

Esploriamo Marte

di Massimo Morroni (2008)



Il nostro viaggio sul pianeta Marte, reso possibile dai risultati delle missioni satellitari, prenderà in considerazione tre aspetti della superficie del pianeta: le formazioni tettoniche, le strutture formate dall'acqua ed i crateri da impatto.

LE FORMAZIONI TETTONICHE



Su Marte si rilevano due tipologie di terreno marcatamente diverse. La maggior parte dell'emisfero settentrionale è costituita da pianure vulcaniche piuttosto piatte e depresse. L'emisfero meridionale, invece, che è più antico, è un tipico altopiano a crateri. Il limite tra i due è una linea immaginaria inclinata di 30° circa rispetto all'equatore.



Un grosso rigonfiamento nell'emisfero occidentale, noto come dorsale Tharsis, racchiude vulcani di varie forme e dimensioni: dai larghi vulcani a scudo ai più piccoli duomi. Tre vulcani formano un allineamento e insieme costituiscono la catena montuosa dei monti Tharsis.

Il monte Pavonis, situato all'equatore, è al centro dei tre. E' un vulcano a scudo, con una base ampia (diametro 375 chilometri) e fianchi franosi, ed è simile ai vulcani hawaiani. La sua età è di 300 milioni di anni. La cima del vulcano si trova 7 chilometri sopra la pianura circostante ed ha una singolare caldera dentro una lieve depressione il doppio più larga, che ha pareti a faglia.



Una concatenazione di abissi giace in una bassa fossa sul fianco inferiore orientale. Gli abissi e le fosse si sono formati sia perché il terreno è stato spostato da movimenti tettonici sia per la risalita della roccia fusa.



I profondi canali sul lato meridionale del vulcano potrebbero essere stati, in origine, canali di lava sotto la superficie, le cui volte sono franate quando su di esse si sono formate delle cavità.



E' il più settentrionale dei monti Tharsis, che si trovano sulla cresta di una dorsale e costituiscono un allineamento in direzione sud-ovest nord-est. I tre vulcani si accrebbero per graduale sovrapposizione di migliaia di colate laviche eruttate attraverso la zona delle fosse.

Asraeus è il vulcano più alto dei tre e si innalza di 18 chilometri sulla pianura circostante. Il suo diametro è di 460 chilometri; l'età è di 100 milioni di anni. Ha un



gran numero di canali tutto intorno al bordo della caldera, che mostrano il cammino seguito dalla lava. La caldera è costituita da 8 depressioni principali ed ha l'aspetto di un nido.



Per volume è secondo solo al possente monte Olympus. Ha lo stesso diametro del monte Asraeus (460 chilometri). E' il più meridionale dei tre vulcani dei monti Tharsis e la sua sommità svetta di 9 chilometri sulla piana circostante.

Come gli altri due ha una caldera sommitale più grande di qualsiasi caldera terrestre, larga 120 chilometri, ed è circondato da faglie ad arco. Le colate laviche sono disposte a ventaglio lungo i pendii pianeggianti del vulcano.



Questo affioramento di rocce stratificate giace in un abisso sul fianco inferiore occidentale del vulcano. Si pensa che gli strati siano costituiti di colate laviche successive.



Questo meteorite atterrò in India il 25 agosto 1865. Proviene dalla regione Tharsis. Essa è ricoperta di lava basaltica solidificata. Alcuni frammenti di lava, fluita sulla superficie marziana circa 180 milioni di anni fa, si trovano ormai sulla Terra. Infatti, gli asteroidi che hanno colpito Marte, li hanno proiettati lontano dalla superficie e, dopo viaggi durati milioni di anni, sono giunti sulla Terra sotto forma di meteoriti.



Si tratta senza dubbio del più grande vulcano del Sistema Solare. E' sicuramente il vulcano più alto, grazie ai suoi 24 chilometri, ma anche per volume supera di oltre 50 volte qualsiasi vulcano a scudo terrestre. Esso è il gigante dei vulcani a scudo della regione Tharsis, dove si trova il maggior numero di vulcani marziani, inclusi i più giovani del pianeta, come appunto l'Olympus.



