

RSN3 AUDIT 27/05/2021
Piano Triennale INAF



La missione Dawn: all'alba del sistema solare

M. Cristina De Sanctis
and the VIR team

Dawn: un viaggio nello spazio e nel tempo

Spazio

- da Vesta a Cerere: attraverso la **snow-line**
- Vesta: basaltico e differenziato—Prototipo dei planetesimi dei pianeti terrestri
- Cerere: idrato/ghiacciato e differenziato – Prototipo dei planetesimi dei pianeti esterni

Tempo

- Vesta e Cerere: Fossili del sistema solare
- Vesta: il più antico oggetto formatosi nel sistema solare
- Cerere: ruolo dell'acqua nel sistema solare primordiale
- Cronologia e tipologia dei processi di formazione del sistema solare

End
Nov.
2018



Dawn Payload



Framing Camera

Provided and operated by the German Aerospace Agency (DLR) and the Max Planck Institute for Solar System Research (MPS)



Gamma Ray and Neutron Detector

Provided by Los Alamos National Labs (LANL) and operated by the Planetary Science Institute (PSI)



Visible and Infrared Mapping Spectrometer

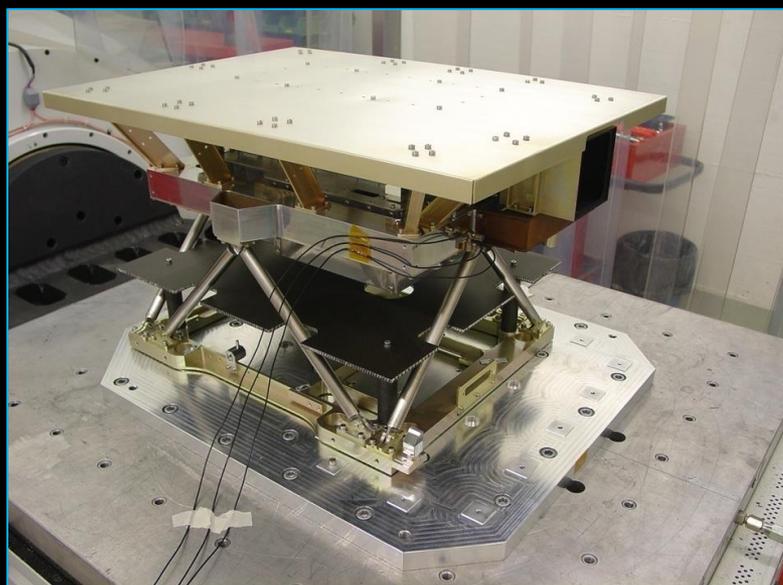
Provided by the Italian Space Agency (ASI) and the Italian National Institute for Astrophysics, and operated by the Italian Institute for Space Astrophysics and Planetology



VIR Mapping Spectrometer



- VIR, **Visible InfraRed Mapping Spectrometer**, is an imaging spectrometer coupling high spectral and spatial resolution in the Visible (0.25-1 micron) and IR (0.95-5 micron) ranges.
- VIR was developed under the leadership of INAF-Italian National Institute for Astrophysics, at IFSI and IASF in Rome, Italy. The instrument was built by Selex Galileo, Florence, Italy. The VIR project is funded by ASI, the Italian Space Agency



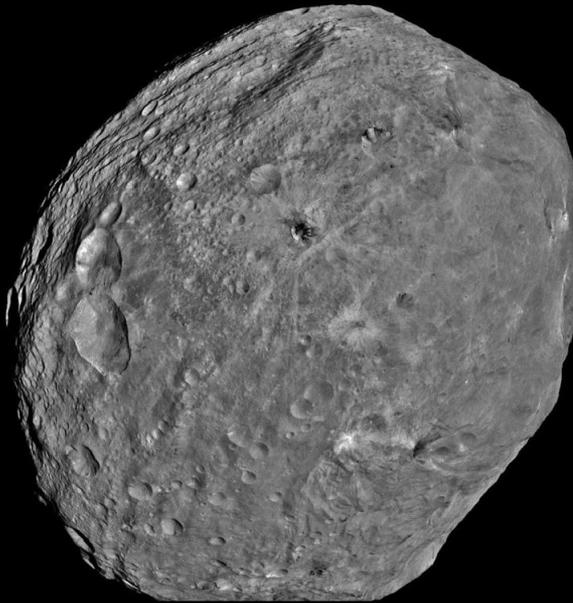
	VISIBLE	IR
Spectral Range (μm)	0.25 - 1.0	0.95 - 5.0
Spectral Resolution ($\lambda/\Delta\lambda$)	125-500	100 -500
Spectral channel	432	432
Spatial Resolution (mrad)	0.250	0.250
Field of view (mrad)	64	64



Dawn: the only mission orbiting around two bodies

Dawn at Vesta: 2011-2012

Dawn at Ceres: 2015-2018



Dawn a Vesta

I RISULTATI DEL VIR TEAM

DAWN



UCLA

JPL *Orbital*



11 May 2012 | 61p

Science

Dawn at Vesta

DAWN AT VESTA: A WINDOW ON THE PRIMORDIAL SOLAR SYSTEM

- Connection with HED (HED are the first condensate after the CAIs) → Vesta is the oldest body of the SS
- Olivine, basalt and iron core-differentiation, like terrestrial planets
- Collisions and chronology of the solar system
- Delivery of hydrated material in the inner solar system



Spectroscopic Characterization of Mineralogy and Its Diversity Across Vesta

M. C. De Sanctis,^{1*} E. Ammannito,¹ M. T. Capria,¹ F. Tosi,¹ F. Capaccioni,¹ F. Zambon,¹ F. Carraro,¹ S. Fonte,¹ A. Frigeri,¹ R. Jaumann,² G. Magni,¹ S. Marchi,³ T. B. McCord,⁴ L. A. McFadden,⁵ H. Y. McSween,⁶ D. W. Mittlefehldt,⁷ A. Nathues,⁸ E. Palomba,¹ C. M. Pieters,⁹ C. A. Raymond,¹⁰ C. T. Russell,¹¹ M. J. Toplis,¹² D. Turrini¹

