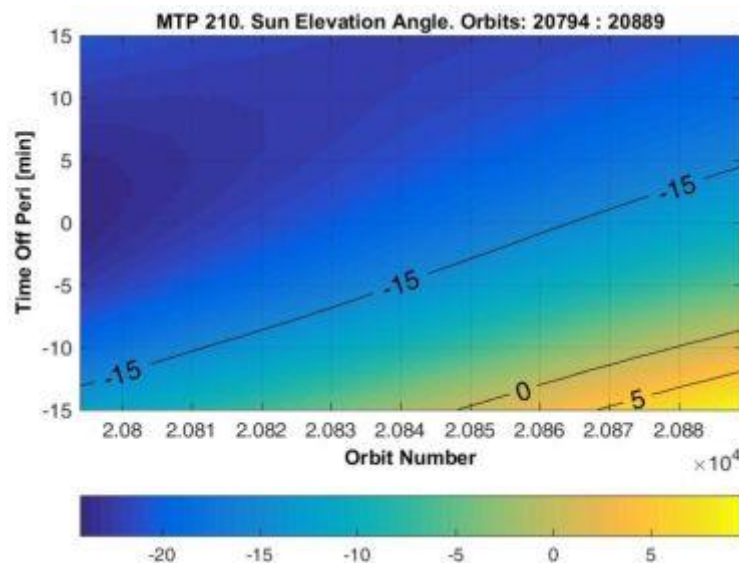
Periodo = 13/06/2020 : 10/07/2020  
Orbit Range = 20794 : 20889

### Descrizione:

Il pericentro di Mars Express si trova nell'emisfero nord con una latitudine media di circa  $50^{\circ}/55^{\circ}$ . Le condizioni di illuminazione notturna sono ottime per operare in modalità sotto superficie. Il periodo di eclissi, permette ora di operare a pieno regime in modalità SS3 per le osservazioni sotto superficiali

### Attività Speciali

Sono state coordinate, insieme alla comunità scientifica della missione MARSIS, diverse osservazioni ad alta risoluzione (super frame), delle seguenti zone ad elevato interesse scientifico: Lunae Planum, Medusae Fossae, Vernal Crater, Cerberus Fossae.



ASI-INAF 2019-21-HH.0





Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 23 of 47

## MTP-211

Periodo = 11/07/2020 : 7/08/2020

Orbit Range = 20890 : 20985

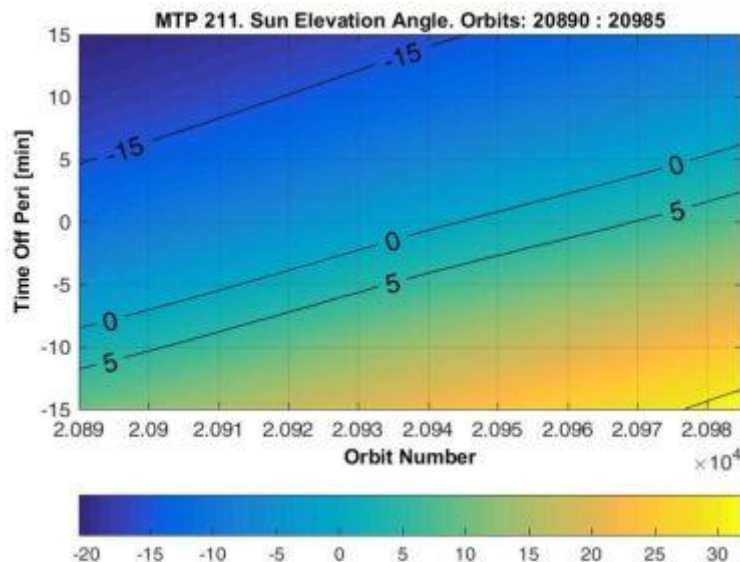
### Descrizione:

Il pericentro di Mars Express si trova nell'emisfero nord con una latitudine media di circa 30°. Le condizioni di illuminazione notturna sono ancora ottime per operare in modalità sotto superficie. Nella seconda metà di questo MTP il pericentro di troverà di nuovo nella fase diurna della missione.

### Attività Speciali

Sono state coordinate, insieme alla comunità scientifica della missione MARSIS, diverse osservazioni ad alta risoluzione (super frame), delle seguenti zone ad elevato interesse scientifico: Insight landing, Medusae Fossae, Vernal.

Grazie all'esito positivo del test eseguito il 19/04/2020 per validare il corretto funzionamento della nuova modalità di operare AIS (AIS multi table), questa è stata definitivamente inclusa nelle operazioni di routine, della missione MARIS, a partire dall'orbita 20892 (11/07/2020)



ASI-INAf 2019-21-HH.0







Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 24 of 47

## MTP-212

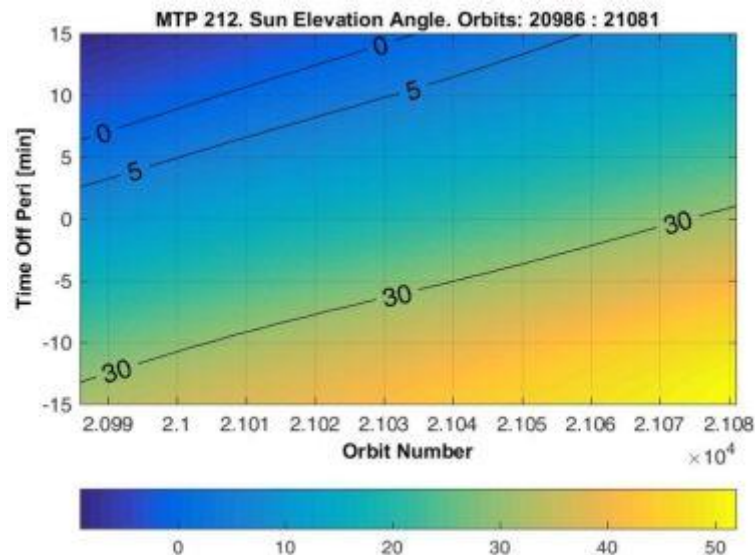
Periodo = 07/08/2020 : 04/09/2020  
Orbit Range = 20896 : 21081

### Descrizione:

Il pericentro di Mars Express si trova nell'emisfero nord con una latitudine media di circa 20°. Le condizioni di illuminazione consentono ancora di operare in modalità sotto superficiale fino ad un massimo di 30° di "Sun Elevation Angle"; al di sopra di questo valore non sarà più possibile utilizzare la modalità operativa SS3, ma il modo AIS per lo studio della ionosfera.