Il complesso della caldera sommitale è circondato da ampi terrazzi costituiti da colate laviche, intervallate a colate più sottili, circoscritti da una ripida scarpata alta fino a 6 chilometri. La caldera è larga 52 chilometri.



Questa area del fondo della caldera risale invece a circa 200 milioni di anni fa.



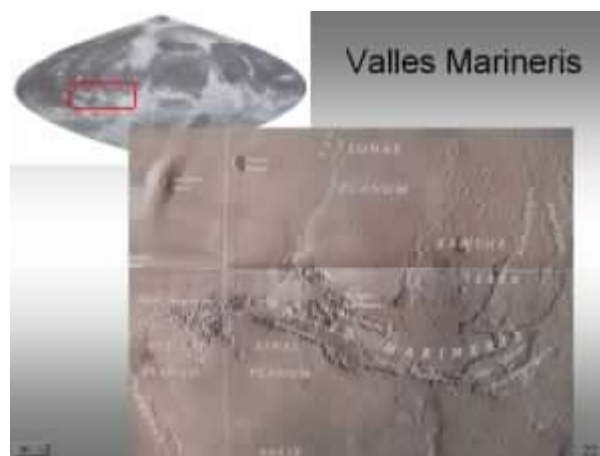
La scarpata, che circonda la sommità, è stata soggetta a molte e grandi frane.



Queste colate di lava e il tubo lavico collassato (in alto a sinistra) sul fianco sudoccidentale del vulcano sono punteggiati da crateri da impatto.



Sul fianco occidentale del vulcano riconosciamo formazioni tettoniche familiari, ma in scala maggiore rispetto a quelle terrestri. Questa scarpata è alta 7 chilometri.



E' la formazione tettonica più vasta su Marte. E' costituita da un sistema di canyon che si estende per oltre 4.000 chilometri, per una larghezza fino a 700 chilometri ed una profondità media di 8. Il Grand Canyon, in Arizona, in confronto è un nano, lungo solo un decimo e profondo un quinto. La Valles Marineris si estende appena a sud dell'equatore in direzione ovest-est.

La direzione segue un sistema di fratture che si irradiano dalla dorsale Tharsis, dove si trova il margine occidentale della Valles. Le origini del sistema risalgono a circa 3,5 miliardi di anni fa, quando i canyon si stavano formando per deflaggiamento. Ciò li differenzia dal Grand Canyon, che è stato essenzialmente eroso dall'acqua. Ma anche nello sviluppo della Valles, l'acqua ed il vento hanno giocato un ruolo importante: venti impetuosi, acque correnti e il crollo di pareti instabili hanno ampliato e approfondito il canyon.



La regione del Noctis Labyrinthus segna il confine occidentale del sistema. Si tratta di un'area grosso modo triangolare di vallate che si intersecano e formano un complesso di labirinti. Qui troviamo terreni caotici a terrazzi, d'aspetto apparentemente irregolare.



I canyon del sistema sono stati definiti chasma (in greco "abissi") e sono identificati da nomi specifici. L'abisso principale della zona occidentale è Ius.



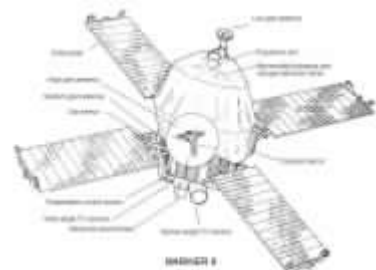
Il complesso centrale è formato da tre canyon paralleli: Ophir, Candor e, a sud, Melas Chasma.



Il lungo Coprates Chasma si estende verso est, dove incontra il più ampio Eos Chasma.



Il nome dell'intero sistema, Valles Marineris, significa "Valli del Mariner" con riferimento al Mariner 9 (lanciato nel 1971), che ha cartografato l'intera superficie marziana e ripreso le prime immagini ravvicinate dell'area.



Sonde più recenti, come Mars Global Surveyor e Mars Express, hanno fornito coperture più dettagliate. Per esempio le loro immagini hanno rivelato rocce stratificate nelle pareti dei canyon, che potrebbero essere i profili di varie colate laviche.