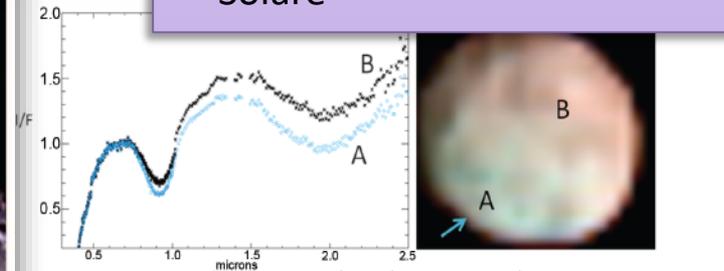
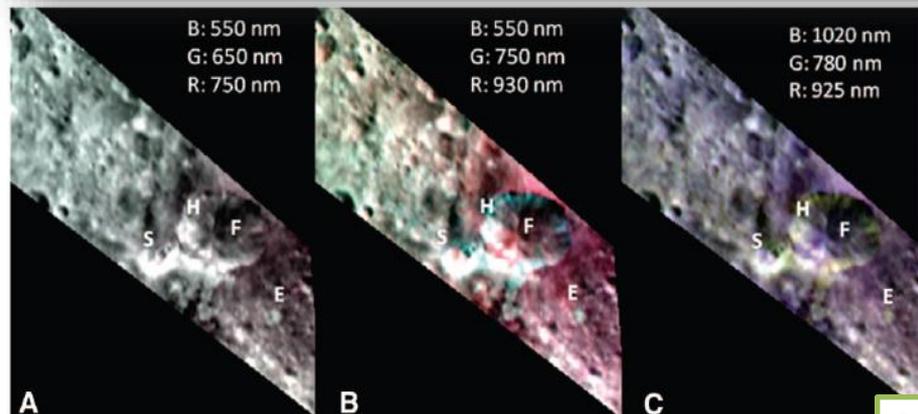
LETTER

doi:10.1038/nature11534

Distinctive space weathering on Vesta from regolith mixing processes

C. M. Pieters¹, E. Ammannito², D. T. Blewett³, B. W. Denevi³, M. C. De Sanctis², M. J. Gaffey⁴, L. Le Corre⁵, J.-Y. Li⁶, S. Marchi⁷, T. B. McCord⁸, L. A. McFadden⁹, D. W. Mittlefehldt¹⁰, A. Nathues⁵, E. Palmer¹¹, V. Reddy⁵, C. A. Raymond¹² & C. T. Russell¹³

- Vesta ha una composizione eterogenea legata alla stratigrafia.
- La distribuzione delle litologie indica una composizione differente tra la crosta e gli strati più profondi → completa differenziazione del corpo (come un pianeta terrestre)
- VIR indica che le mineralogie delle meteoriti HED sono presenti su Vesta, mettendo un punto fermo sul legame HED – Vesta.
- Vesta è il pianeta più antico del Sistema Solare



De Sanctis et al., Science (2012), Pieters et al., Nature (2012), Russell et al., Science (2012)

Olivina su Vesta: perché importante

Nature editor's summary:

...Vesta is a large asteroid, large enough to have differentiated into an **Earth-like layered** structure and the expectation was that **olivine would be found within Vesta's deep**, south-pole basins, thought to be excavated mantle rocks.....

LETTER

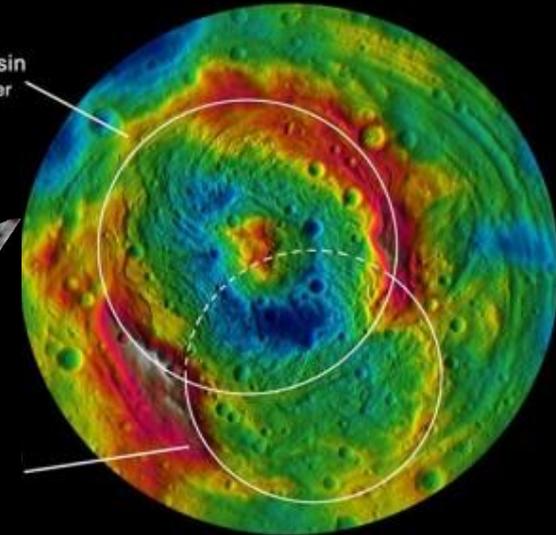
doi:10.1038/nature12665

Olivine in an unexpected location on Vesta's surface

E. Ammannito¹, M. C. De Sanctis¹, E. Palomba¹, A. Longobardo¹, D. W. Mittlefehldt², H. Y. McSween³, S. Marchi^{1,4}, M. T. Capria¹, F. Capaccioni¹, A. Frigeri¹, C. M. Pieters⁵, O. Ruesch⁶, F. Tosi¹, F. Zambon¹, F. Carraro¹, S. Fonte¹, H. Hiesinger⁶, G. Magni¹, L. A. McFadden⁷, C. A. Raymond⁸, C. T. Russell⁹ & J. M. Sunshine¹⁰

...An understanding of the differentiation processes that have occurred on Vesta will be **invaluable as a window on the primordial Solar System**

theasilvia Basin
500 km diameter
310 miles



Ammannito et al., Nature, Volume 504, Issue 7478, pp. 122-125 (2013).



THE ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS, 758:L36 (5pp), 2012 October 2
© 2012. The American Astronomical Society. All rights reserved. Printed in the U.S.A.

OH band detected by VIR on Vesta

DETECTION OF WIDESPREAD HYDRATED MATERIALS ON VESTA BY THE VIR IMAGING SPECTROMETER ON BOARD THE DAWN MISSION

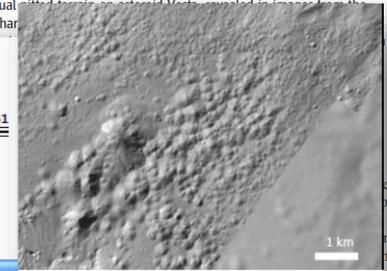
M. C. DE SANCTIS¹, J.-PH. COMBE², E. AMMANNITO¹, E. PALOMBA¹, A. LONGOBARDO¹, T. B. MCCORD², S. MARCHI³, F. CAPACCIONI¹, M. T. CAPRIA¹, D. W. MITTFELDELDT⁴, C. M. PIETERS⁵, J. SUNSHINE⁶, F. TOSI¹, F. ZAMBON¹, F. CARRARO¹, S. FONTE¹, A. FRIGERI¹, G. MAGNI¹, C. A. RAYMOND⁷, C. T. RUSSELL⁸, AND D. TURRINI¹