### Attività Speciali

In questo MTP sono state pianificate due osservazioni speciali per l'osservazione di Phobos. La prima osservazione nell'orbita 21051 (26/08/2020) con una distanza dal target pari a 322 Km. La seconda osservazione nell'orbita 21074 (02/09/2020) con una distanza minima pari a 126 Km, in questo flyby, siamo stati in grado di ottenere buoni risultati, come mostrano le figure 2 e 3. Per il primo flyby invece il rapporto segnale a rumore (SNR) del dato acquisito era troppo basso per poter estrarre il segnale dal rumore.



ASI-INAf 2019-21-HH.0



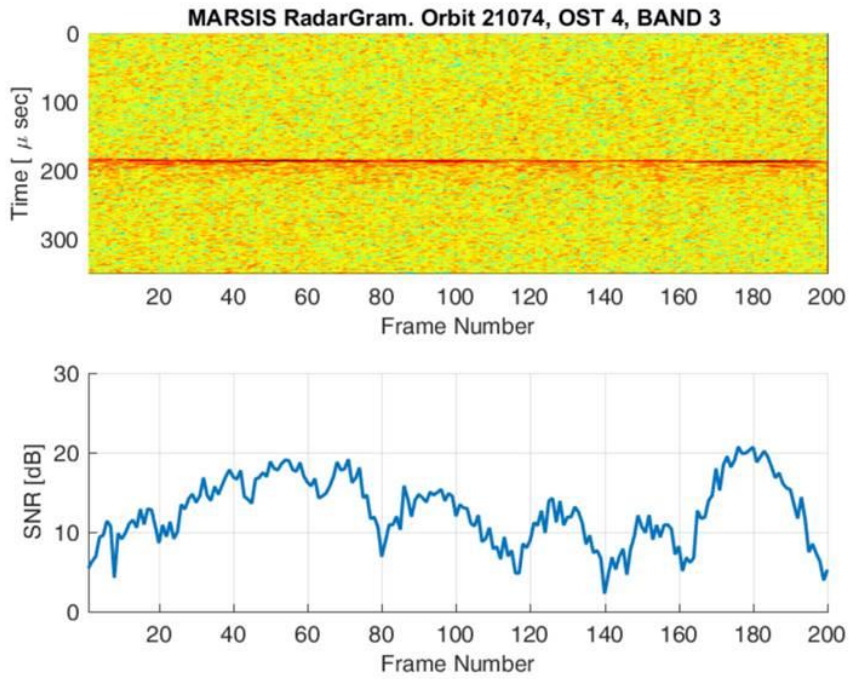


Fig.2

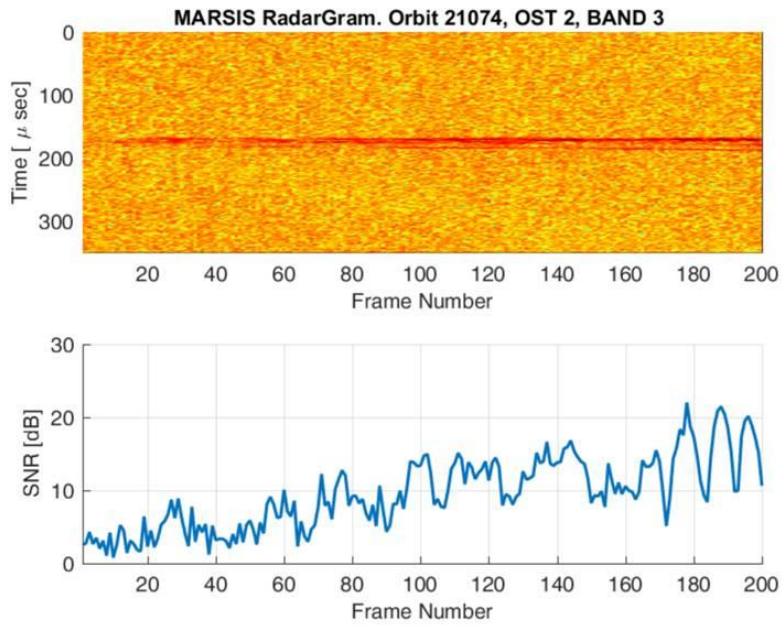


Fig.3

ASI-INAf 2019-21-HH.0





Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 26 of 47

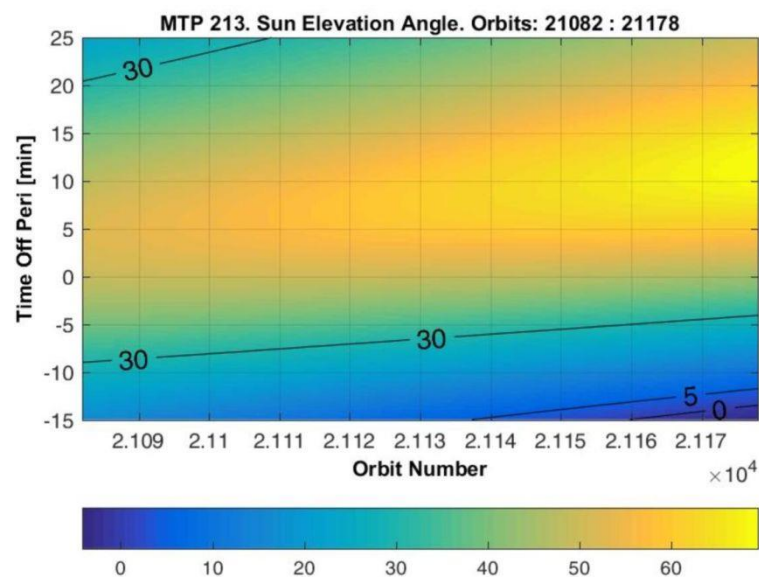
## MTP-213

Periodo = 04/09/2020 : 02/10/2020

Orbit Range = 21082 : 21178

### Descrizione:

Il pericentro di Mars Express si trova nell'emisfero sud con una latitudine media di circa  $-30^\circ$ . Le condizioni di illuminazione sono troppo elevate per poter operare in modalità sotto superficiale, di conseguenza tutto il piano è stato dedicato allo studio della ionosfera. Questo MTP offre un'eccellente opportunità per indagare l'influenza delle anomalie del campo magnetico superficiale con la ionosfera. Questo argomento è stato anche inserito nell'elenco delle priorità della missione MEX per le proposte di estensione della missione stessa. Le osservazioni sono state implementate tutte con la nuova modalità di AIS (AIS multi Table)