Questa piccola mesa (rilievo roccioso con sommità piatta e pendii molto scoscesi) si trova nel Chandor Chasma nord-occidentale, al centro della Valles Marineris. In alto sono visibili affioramenti di rocce sedimentarie stratificate di tonalità chiara, formatesi da materiale depositatosi in un lago nell'abisso. Le pianure circostanti sono ricoperte da ondulazioni più scure prodotte dai venti.



Un dettaglio del fondo di Chandor Chasma mostra rocce sedimentarie stratificate. Sono stati contati fino a 100 strati, ognuno di 10 metri di spessore. Gli strati potrebbero essersi formati da materiale depositatosi in un cratere da impatto prima della formazione dell'abisso.



Nel corso di miliardi di anni, Ophir Chasma si è allargato e le sue pareti sono collassate e franate verso il fondo, ricoprendolo di detriti.

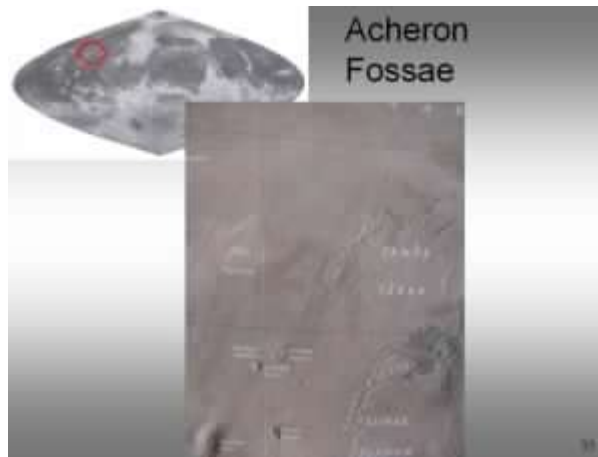


Ci troviamo nella parte orientale della Valles, precisamente in Eos Chasma: l'acqua è fluita attraverso questo largo abisso fuori della Valles e in una serie di vallate e canali.



I venti soffiano nei canyon trasportando polvere. La nube di polvere rosata (a sinistra) si sta muovendo verso nord attraverso la giunzione di Ius Chasma e Melas Chasma. Le nubi bluastre sulla destra sono di ghiaccio d'acqua.





E' una zona in rilievo che in passato è stata sottoposta a intensa attività tettonica. Segna il margine settentrionale della dorsale Tharsis ed è localizzata circa 1000 chilometri a nord-est del Monte Olympus.

Acheron fa parte di un sistema di fratture che si irradiano da Tharsis stessa, una vasta regione di sollevamento ed attività vulcaniche. Potrebbe essere paragonato alla Rift Valley sulla Terra, luogo di separazione tra placche continentali.



Un sistema di faglie che taglia un antico cratere da impatto rende evidenti le tensioni subite dalla crosta marziana. Il fondo del cratere è stato rimodellato da materiale esterno.



La crosta del pianeta è tagliata da faglie parallele e forma dei blocchi abbassati tra faglie parallele (*graben*) profondi fino a 1,7 chilometri. I residui dei rilievi precedenti sono detti *horst*.



Questo è un dettaglio dei pendii ripidi e chiari di una scarpata. Le strisce scure sul fronte della scarpata possono essersi formate quando il manto di polvere che ricopre la regione è smottato in valanghe di polvere.



Apollinaris è uno dei più grandi sul pianeta (diametro 296 chilometri), situato sul margine settentrionale della Cimeria Terra, pochi gradi sotto l'equatore. E' l'unico vulcano maggiore posto lontano dalle due regioni vulcaniche principali di Tharsis e Elysium.

Questo è un esempio di tipologia vulcanica identificata per la prima volta su Marte. Noti come vulcani a pàtera (scodella), hanno pendii molto dolci. E' un ampio



vulcano, grossolanamente a scudo, che ricorda un piatto rovesciato. E' alto solo 5 chilometri ed ha una caldera di circa 80 chilometri di diametro.

Un gruppo di mese si è formato per interrimenti ed erosioni della superficie di un'area a nord di Apollinaris. La polvere portata dal vento ha riempito gli avvallamenti tra le mese.