¹ Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, INAF, Rome, Italy; mariacristina.desanctis@iaps.inaf.it

Pitted Terrain on Vesta and Implications for the Presence of Volatiles

B. W. Denevi,^{1*} D. T. Blewett,¹ D. L. Buczkowski,¹ F. Capaccioni,² M. T. Capria,² M. C. De Sanctis,² W. B. Garry,³ R. W. Gaskell,³ L. Le Corre,⁴ J.-Y. Li,^{3,5} S. Marchi,⁶ T. J. McCoy,⁷ A. Nathues,⁴ D. P. O'Brien,³ N. E. Petro,⁸ C. M. Pieters,⁹ F. Preusker,¹⁰ C. A. Raymond,¹¹ V. Reddy,^{4,12} C. T. Russell,¹³ P. Schenk,¹⁴ J. E. C. Scully,¹³ J. M. Sunshine,⁵ F. Tosi,² D. A. Williams,¹⁵ D. Wyrick¹⁶

We investigated the origin of unusual pitted terrain on asteroid Vesta revealed in images from the Dawn spacecraft. Pitted terrain is char...



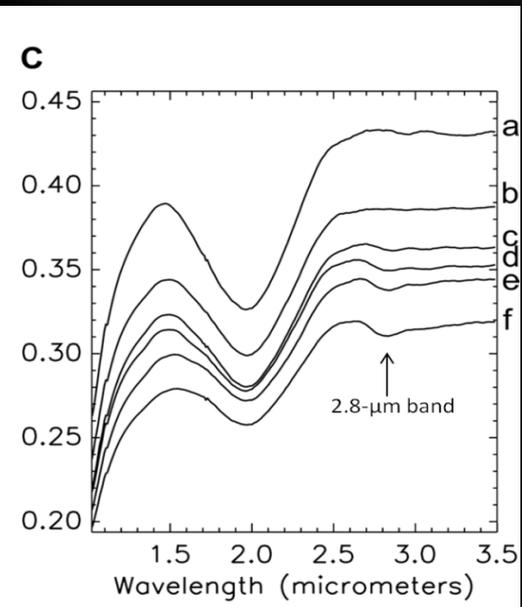
... is among the most in Vesta; using the methods we estimate its age to be ... terrain is found on other- located on the crater floor ... central peak, atop a slump ter-

SCIENCE www.science

LETTER

Dark material on Vesta from the infall of carbonaceous volatile-rich material

La distribuzione di OH su Vesta indica un processo primordiale diverso da quello lunare. Questo stesso processo può essere il responsabile del trasporto di acqua e di materiali organici sia nella fascia principale che sui pianeti terrestri. I dati di VIR possono fornire osservazioni chiave per capire il processo di trasporto dell'acqua sulla Terra.



De Sanctis et al., ApJ Lett., 2012
McCord et al., Nature, 2012, Denevi et al., Science 2012

Dawn a Cerere

I RISULTATI DEL VIR TEAM

DAWN



UCLA

JPL *Orbital*



Science

\$15
2 SEPTEMBER 2016
sciencemag.org

AAAS



DAWN EXPLORES
CERES

Dawn at Ceres: a new oceanic world

- Ceres has had a global ocean
- Ceres likely formed further away in SS -first evidence of the planet migration
- Ceres is a geological active body (volatile emissions, active cryovolcanism)
- Ceres has liquid/brines reservoirs
- Ceres is an organic rich body

→ **Primary target for astrobiology**

DAWN



UCLA

JPL



Ceres (has) had an ocean: Mineralogy of the surface dominated by aqueous alteration products

De Sanctis et al., *Nature*, 2015
Marchi et al., *Nature Astronomy*, 2019
Ammannito et al., *Science*, 2016
Carrozzo et al., *Science Adv.*, 2019
De Sanctis et al., *Nature*, 2016

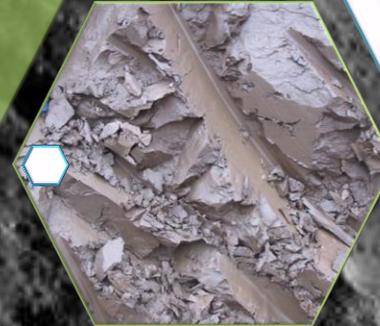
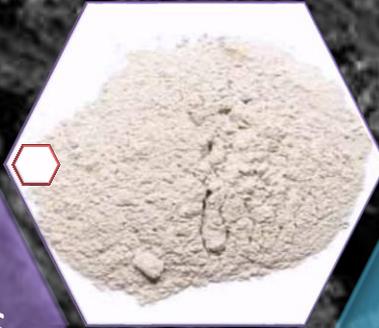
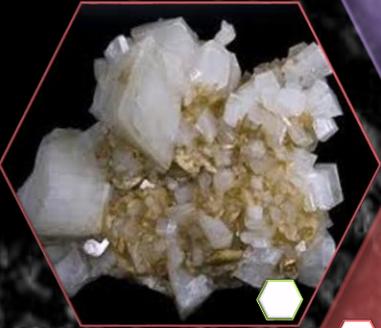
NH₄-clays

Mg-clays

Dark
phase(car
bon/mag
netite)