ASI-INAf 2019-21-HH.0





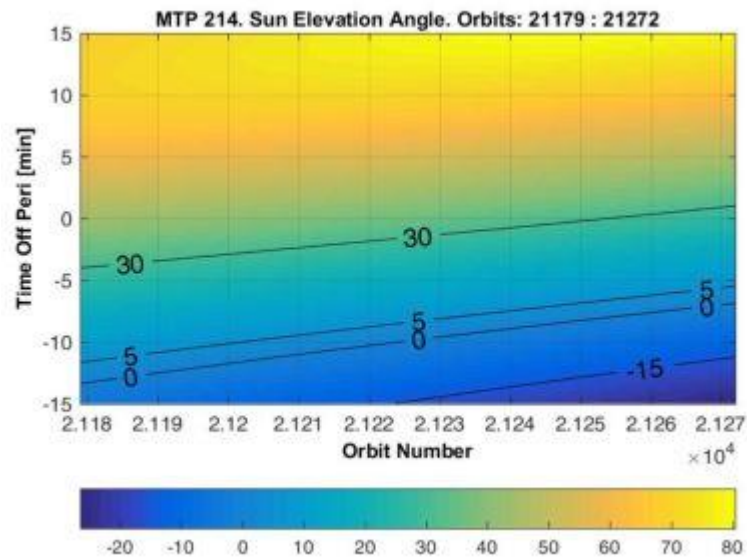
Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 27 of 47

## MTP-214

Periodo = 03/10/2020 : 30/10/2020  
Orbit Range = 21179 : 21272

### Descrizione:

Il pericentro di Mars Express si trova nell'emisfero sud con una latitudine media di circa  $-75^\circ$ , presso la calotta polare. Le condizioni di illuminazione sono tali da permettere anche l'utilizzo dei modi sotto superficiali, quando il SEA è minore di  $30^\circ$



## MTP-215

Periodo = 30/10/2020 : 27/11/2020  
Orbit Range = 21273 : 21370

### Descrizione:

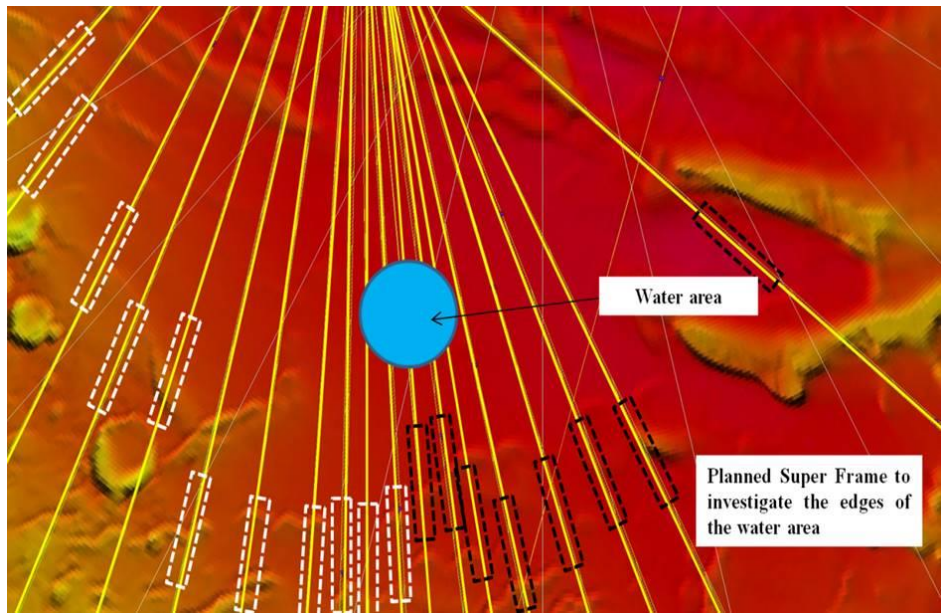
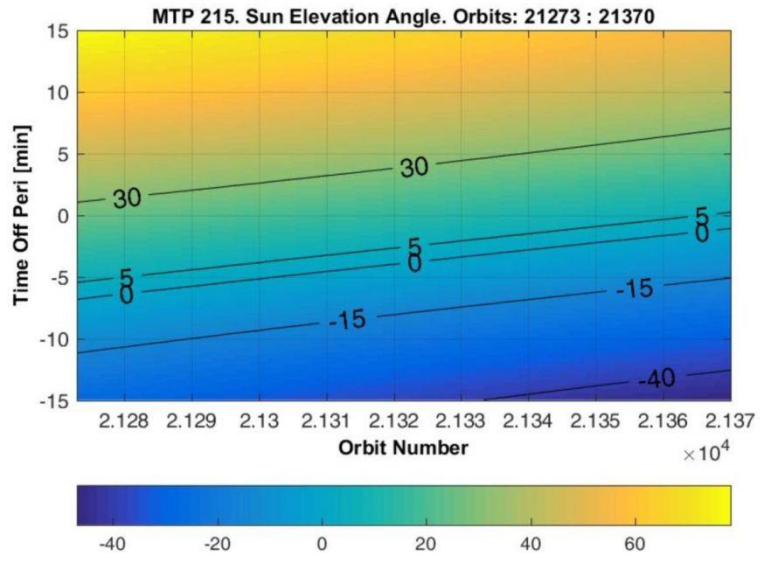
Il pericentro di Mars Express si trova sul polo sud a circa  $-85$ . Le condizioni di illuminazione sono tali da permettere anche l'utilizzo dei modi sotto superficiali, quando il SEA è minore di  $30^\circ$ . In questo MTP abbiamo sorvolato di nuovo la zona dei laghi marziani; per questa ragione sono state pianificate numerose osservazioni di questa area con la modalità Supre Frame.