E' costituita da una serie di fratture lineari in direzione nord-ovest sud-est, che segnano il confine meridionale della dorsale Tharsis. E' localizzata sotto il limite occidentale di Valles Marineris, a sud dell'equatore. Separa due pianure vulcaniche: Daedalia Planum ad ovest e Solis Planum ad est. La regione è larga circa 150 chilometri nella parte settentrionale e 550 in quella meridionale.

Le singole fratture hanno larghezze variabili da pochi chilometri a decine di chilometri. Sono il risultato degli enormi sforzi associati alla formazione della dorsale Tharsis.



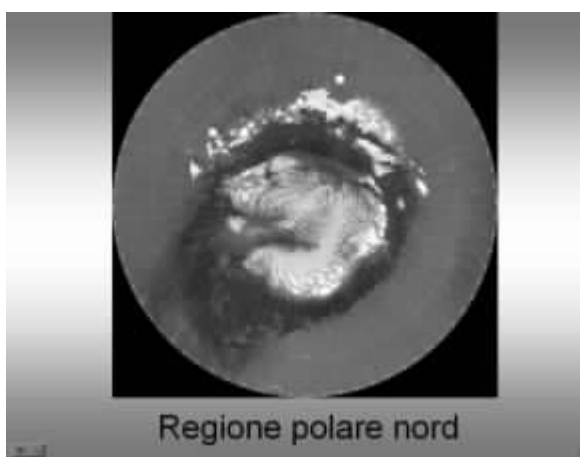
La parte orientale di Claritas Fossae (a sinistra) incontra la parte occidentale di Solis Planum (a destra). La lava è fluída da Solis Planum su alcuni terreni più antichi di Claritas Fossae e circonda alcuni dei terreni più elevati.



LE STRUTTURE FORMATE DALL'ACQUA



L'acqua, in forma sia liquida sia solida, ha modellato la superficie marziana. Dal paesaggio di Marte emergono valli simili a giganteschi canali. Alcuni sono stati formati da acque veloci, altri da acque che scorrevano più lentamente attraverso un intrico di valli fluviali, altri sono ancora ricoperti dai ghiacciai.



Sulla scura superficie di Marte risaltano due calotte polari chiare. Quella centrata circa al Polo nord si chiama Planum Boreum (pianura settentrionale), sebbene venga di solito detta calotta polare settentrionale.

Sia questa calotta che quella meridionale sono facilmente visibili da Terra, ma le sonde spaziali le hanno sorvolate e ne hanno monitorato le variazioni diurne, stagionali e di lungo termine.



La calotta polare settentrionale è un rilievo, dominato dai ghiacci, che si estende per vari chilometri al di sopra dei territori circostanti. E' formata da ghiaccio d'acqua perenne, periodicamente ricoperto da anidride carbonica ghiacciata.

Una frattura nella calotta, ad un'estremità di Chasma Boreale, larga 14,5 chilometri, rivela gli strati più antichi e scuri, che contengono sabbia. Gli

strati più chiari superiori, più uniformi, sono forse costituiti da ghiaccio e polveri.

Queste strutture poligonali, simili a quelle delle regioni polari terrestri, disegnano una parte del paesaggio polare marziano. Sulla terra sono il risultato di continui cicli di gelo e disgelo.

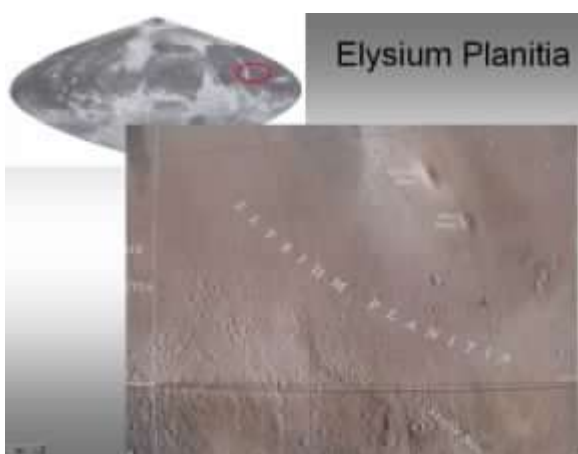


E' una delle vaste pianure coperte di lava dell'emisfero settentrionale.