Mg,Ca-
carbonate

Na-
carbonate



DAWN

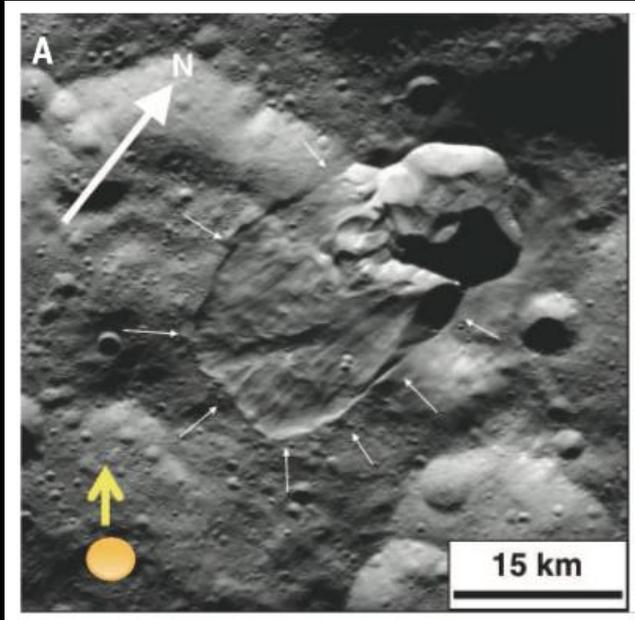


UCLA

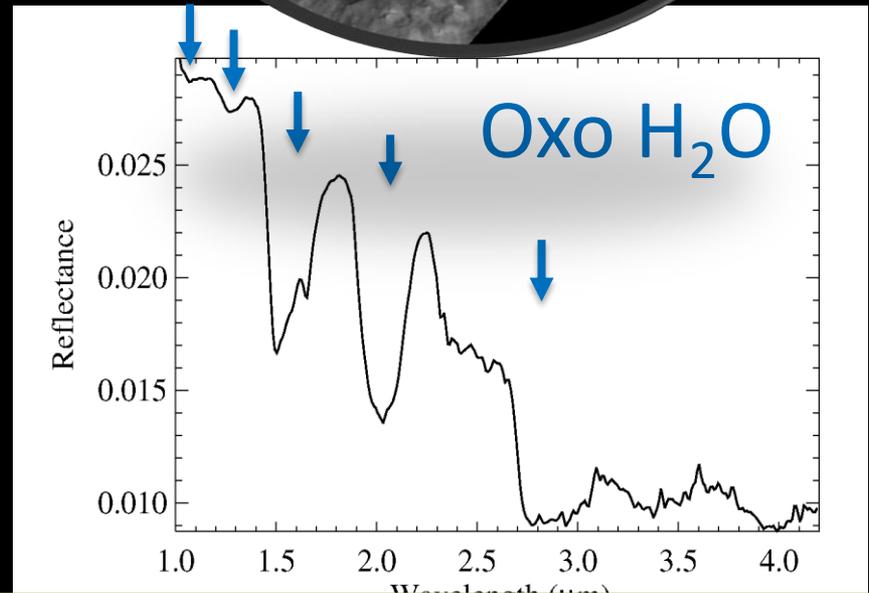
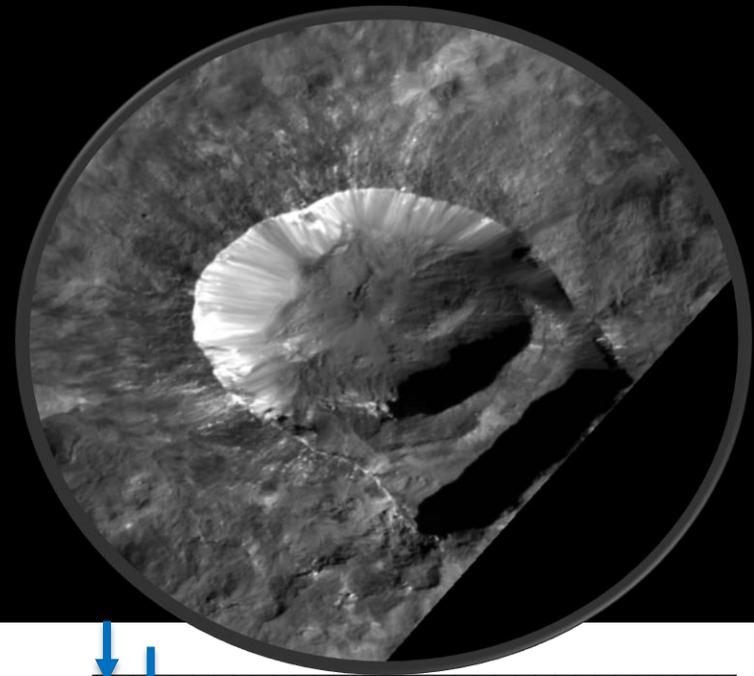
JPL *Orbital*



Water ice at the Ceres surface and flow features



Combe et al., Science, 2016,
Raponi et al., Science Adv., 2018
Buczowski et al., Science, 2016
Schmidt et al., Nature Geo. 2017



VIR/DAWN spectra of H₂O rich area in Oxo crater

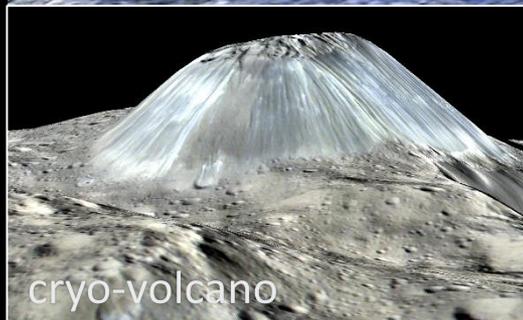
Dawn revealed Ceres to be a chemically and geologically active world



Sodium carbonates
Ammonium Salts
NaCl Salts

De Sanctis et al., Nature (2016, 2020), Raponi et al., (2018), Fu et al., EPSL, (2017)

Enceladus



DAWN



UCLA

JPL *Orbital*





REPORT

PLANETARY SCIENCE

Localized aliphatic organic material on the surface of Ceres

M. C. De Sanctis,^{1*} E. Ammannito,^{2,1} H. Y. McSween,³ A. Raponi,¹ S. Marchi,^{4,1} F. Capaccioni,¹ M. T. Capria,¹ F. G. Carrozzo,¹ M. Ciarniello,¹ S. Fonte,¹ M. Formisano,¹ A. Frigeri,¹ M. Giardino,¹ A. Longobardo,¹ G. Magni,¹ L. A. McFadden,⁵ E. Palomba,¹ C. M. Pieters,⁶ F. Tosi,¹ F. Zambon,¹ C. A. Raymond,⁷ C. T. Russell²