ASI-INAF 2019-21-HH.0





Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 28 of 47



ASI-INAf 2019-21-HH.0





**Date** 26/11/2020  
**Issue** 1  
**Revision** 0  
**Page** 29 of 47

### **3 Attività Straordinarie**

#### **AGGIORNAMENTI SW**

Il SW di comando per la generazione dei piani di volo dello strumento, è stato aggiornato ed ampliato, per una gestione più flessibile e sicura della pianificazioni delle osservazione ad alta risoluzione, in modalità Super Frame.

Il SW di generazione dei comandi dello strumento, è stato ulteriormente aggiornato, per permettere di includere, in modalità semi automatica, il nuovo modo operativo “AIS multi Table”.

#### **PROCEDURA PER L’INDIVIDUAZIONE DI SOTTO SUPERFICI**

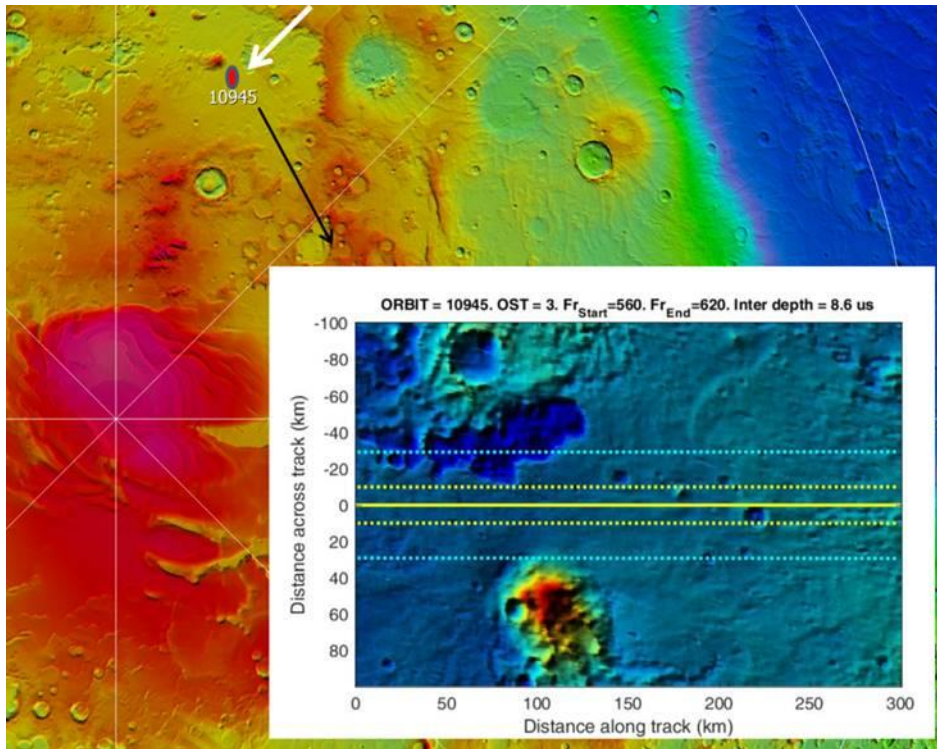
Stiamo sviluppando una procedura SW, che mettendo in relazione i dati acquisiti da MARSIS su tutto il pianeta e nelle diverse modalità operative (dati standard e dati Raw nelle FM) sia in grado di individuare gli echi sotto superficiali, discriminandoli dal clutter laterale. Tutto questo è reso possibile, soprattutto mediante il confronto dei dati realmente acquisiti, con le simulazioni coerenti. Di seguito viene mostrata una delle zone, già note, che è stato possibili individuare con questa procedura.

#### **DORSA ARGENTEA FORMATION**

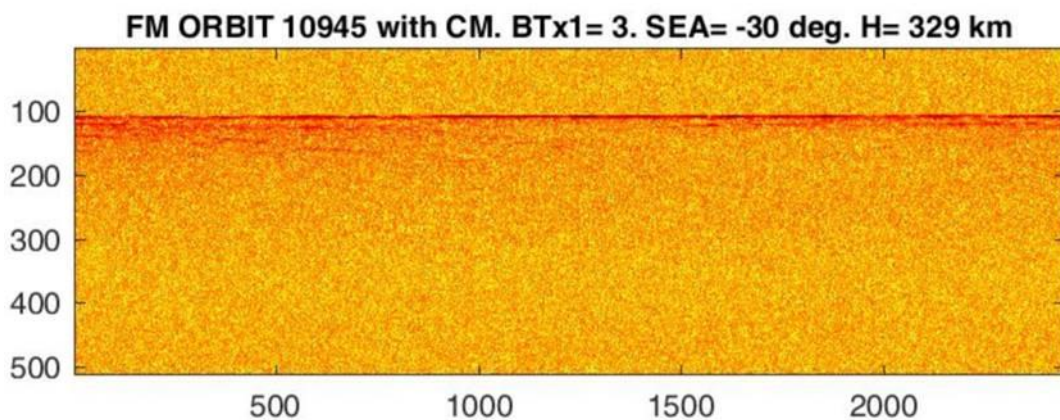
Zona di interesse al polo sud dove sono state individuate significative anomalie sotto superficiali, già studiate da J. L. Whitten at all

ASI-INAF 2019-21-HH.0





Nella zona di interesse le anomalie sotto superficiali sono evidenti nei dati FM di seguito riportati