Dall'alto è possibile osservare strutture complesse, fratture poligonali e crateri che segnano la pianura. Nella foto, una frattura tra le strutture poligonali rivela ondulazioni chiare, formate dal vento sui sedimenti.



Sulla superficie il paesaggio è uniforme, piatto e punteggiato di rocce, per quanto si è osservato nella zona nord-orientale di Utopia, dove è atterrato il Viking 2 il 3 settembre 1976.



Si tratta di una vasta pianura ricoperta di lava, per un'estensione di 3.000 chilometri, appena a nord dell'equatore.



Sembra che la zona appena a sud del vulcano Elysium Mons sia un mare ghiacciato ricoperto di polveri. E' dominata da forme irregolari, che sembrano gli iceberg terrestri osservati al largo dell'Antartide; nella foto appaiono scuri. La presenza di pochi crateri da impatto indica che l'area ha un'origine recente.



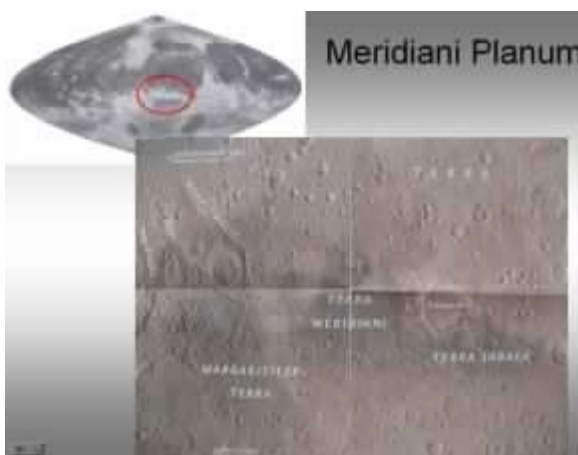
Inizia in Lunar Planum, immediatamente a nord di Valles Marineris, poi si snoda attraverso Chryse Planitia. Lungo il percorso si trovano antiche isole formate dalla corrente.

Il termine giapponese Kasei significa Marte, e dà il nome al maggior canale di deflusso. Ha una lunghezza di 1780 chilometri, una larghezza di 200 ed una profondità di 3. Le inondazioni che hanno formato questo canale sono state più intense di qualsiasi evento paragonabile sulla Terra e su Marte. Nella foto, i colori scuri indicano sedimenti; l'immagine è offuscata dalla polvere atmosferica.



Questo importante canale di deflusso si trova in un'area piuttosto pianeggiante, una piana alluvionale. Verso sud non sono visibili sorgenti, ma è chiaro che il deflusso andava in direzione nord, attraverso Xanthe Terra, prima di un arresto improvviso.

La valle sembra essere stata sottoposta a vari periodi di inondazioni. Dapprima i fiumi a meandri avrebbero formato laghi "a corno di bue". Poi i fiumi si sarebbero ritirati lasciando i terrazzi che si osservano attualmente fra i canali principali e la pianura sovrastante. La gola al centro del canale indica il flusso finale dell'acqua.



Nella zona più occidentale di Meridiani Terra, appena a sud dell'equatore e prossima alla longitudine 0°, si estende l'altopiano Meridiani Planum. Siamo circa 15° ad ovest del cratere Schiaparelli. Non è una delle strutture più rilevanti di Marte, ma è noto per essere stato il punto di atterraggio del rover Opportunity nel 2004.



Tutta l'area è punteggiata da crateri d'impatto minori. I loro diametri vanno da 41 chilometri di Airy ai 22 del cratere Eagle, che vediamo nella foto, con i resti dello scudo termico (a sinistra ed al centro) e la polvere smossa dall'atterraggio. L'area, attualmente arida, potrebbe essere stata un antico lago o un mare, circa 3,7 miliardi di anni fa, quando Marte doveva essere più caldo e umido.