LETTERS

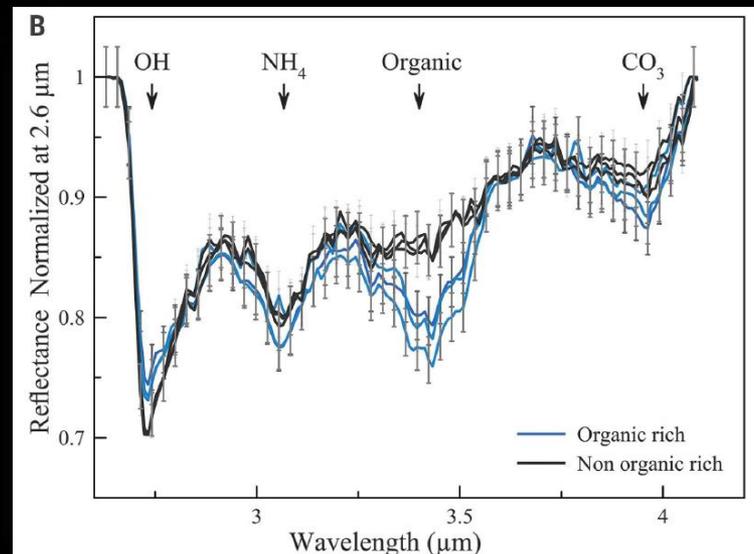
<https://doi.org/10.1038/s41550-018-0656-0>

nature
astronomy

An aqueously altered carbon-rich Ceres

S. Marchi^{1*}, A. Raponi², T. H. Prettyman³, M. C. De Sanctis², J. Castillo-Rogez⁴, C. A. Raymond⁴, E. Ammannito⁵, T. Bowling¹, M. Ciarniello², H. Kaplan¹, E. Palomba², C. T. Russell⁶, V. Vinogradoff^{2,7} and N. Yamashita³

De Sanctis et al, *Science*, 2017, De Sanctis et al, *MNRAS*, 2019, Marchi et al., *Nature Astr.* 2019, Pieters et al., 2019, Raponi et al., *Life*, 2020.



Dawn ha cambiato lo scenario di formazione del Sistema Solare confermando le teorie di migrazione dei pianeti

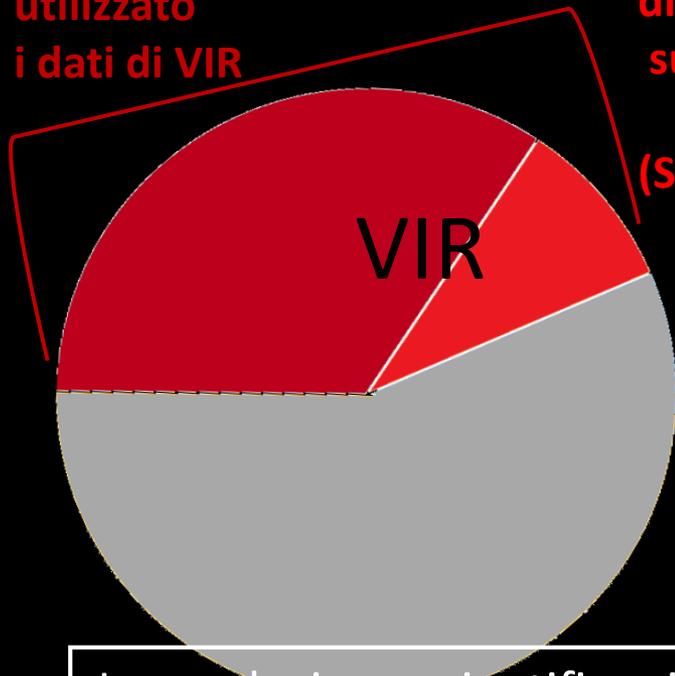
- **Vesta**: conferma dell'età di formazione (pianeta è più antico del SS) e della differenziazione – ruolo Al^{26} ; Processi di mescolamento e trasporto dell'acqua dal SS esterno a interno; Lunar cataclysm-processo avvenuto anche nella Main Belt.
- **Cerere**: formazione in zone più distanti o con materiale condensato in zone più fredde, pianeta attivo e con presenza di acqua liquida salata e organici

Cerere è un nuovo importante target astrobiologico



350 pubblicazioni peer review
(considerando solo risultati dal 2011)

150 hanno
utilizzato
i dati di VIR



di cui 30
su giornali
ad alto IF
(Science/Nature)

6700 citazioni

3560 citazioni di
risultati di VIR



di cui 2122
ad alto IF

La produzione scientifica rimane elevata a 2 anni dalla fine della missione
Grande mole di dati ancora da analizzare.
L'interesse verso i risultati di Dawn è crescente

ALTO RISCONTRO MEDIATICO DI ALCUNE PUBBLICAZIONI TARGATE VIR

Ad esempio:

REPORT

Localized aliphatic organic material on the surface of Ceres

 M. C. De Sanctis^{1,*},  E. Ammannito^{2,1},  H. Y. McSween³,  A. Raponi¹,  S. Marchi^{4,1},  F. Capaccioni¹,  M. T. C...

+ See all authors and affiliations

Science 17 Feb 2017:
Vol. 355, Issue 6326, pp. 719-722
DOI: 10.1126/science.aaj2305

Salva i tuoi segnalibri qui, nella barra dei segnalibri, per accedervi più rapidamente. [Gestisci i segnalibri...](#) Altri segnalibri

Science AAAAA What is this page? Embed badge Share **Article Metrics**

Localized aliphatic organic material on the surface of Ceres

Overview of attention for article published in Science, February 2017

797

SUMMARY News Blogs Twitter Facebook Wikipedia More...

Title Localized aliphatic organic material on the surface of Ceres

Published in Science, February 2017 View on publisher site

DOI 10.1126/science.aaj2305 ↗

Pubmed ID 28209893 ↗

Authors M. C. De Sanctis, E. Ammannito, H. Y. McSween, A. Raponi, S. Marchi, F. Capaccioni, M. T. Capria, F... [show] Alert me about new mentions

Abstract Organic compounds occur in some chondritic meteorites, and their signatures on solar system bodies... [show]

ATTENTION SCORE IN CONTEXT

This research output has an **Altmetric Attention Score of 797**. This is our high-level measure of the quality and quantity of online attention that it has received. This Attention Score, as well as the ranking and number of research outputs shown below, was calculated when the research output was last mentioned on **24 April 2021**.