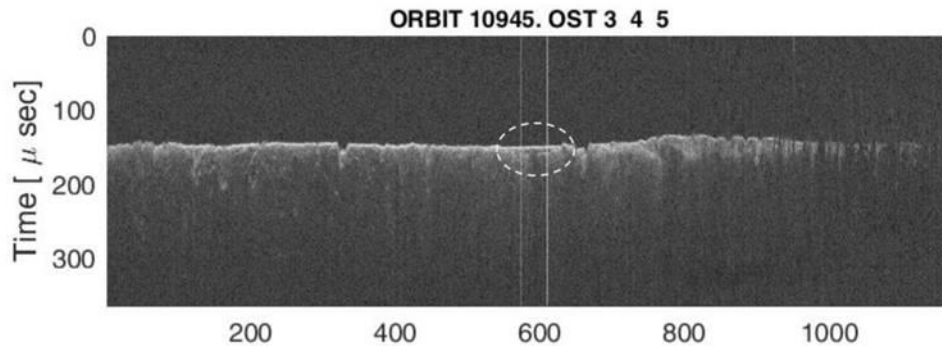
Le anomalie sotto superficiali sono evidenti anche dal dato standard SS3

ASI-INAf 2019-21-HH.0

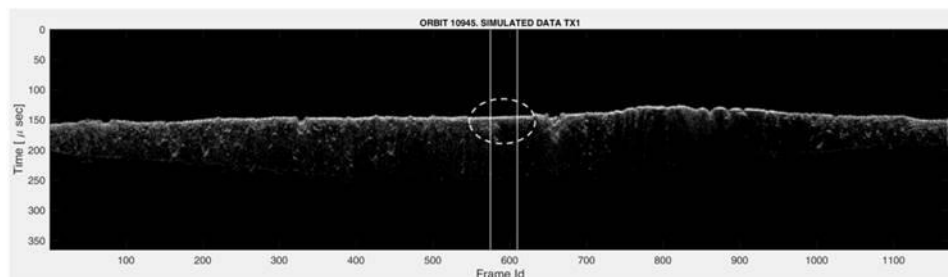




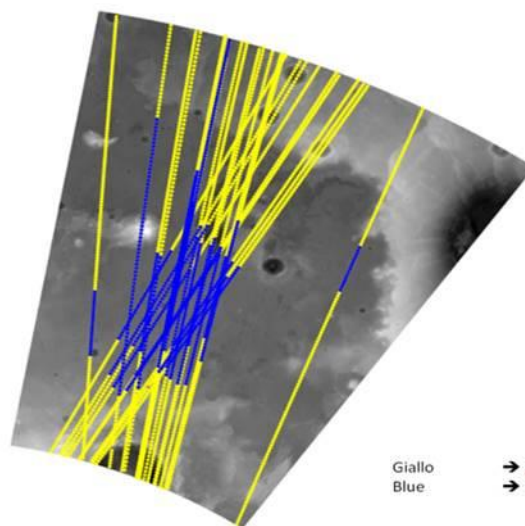
Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 31 of 47



I dati forniti dal simulatore coerente non evidenziano le stesse anomalie presenti nel dato reale, confermando che non si tratta di clutter laterale ma di segnale proveniente da interfacce sotto superficiali



Un'analisi più intensiva dei dati acquisiti nella zona di interesse ha evidenziato molteplici flybys che presentano le stesse caratteristiche di echi sotto superficiali



Giallo → ground track  
Blue → Echi sotto superficiali

ASI-INAf 2019-21-HH.0







Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 32 of 47



# Attività scientifiche per i radar di Mars Express e di Mars Reconnaissance Orbiter Fase E2 Continuazione

Accordo di Collaborazione ASI-INAf 2019-21-HH.0

© ESA - D. DUCROS 2003

**WP 2200: Archiviazione MARSIS/MEX**  
**RESPONSABILE/AUTORE: Roberto Orosei**

**RA2: 01/02/2020-15/11/2020**

ASI-INAf 2019-21-HH.0





Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 33 of 47

## Sommario

1 Introduzione .....	34
2 Attività di Routine .....	34
3 Ritiro della NASA da MEX ed elaborazione dati AIS .....	35
4 Sviluppo di un nuovo processore per i dati di Flash Memory .....	35
5 Altre attività .....	36

ASI-INAf 2019-21-HH.0





Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 34 of 47

## 1 Introduzione

Lo scopo di questo rapporto è di descrivere più in dettaglio le attività svolte nel periodo preso in esame dalla Riunione di Avanzamento n. 2, per quanto riguarda il WP 2200 relativo alla gestione dell'Elaborazione e dell'Archiviazione dei Dati del radar MARSIS.

## 2 Attività di Routine

Nel periodo in esame, le attività hanno riguardato il download e il processing dei dati delle orbite relative agli MTP dal 205 al 215.

Tali attività si sono svolte senza problemi.

Le telemetrie dello strumento sono state regolarmente elaborate per la produzione dei dati da archiviare nel Planetary Science Archive di ESA.

La consegna dei dati per l'archiviazione procede regolarmente, e MARSIS è al passo con le scadenze stabilite.

L'ultimo invio di dati riguarda il secondo semestre del 2019, e verrà pubblicato entro la fine dell'anno.

Fino ad oggi sono stati forniti al Planetary Science Archive di ESA un totale di 29150 data product di livello 1B (telemetrie di strumento per tutti i modi di osservazione, correlate da informazioni per la localizzazione spaziale) e 8500 data product di livello 2 (radargrammi di osservazioni del sottosuolo corretti per la distorsione ionosferica).

ASI-INAF 2019-21-HH.0





Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 35 of 47

### **3 Ritiro della NASA da MEX ed elaborazione dati AIS**

A giugno 2020 la NASA ha annunciato l'intenzione di interrompere la propria partecipazione al progetto Mars Express.

A causa di ciò, i finanziamenti NASA al JPL e all'Università dell'Iowa sono terminati il 30 settembre 2020.

L'interruzione dei finanziamenti ha significato la fine dell'elaborazione di Livello 2 dei dati di Active Ionosphere Sounding (AIS), in carico di UIowa fin dall'inizio della missione di MEX.

Questo avvenimento, ha reso necessaria la ricerca di una soluzione alternativa che consentisse di continuare la produzione dei dati AIS per l'archivio.

La persona incaricata dell'elaborazione dei dati presso UIowa, Andrew Kopf, ha perso il lavoro, in conseguenza della cessazione del finanziamento da parte della NASA, ma ha dato la propria disponibilità a trasferire sia le sue competenze che il software in Europa.

Con il supporto dell'ESA, la pipeline di elaborazione verrà ricostituita presso l'Università di Leicester (GB).