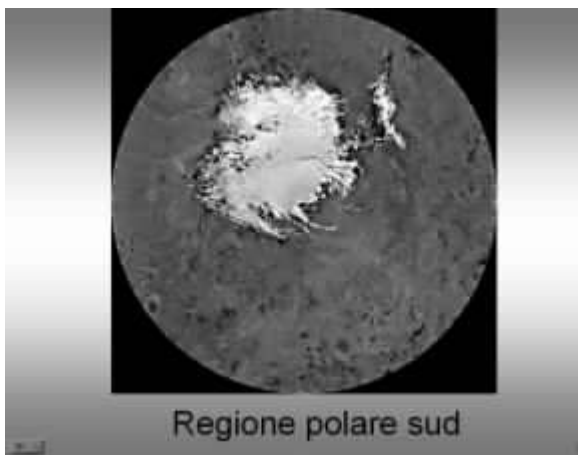
Reull Vallis

E' uno dei canali più larghi dell'emisfero meridionale. Si estende attraverso la zona settentrionale di Promethei Terra, ad est del bacino Hellas.

Si pensa che abbia avuto un'evoluzione complessa, in quanto mostra tutte e tre le tipologie dei canali marziani. Per esempio, nella zona collassata, a sud del vulcano Hadriaca Patera, vi è un tipico canale di deflusso.



Piccoli tributari alimentano il canale principale: nella foto il tributario Teviot Vallis (a destra) che entra nel Reull. Le strutture parallele nell'alveo eroso hanno probabilmente origine glaciale. Il nome Reull significa Marte in lingua gaelica, parlata dagli antichi celti.



Regione polare sud

La calotta polare sud, nota come Planum Australe, è un rigonfiamento dominato dal ghiaccio spesso vari chilometri. E' costituito da tre parti diverse. La prima è la calotta polare, centrata circa sul polo sud: è una coltre perenne di ghiaccio d'acqua (che si intravede sulla sinistra nelle zone meno chiare), ricoperto da anidride carbonica ghiacciata (la parte chiara più estesa nella foto).

Nei pressi vi sono scarpate di ghiaccio d'acqua che collegano la calotta alle pianure circostanti, come si vede nella foto. Infine, centinaia di chilometri quadrati di permafrost (suolo permanentemente gelato in profondità) circondano la regione.



Canaloni nella Nirgal Vallis

Questa foto dimostra l'esistenza di corsi d'acqua su Marte in qualche periodo della sua storia.



Almeno 14 torrenti, ciascuno lungo un chilometro, scendono lungo i pendii meridionali della valle, per terminare in conoidi di deiezione (ammassi di sedimenti), che ricoprono campi di dune visibili nella parte inferiore della foto.

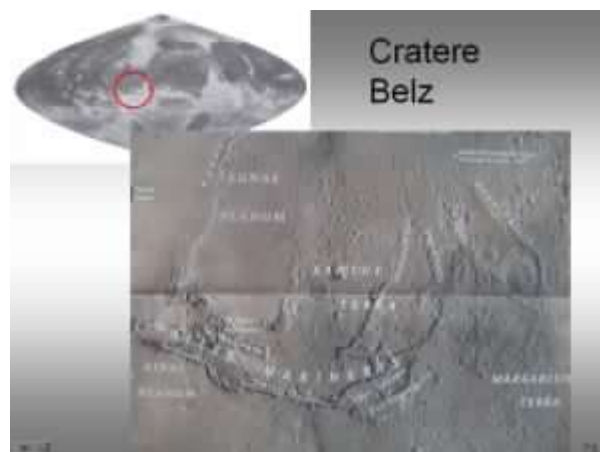


Il confronto fra la foto di sinistra, scattata nel 1999, e quella di destra, ripresa nel 2005 dalla sonda Mars Global Surveyor, rivela per la prima volta che l'acqua scorre ancora occasionalmente sulla superficie marziana. Dato che la temperatura e la pressione sono bassissime, si ipotizza che l'acqua possa rimanere allo stato liquido, abbastanza a lungo dopo essere sgorgata, trasportando i detriti prima di ghiacciare.

I CRATERI DA IMPATTO



La superficie di Marte è butterata da decine di migliaia di crateri, ad un migliaio dei quali è stato assegnato un nome. Sono di vario genere, da quelli piccoli a forma di ciotola con meno di 5 chilometri di diametro fino ai bacini con centinaia di chilometri di estensione.