ALL RESEARCH OUTPUTS	OUTPUTS FROM SCIENCE	OUTPUTS OF SIMILAR AGE	OUTPUTS OF SIMILAR AGE FROM SCIENCE
#12,519 of 17,795,994 outputs	#763 of 71,033 outputs	#386 of 270,596 outputs	#21 of 1,043 outputs

We're also able to compare this research output to 1,043 others from the same source and published within six weeks on either side of this one. This one has done particularly well, scoring **higher than 98% of its contemporaries**.

Mentioned by

- 74 news outlets
- 11 blogs
- 150 tweeters
- 14 Facebook pages
- 3 Wikipedia pages
- 6 Google+ users
- 2 Redditors
- 1 Q&A thread
- 2 video uploaders

Citations

- 107 Dimensions

Readers on

- 98 Mendeley
- 1 CiteULike

What is this page?

This page is hosted by Altmetric on behalf of Science (AAAAA). 

Main Stream INAF: Evoluzione ed alterazione del materiale organico su Cerere

Misure di laboratorio sulle interazioni fisico-chimiche del materiale organico e i minerali presenti su Cerere

- Capire come le molecole organiche di tipo alifatico si degradano su Cerere
- Valutare l'interazione tra minerali ammoniati e molecole organiche semplici per la sintesi di composti complessi.
- Valutare il ruolo dei minerali nella protezione o degradazione dei composti organici.
- **IAPS** - preparazione delle miscele e confronto con osservazioni
- **Arcetri** - irraggiamento UV e temperatura
- **Napoli** - irraggiamento con atomi e temperatura
- **Catania** - irraggiamento con ioni veloci



Team summary

- Il team si è evoluto nei circa 20 anni di attività con figure e ruoli diversi a seconda della fase di missione.
- **Qualifica:** 17 TI; 3 TD (misti); 2 AR; 1 Borsa; 3 Associati
- **Sedi:** IAPS Roma, ASI, OA Capodimonte, OA Catania, OA Arcetri
- Stima dell'inviluppo complessivo di FTE INAF dall'inizio a fine attività: 150.0
- Stima delle FTE INAF a Tempo Indeterminato dall'inizio a fine attività: 80.0
- Stima dell'inviluppo complessivo di FTE (inclusendo tutti i partners dall'inizio a fine attività): 300.0

Team INAF attuale includendo Main stream INAF: M.C. De Sanctis; A. Raponi; M. Ciarniello; A. Frigeri; S. De Angelis; S. Fonte; B. Rousseau; M. Ferrari; E. Palomba; A. Longobardo; M. Capria; F. Capaccioni, D. Fulvio; M. Palumbo; V. Mennella; J. Brucato; G. Baratta; F. Capaccioni; F.G. Carrozzo; M. Formisano; F. Tosi; F. Zambon; C. Federico; G. Magni; E. Ammannito; J. Brossier; F. Romeo

DAWN



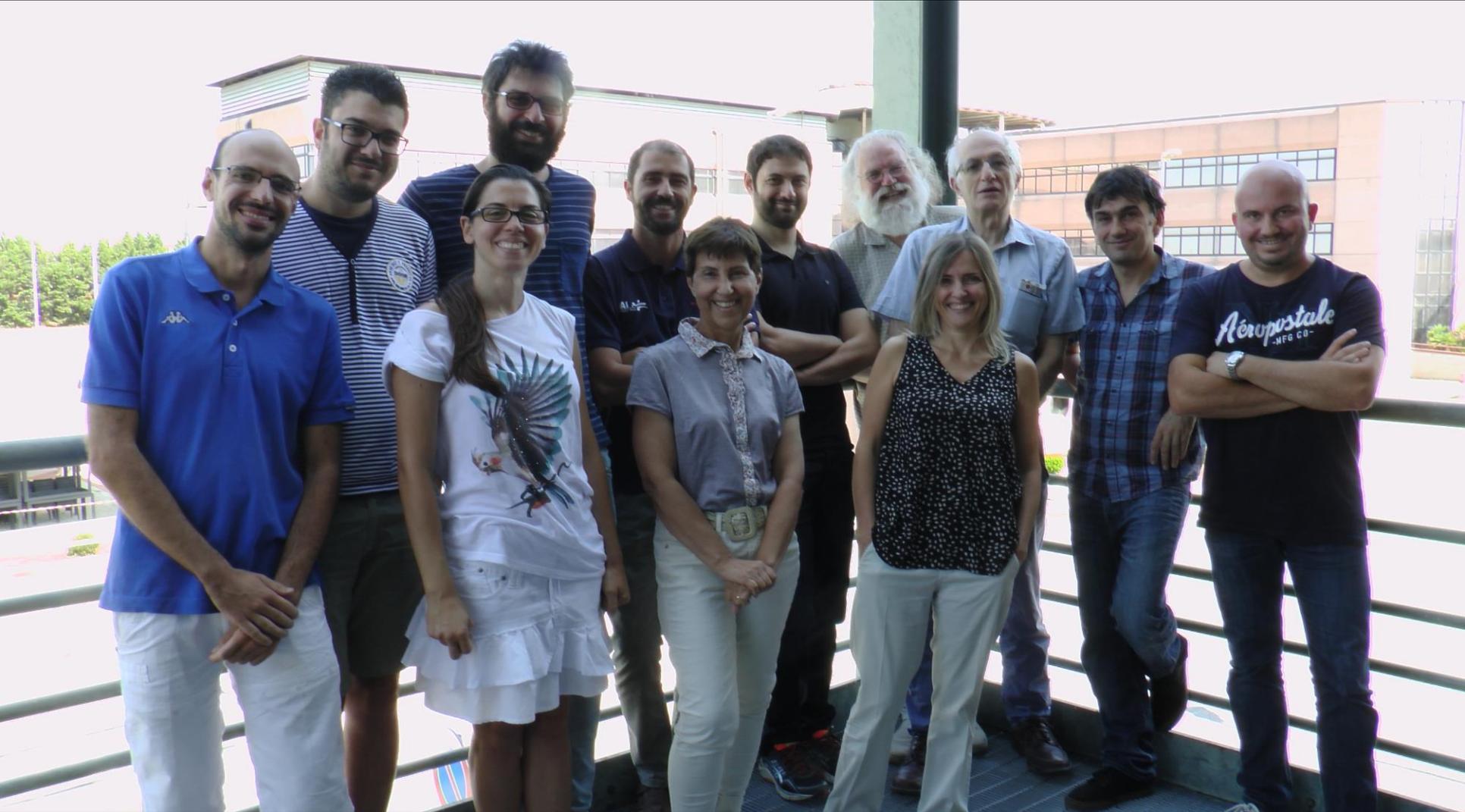
UCLA

JPL

Orbital



Team summary



DAWN



UCLA

JPL *Orbital*



Fondi pregressi e stato attuale

Il progetto è stato finanziato da ASI a partire da prima del 2000. ASI ha finanziato il progetto con numerosi contratti industriali tuttora in corso. Nel tempo:

- Stima inviluppo complessivo intera attività compreso contratti industriali:
25000 (k€)
- Stima inviluppo complessivo per la parte di attività INAF dall'inizio a fine attività:
4800 (k€)
- Stima fondi acquisiti da INAF fino al 2020 :
4500 (k€)

L'attuale accordo scade tra 1 anno e si può supporre un ulteriore piccolo finanziamento (poco probabile)

#	Provenienza	Certi 2021 (k€)	Certi 22 (k€)	Certi 23 (k€)	Presun. 2021 (k€)	Presun. 22 (k€)	Presun. 23 (k€)	Totale Certi (k€)	Totale Presunti (k€)
1	ASI	110	0	0	0	100	100	110	200
2	INAF	31.5	0	0	0	0	0	31	0

Eredità in termini di competenze

- Team con competenze varie e complementari
- Ottima reputazione in ambienti internazionali, in particolare ambienti Nasa
- Capacità nello sviluppo, operazioni e gestione in volo degli strumenti
- Capacità di analisi ed interpretazione dei dati complessi
- Modellistica ed esperimenti di laboratorio associati all'interpretazione dei dati



Sviluppi ulteriori e prospettive della missione Dawn

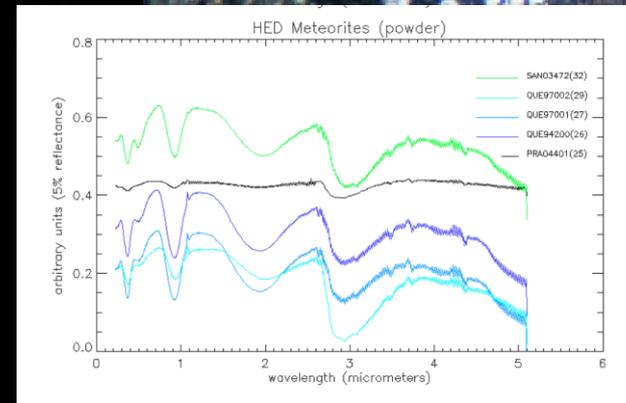
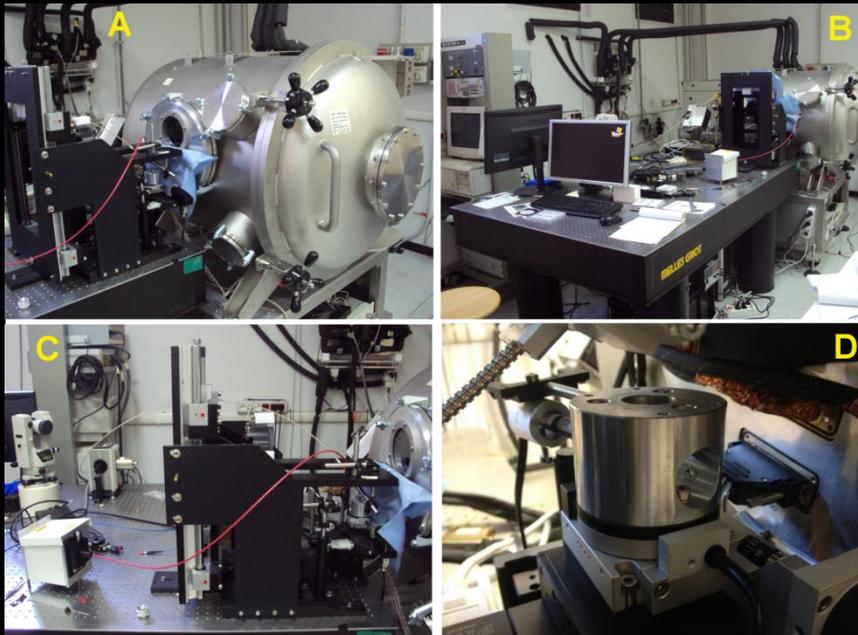
- Attività di laboratorio per la produzione e misura di analoghi (incluso Main Stream INAF)
- Linea di collaborazione con NASA per lo sviluppo di spettrometri da utilizzare per missioni future
- Osservazioni presso telescopi
- Sviluppo di modellistica numerica (modelli spettrofotometrici di superfici planetarie e modelli termofisici)
- Analisi di una grande mole di dati ancora inesplorata



- **Telescopi:** Osservazioni per la caratterizzazione degli asteroidi basaltici come Vesta utilizzando telescopi nazionali (TNG) e non (incluso HST).
- **Codici numerici:** Negli anni abbiamo sviluppato dei codici numerici complessi per la modellazione delle proprietà spettro-fotometriche di superficie planetarie e della evoluzione termofisica di interni planetari (risorse di calcolo).



Il Laboratorio in IAPS (Roma) ospita la facility **SPIM** (SPARE di VIR). E' uno strumento unico che permette di fare misure spettrali su campioni nel range 0.25-5 microns, con una risoluzione spaziale di 38 microns.



Progetto di main stream INAF per lo studio in laboratorio di analoghi di Cerere con materiale organico.



COLLABORAZIONE CON NASA PER LO SVILUPPO DI SPETTROMETRI

Il team ha una riconosciuta **competenza nella progettazione, realizzazione e gestione di spettrometri ad immagini** in campo planetologico che si è tradotta in molteplici PI-ship su missioni ESA e NASA. Le nuove missioni, soprattutto quelle da Lander/Rover, richiedono strumenti sempre più performanti e al contempo più piccoli e leggeri.

Al momento sono in atto **collaborazioni con NASA** per le prossime missioni Discovery a Cerere, e New Frontiers ad Enceladus.