I responsabili della pipeline, Mark Lester e Beatriz Sanchez-Cano, sono tra i pochissimi in Europa ad utilizzare i dati di MARSIS AIS, per la loro produzione scientifica, e sono stati nominati Co-Investigator dell'esperimento.

### **4 Sviluppo di un nuovo processore per i dati di Flash Memory**

Nel corso dell'anno è stata realizzata una pipeline per l'elaborazione dei dati delle flash memory, brevi sequenze di dati salvati nella memoria dello strumento prima dell'elaborazione a bordo.

ASI-INAF 2019-21-HH.0





Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 36 of 47

Fino ad ora non esisteva una modalità standard per la loro elaborazione, e la disponibilità dei dati era limitata dalla necessità di compiere numerose operazioni manuali con software ad hoc.

La principale difficoltà nella realizzazione della pipeline è consistita nella gestione delle perdite di pacchetti in fase di trasmissione a terra, poiché i dati delle flash memory, al contrario delle normali telemetrie, non sono dotati di alcun diagnostico.

Alla fine dell'elaborazione sono state prodotte 5518 nuove osservazioni, che sono in larghissima parte ancora da esaminare.

Si prevede che questi nuovi dati verranno consegnati al PSA a partire dalla fine del 2021.

## 5 Altre attività

L'epidemia di COVID ha evidenziato come la modalità di accesso ai dati sul server di SSDC, che richiedeva l'utilizzo di un IP pre-registrato, fosse inadatta per le necessità del lavoro agile.

Il responsabile del server, Angelo Zinzi, ha perciò temporaneamente aperto l'accesso richiedendo però l'utilizzo del protocollo SFTP.

Angelo Zinzi ha inoltre proposto di includere i dati di MARSIS in MATISSE, un sistema di ricerca e visualizzazione dei dati planetari di cui lo stesso Zinzi è sviluppatore.

La produzione di metadati e visualizzazioni adatte a MATISSE è parte del lavoro di tesi di un dottorando presso la Jacobs University, Giacomo Nodjoui, sotto la supervisione di Angelo Pio Rossi.

Giacomo Nodjoui sta inoltre realizzando un pacchetto software in Python per la conversione dei dati di MARSIS in formato SEG-Y, che è utilizzato da tutti i principali software per l'elaborazione sismica.

Lo scopo di questa attività è produrre elaborazioni in tre dimensioni dei dati di MARSIS.

ASI-INAF 2019-21-HH.0





Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 37 of 47



# Attività scientifiche per i radar di Mars Express e di Mars Reconnaissance Orbiter Fase E2 Continuazione

Accordo di Collaborazione ASI-INAF 2019-21-HH.0

**WP 3100: Operazioni SHARAD/MRO**

**RESPONSABILE/AUTORE: F. Bernardini, C. Zammit**

**RA2: 01/02/2020-15/11/2020**

ASI-INAF 2019-21-HH.0





Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 38 of 47

## Sommario

1 Introduzione .....	39
2 Attività di Routine.....	39
3 Note dal MRO PSG.....	39
4 DBC Anomaly.....	41
5 Altre attività .....	42

ASI-INAf 2019-21-HH.0





Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 39 of 47

## 1 Introduzione

Lo scopo di questo rapporto è di descrivere più in dettaglio le attività svolte nel periodo preso in esame dalla Riunione di Avanzamento n. 2, per quanto riguarda il WP 3100 relativo alle Operazione del radar SHARAD.

## 2 Attività di Routine

Le operazioni di Sharad nel periodo di riferimento si possono considerare nominali, tranne per i limitati eventi eccezionali di seguito elencati:

Febbraio 2020, per attività di manutenzione su MRO.

Aprile 2020, per *safing* di MRO.

Giugno 2020, per *safing* di MRO.

Durante tali periodi, SHARAD è stato spento.

In tutti i casi l'attività è stata poi ripresa senza conseguenze tecniche, ma durante i periodi di safe si è verificata una perdita di osservazioni già pianificate.

Inoltre è iniziata una nuova stagione NCW (Non-Comm Windows) con perdita della possibilità di rollio per diversi mesi.

## 3 Note dal MRO PSG

Durante l'MRO PSG, tenutosi il nel mese di Novembre, è emerso che:

ASI-INAF 2019-21-HH.0







Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 40 of 47

MRO è in buono stato, il problema delle batterie è sotto controllo. Altri fenomeni di *aging* della missione sono stati osservati e sono anch'essi sotto controllo.

Per ovviare alle riduzioni di costi e di personale, MRO PST ha proposto una modifica dei metodi di pianificazione denominata Team-Led Option 2 (TLopt2).

Questa modifica è stata valutata in due cicli di prova (RM360 e RM362) nei quali si sono alternati HiRise e CTX come *cycle lead*.

SHARAD sembra soffrire poco (in termini di produzione scientifica) per le nuove limitazioni operative, ma abbiamo fatto notare che le condizioni del contesto erano ottimali (ampio *data volume* e nessuna altra restrizione) e dunque una valutazione di impatto da parte di SHARAD sarebbe meglio farla quando Marte è più lontano dalla Terra e ci sono anche limitazioni di rollio.

L'organizzazione al JPL è stata ristrutturata per gestire le operazioni con una riduzione del personale.

Daniel Nunes rimane ufficialmente come SHARAD *Instrument Scientist* ma non fa più parte del PST ed è disponibile solo su richiesta.

Secondo accordi precedenti, non avremmo dovuto più avere accesso all'opzione NCW con la nuova stagione di restrizione di rollio (limitazione di HGA per *beta angle*).

Tuttavia abbiamo forzato la precedente decisione e proposto uno schema semplificato che permette al PST di elaborare le nostre richieste NCW in poco tempo.

La preoccupazione per la richiesta da Mars2020 Rover di alterare il piano orbitale di MRO per migliorare le loro opportunità di comunicazione è ancora presente.

ASI-INAFA 2019-21-HH.0





Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 41 of 47

Abbiamo fatto un'analisi approfondita delle nuove condizioni orbitali (vedi allegati in PDF).

Gli impatti sono maggiori del previsto.