I crateri con flusso di materiale eiettato si trovano solo su Marte: Belz ne è un esempio perfetto. Sono piccoli (Belz ha un diametro di 10 chilometri), con pareti innalzate a bastioni e materiali eiettati che sembrano essere fluiti dal cratere.

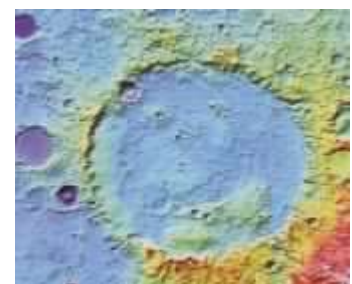


Si tratta di un cratere praticamente irriconoscibile, del diametro di 386 chilometri. In parte è sepolto da detriti e ha piccoli crateri da impatto sulla cima. Due di questi, nei pressi del centro di Tikhonravov, presentano macchie sabbiose scure, dette "le sopracciglia di Tikhonravov".



Questo cratere prende il nome dall'astronomo Giovanni Schiaparelli (1835-1910), che dedicò la maggior parte della sua vita allo studio di Marte. E' un cratere praticamente circolare, come la maggior parte dei crateri marziani. Esso tocca l'equatore ed è il cratere più largo di Arabia Terra, misurando 471 chilometri di diametro.

I falsi colori indicano l'altitudine: il fondo si trova alla stessa quota dei terreni circostanti; i depositi più elevati sono in verde; il bordo degradato (in giallo) è un chilometro più alto del fondo.



All'interno del Cratere Schiaparelli, vediamo un cratere minore da impatto, sul cui fondo si trovano strati di antichi sedimenti erosi ed esposti all'azione del vento.

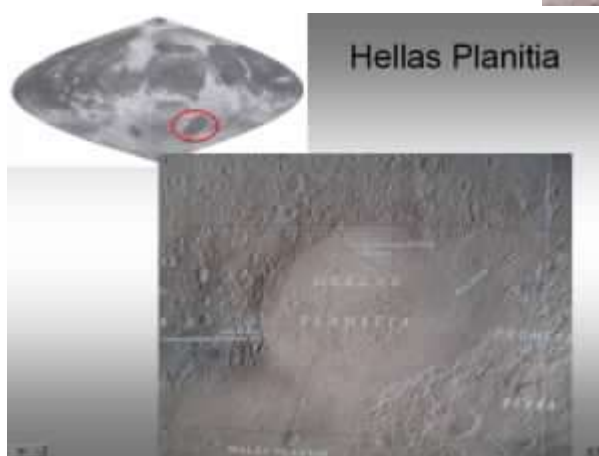


E' uno dei crateri da impatto più grandi negli altipiani meridionali, col diametro di 470 chilometri.

Si è formato in un periodo di intenso bombardamento, circa 4 miliardi di anni fa, cioè entro i primi 500 milioni di anni di vita del pianeta. L'età di questi crateri viene determinata dai crateri presenti sul bordo.



Sul fondo del cratere si sono formate colline dalla cima appiattita, dette mese, per erosione differenziale di materiale più tenero posto sotto ad uno più resistente.



Il bacino Hellas è il cratere da impatto più grande su Marte, con 2.200 chilometri di diametro, e probabilmente nell'intero Sistema Solare. Si tratta della struttura superficiale predominante dell'emisfero meridionale (da -30° a -60° di latitudine). E' detto bacino, e non cratere, essendo molto largo e degradato, in analogia ai mari della Luna.



Durante gli ultimi 3,5-4 miliardi di anni, il bacino Hellas è stato riempito da colate laviche sul fondo ed è stato rimodellato dal vento, dall'acqua e da nuovi crateri.



In una regione erosa, a nord-est del cratere, si trovano rocce sedimentarie stratificate, formatesi in un secondo tempo. La superficie è segnata da ondulazioni scure formate dal vento.



I crateri da impatto su Marte sono stati identificati per la prima volta nel 1966, grazie a 22 immagini del Mariner 4. Il cratere Nansen, che prende il nome dall'esploratore norvegese, è stato il primo. Da allora le sonde continuano ad individuare nuovi crateri.