L'esperienza maturata nel tempo ci permette di essere molto ben recepiti in ambito internazionale e rimane una **eredità importante per l'INAF e per la filiera nazionale.**



Relative al progetto e allo sfruttamento scientifico dei dati:

- Archivio: è necessario gestire e mantenere l'archivio dati, in vista di ulteriori miglioramenti della calibrazione, e per la consegna dei dati al PDS
- Finanziamenti per l'analisi dei dati: una volta finito il finanziamento dedicato ASI lo sfruttamento dei dati scientifici (pubblici) deve essere finanziato da INAF per evitare la dispersione delle competenze acquisite.

Relative al mantenimento dei laboratori

- Mantenimento dell'Hardware di laboratorio (SPIM facility). Il suo mantenimento è stato a carico ASI ma si prevede che una volta finito il finanziamento dedicato a Dawn, questa dovrà essere presa in carico da INAF sia per il mantenimento ordinario sia per eventuali migliorie e aggiornamenti.
- Finanziamenti dedicati- personale di laboratorio (tecnici/ tecnologi)

Mantenere la **leadership** acquisita sulla tecnologia degli spettrometri ad immagine e sull'analisi dei dati spettrali.

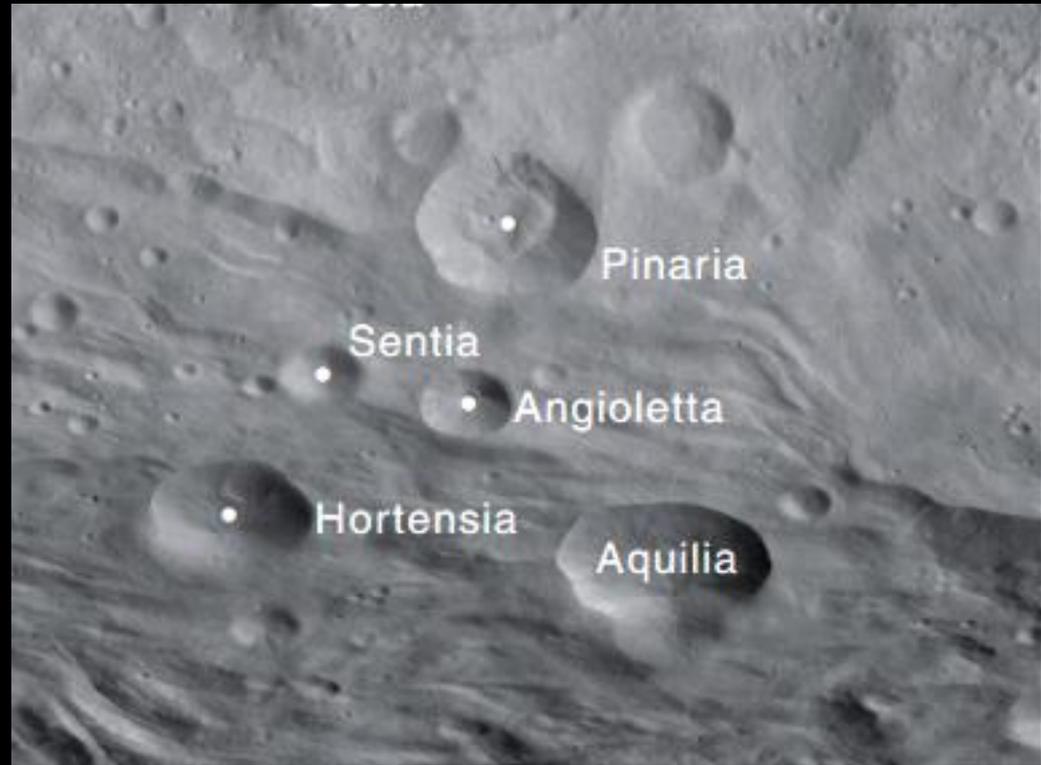
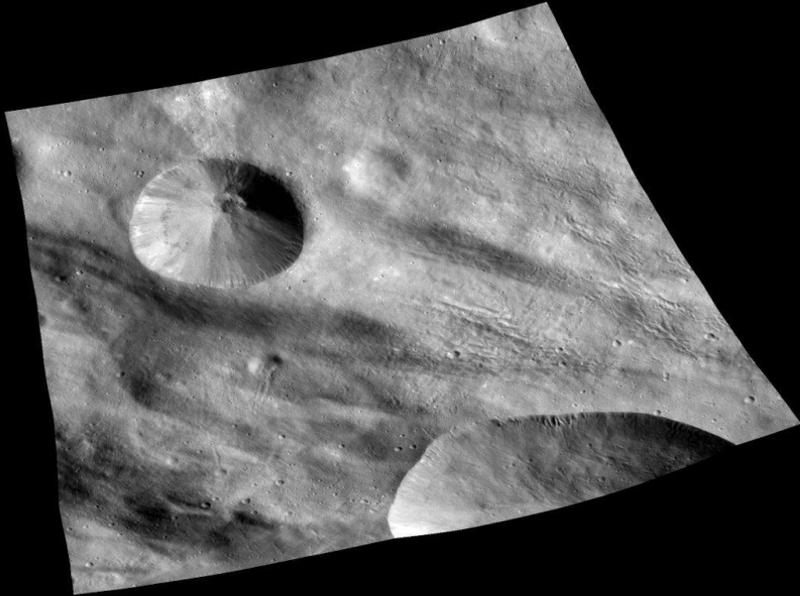
Per poter rimanere un punto di riferimento in questo ambito scientifico tecnologico l'INAF deve investire sia nel **personale con ricercatori** dedicati a mantenere e sviluppare ulteriormente queste competenze sia con **risorse finanziarie** per lo sviluppo di nuove tecnologie in questo ambito.

Personale: investimenti sulla formazione di giovani che possano usufruire delle competenze acquisite dal team nei vent'anni precedenti e che possano portare avanti un filone di ricerca di eccellenza in astrofisica.

- Percorsi di dottorato – assegni di ricerca
- Passaggi di livello



Cratere Angioletta su Vesta



DAWN



UCLA

JPL *Orbital*



La missione Dawn: all'alba del sistema solare

M. Cristina De Sanctis
and the VIR team