Fino ad oggi la cosa è caduta in secondo piano, ma esiste la possibilità che dopo l'atterraggio di M2020, ritorneranno all'attacco su questa proposta.

#### 4 DBC Anomaly

Attualmente, l'anomalia è ancora in investigazione.

Dopo l'estate sono fatti molti progressi a riguardo (vedi documentazione a corredo).

E' stato necessario sviluppare un nuovo *decoder* per i dati grezzi in modo da evidenziare meglio il comportamento partendo dai singoli bytes ricevuti dallo strumento.

L'impatto sui dati scientifici apparentemente minimale, ha però una conseguenza anche dopo il termine dell'anomalia.

Questo si potrebbe mitigare invalidando blocchi di dati escludendo "modulo 64" pacchetti nelle zone interessate dall'anomalia.

La soluzione equivale a simulare i pacchetti interessati come dati non ricevuti (cosa che succede regolarmente).

Si ricorda che per questo motivo è stato deciso (nell'estate 2019) di effettuare osservazioni sempre con Presumming = 8 perchè sembra attenuare gli effetti secondari.

Alla fine questa decisione ha prodotto praticamente un raddoppio delle osservazioni effettuate e ovviamente del carico di lavoro sia per il *targeting* che per il *planning*.

ASI-INAFA 2019-21-HH.0





Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 42 of 47

I risultati delle analisi effettuate fino ad ora (svolte anche con una grande collaborazione del team US, in particolare Bruce Campbell, Fritz Foss, Matt Perry) hanno evidenziato che il problema è sicuramente nella gestione dei *buffer* temporanei dei pacchetti nella *dual-port RAM* della scheda *Slave* del DES.

E' stato dimostrato che pacchetti più lunghi del previsto vengono generati, e che duplicazioni di dati avvengono sempre nell'intervallo temporale dell'anomalia che, per fortuna, ha una durata (variabile) dell'ordine del secondo.

Il problema è considerato attualmente essere di tipo esclusivamente digitale, anche se un coinvolgimento del software potrebbe essere non da escludere.

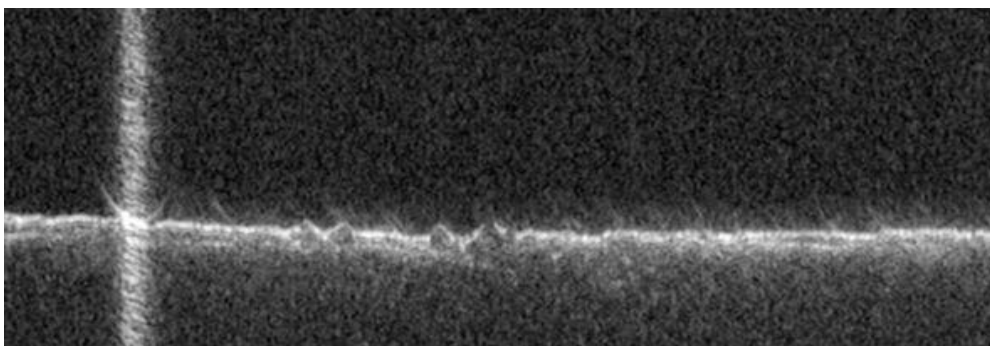
Sono previste una serie di attività collaterali, ma l'impegno relativo a queste analisi è decisamente non trascurabile rispetto al carico di lavoro nominale che negli ultimi mesi è aumentato notevolmente per via della vicinanza di Marte alla Terra (lato *data volume*).

Nelle ultime due settimane sono state pianificate 127 e 147 osservazioni.

## 5 Altre attività

Nel periodo in esame sono state condotte osservazioni di Giove dall'orbita marziana, in collaborazione con NASA/GSFC.

Prima osservazione di fenomeni gioviani da due punti diversi del sistema solare.