Il Viking ha fornito questa immagine nel 1976. Questo cratere, del diametro di 81 chilometri, mostra segni di erosione: le pareti sono state levigate dal vento. All'interno si è formato un cratere più piccolo e recente.



E' il terzo cratere per dimensioni su Marte; misura infatti 800 chilometri di diametro, e viene dopo Hellas Planitia e Isidis Planitia.

Il suo fondo, riempito da lava, è stato fortemente eroso da vento ed acqua; nella zona nord-occidentale contiene un campo di dune scure. Si pensa che in passato Argyre sia stato raggiunto da acqua di fusione della calotta polare sud.



Ghiaccio, principalmente di anidride carbonica, che ricopre i Charitum Montes all'inizio del giugno 2003. In quel periodo la calotta polare ghiacciata si era ritirata verso sud da circa un mese.



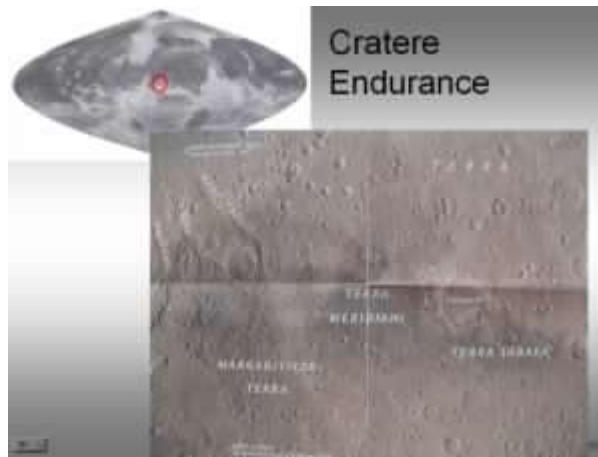
L'erosione ha modificato il cratere Lowell, del diametro di 203 chilometri, fin dalla sua formazione. I margini di entrambi gli anelli, interno ed esterno, sono stati smussati e i materiali più fini eiettati sono stati allontanati dal vento.



Si tratta di un cratere d'impatto meteoritico scavato nella bassa e liscia pianura di Elysium Planitia.

Un anello di materiale roccioso, spinto in alto dall'esplosione dell'impatto, circonda il cratere largo 2,7 chilometri. Gli *ejecta* appaiono più spessi del solito e presentano un'inconsueta solcatura radiata, che suggerisce la presenza di acqua quando il cratere si formò.





Questo piccolo cratere, del diametro di soli 130 metri, è il più esplorato ed investigato. All'inizio del 2004 non aveva neppure un nome, mentre verso la fine dell'anno era noto ogni suo particolare.

Il rover Opportunity, atterrato nel vicino altopiano Meridiani Planum, lo analizzò sotto tutti i punti di vista. Endurance prende il nome dalla nave che portò in Antartide l'esploratore irlandese Shackleton (1874-1922).

E' un cratere circolare, grande circa come un campo di calcio, circondato da un bordo di ripide scogliere. Le pareti interne si raccordano dolcemente al fondo del cratere, profondo 20-30 metri.

Opportunity ha dedicato circa sei mesi all'esplorazione di Endurance; nella foto le tracce lasciate dalle ruote del rover.

Il veicolo ha iniziato spostandosi intorno al bordo meridionale del cratere, dove ha attraversato una regione denominata Karatepe e poi ha percorso il bordo di Burns Cliff. E' ritornato indietro per entrare nel cratere al margine sud-occidentale. Scendendo lungo le pareti, ha analizzato rocce e terreni.

Si è poi diretto verso il centro del cratere, ma è arrivato prima della metà e poi è tornato indietro, per non restare intrappolato nella sabbia. Infine è uscito dal cratere per dirigersi nella pianura circostante, Meridiani Planum.



E' stata analizzata la composizione di varie rocce sul fondo del cratere, tra cui quelle chiamate Escher, Virginia e Wopmay (nella foto, larga un metro). Il materiale fine ed altri indizi suggeriscono che l'acqua ha interessato la superficie di Marte prima e dopo la formazione di Endurance.