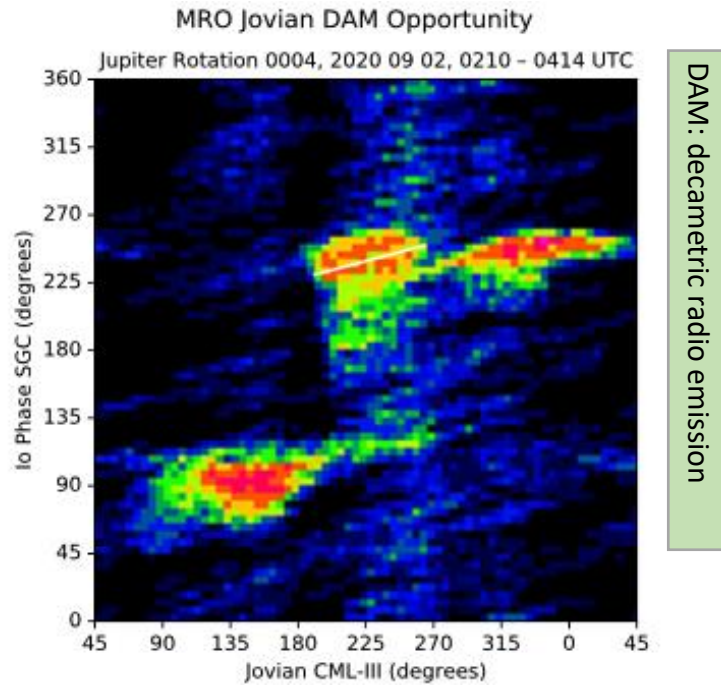


ASI-INAF 2019-21-HH.0





Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 43 of 47



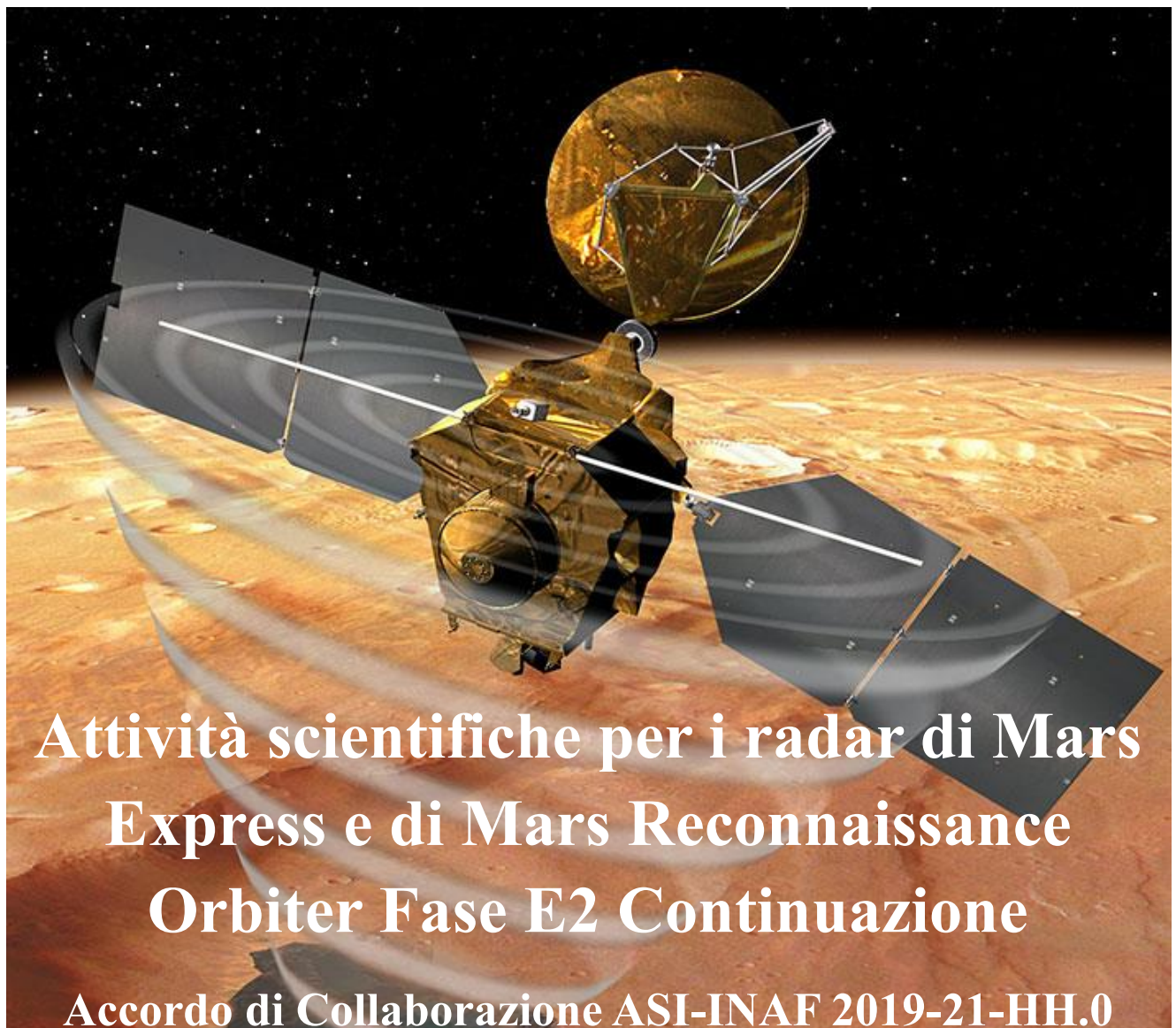
*Via Shing F. Fung NASA/GSFC*

ASI-INAf 2019-21-HH.0





Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 44 of 47



# Attività scientifiche per i radar di Mars Express e di Mars Reconnaissance Orbiter Fase E2 Continuazione

Accordo di Collaborazione ASI-INAF 2019-21-HH.0

**WP 3200: Archiviazione SHARAD/MRO**

**RESPONSABILE/AUTORE: F. Bernardini**

**RA2: 01/02/2020-15/11/2020**

ASI-INAF 2019-21-HH.0





Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 45 of 47

## Sommario

1 Introduzione .....	46
2 Attività di Routine.....	46
3 Archiviazione a lungo termine in SSDC.....	46

ASI-INAf 2019-21-HH.0





Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 46 of 47

## 1 Introduzione

Lo scopo di questo rapporto è di descrivere più in dettaglio le attività svolte nel periodo preso in esame dalla Riunione di Avanzamento n. 2, per quanto riguarda il WP 3200 relativo alla gestione dell'Elaborazione e dell'Archiviazione dei Dati del radar SHARAD.

## 2 Attività di Routine

L'elaborazione dei dati di livello L1A (EDR) procede regolarmente.

In particolare, tutti i dati EDR del di cui era prevista la consegna, sono stati consegnati regolarmente al nodo PDS (release dal 52 al 55).

Anche riguardo l'elaborazione dei dati di livello L1B (RDR), tutti i dati RDR del di cui era prevista la consegna, sono stati consegnati regolarmente al nodo PDS (release dal 52 al 54).

In relazione all'elaborazione del "backlog", sono stati i dati RDR relativi alle release dalla 36 alla 5, oltre ad alcuni dati mancanti della release 24.

A causa della presenza di differenze PDS Ita e PDS USA, il progetto MRO ci ha chiesto di stilare un documento in cui si evidenziano le differenza tra i dati prodotti in USA e in Italia. In particolare la differenza è sui dati L1A che per CO-SHARPS hanno un formato diverso.

## 3 Archiviazione a lungo termine in SSDC

Uno degli obiettivi nell'ambito di questo contratto sarà quello di affrontare la gestione dell'archiviazione dei dati di Sharad a lungo termine in modo più preciso e risolutivo.

ASI-INAF 2019-21-HH.0





Date 26/11/2020  
Issue 1  
Revision 0  
Page 47 of 47

A questo scopo c'è da segnalare l'ottima interazione con SSDC.

In particolare, i ringraziamenti vanno a Angelo Zinzi ed al *team* di supporto in SSDC, che hanno sostenuto il team di SHARAD durante la prima crisi pandemica e ci hanno permesso di continuare a lavorare trasferendo dati direttamente da casa o altri luoghi.

Ora hanno messo in pratica nuovi metodi di accesso che ci semplificheranno la vita in futuro.

Abbiamo in programma di fare un po' di «pulizia» relativamente ai dati immagazzinati in SSDC.

ASI-INAf 2019-21-HH.0

