

## **Marte e i suoi segreti**

*Appunti per una conferenza*  
a cura di **Giuliano Gallazzi**

*La creazione di questa sezione, dedicata interamente a Marte, e' frutto di un attento ed accurato lavoro di approfondimento riguardante il pianeta rosso e riassume i contenuti delle varie conferenze tenute dall'autore. Per una maggior facilita' di lettura, gli argomenti sono stati suddivisi in tre grandi sezioni (Com'è, Com'è stato, Come potrà essere), ognuna delle quali fornita di sotto-sezioni, tutte rigorosamente in ordine cronologico.*

### **Perché Marte?**

***Perché rappresenta indiscutibilmente il pianeta più simile alla Terra nel nostro sistema solare*** (l'inclinazione dell'asse marziano =  $24,935^\circ$ , l'inclinazione dell'asse terrestre =  $23,5^\circ$  - compie una rotazione attorno al proprio asse in 24h, 39m e 36s mentre la Terra la compie in 23h, 56m e 5s – ha i fenomeni di precessione, ha quattro stagioni e presenta caratteristiche simili alla Terra quali: schiacciamento ai poli, calotte ghiacciate, montagne, deserti, tempeste di polvere ecc.) ed anche perché più di ogni altro pianeta ci lascia sperare in qualche eventuale forma di vita. Anche se assolutamente gelido ed invivibile oggi, esistono le prove che un tempo fosse vivo, con fiumi ed oceani e godesse di clima ed atmosfera del tutto simili a quelli della Terra. Per cui, sia che abbia ricevuto semi di vita da comete cadute, sia che la vita sia nata spontaneamente ed accidentalmente, o anche che esso possa essere stato 'terraformato' dall'esterno, è ragionevole sperare di poter trovare su Marte quelle stesse tracce che accesero la vita sulla nostra Terra, circa 3,9-3,6 miliardi di anni fa, quando le condizioni dei pianeti erano simili.

# Com'è

## Introduzione

Il pianeta Marte presenta suolo, rocce e cielo a tinte rosse e rosa. Il nome gli fu attribuito dai Romani in onore del Dio della guerra ma spetta agli antichi Egizi la denominazione di 'pianeta rosso' per la quantità di ematite diffusa su tutta la superficie, per la presenza di limonite ma, più in generale, per l'ossidazione del ferro presente nel materiale eroso.

Prima dell'esplorazione spaziale Marte era considerato, fra tutti i pianeti, il maggior candidato ad ospitare la vita extraterrestre (si notarono infatti, soprattutto da parte degli astronomi Schiaparelli e Lowell, canali di irrigazione e apparenti mutamenti di colore stagionali sul pianeta dovuti, si pensava, a condizioni climatiche che facevano fiorire e successivamente morire la vegetazione marziana. Fu leggendo 'Le planete Mars' dell'astronomo francese Flammarion, che Lowell apprese l'esistenza di canali d'irrigazione precedentemente identificati da Schiaparelli).

Grazie alle idee di questi tre astronomi, verso la fine del XIX secolo l'interesse per Marte salì vertiginosamente e, fino alla seconda metà del XX secolo, si diffuse molto sia tra i profani che tra gli scienziati la convinzione che Marte potesse essere un pianeta, se non abitato, per lo meno abitabile.

Questo grande ottimismo fu annientato di colpo quando, a metà degli anni '60, sonde spaziali inviarono immagini di Marte che lo ritraevano come luogo senza vita, sterile, arido, ghiacciato e con temperature molto basse. Infatti, come oggi si sa, nell'atmosfera marziana, rarefatta, fredda e secca, decisamente scarseggiano i gas essenziali per la vita e la sopravvivenza (azoto e ossigeno) mentre è essenzialmente presente un'alta percentuale di CO<sub>2</sub>.

I sei componenti più comuni dell'atmosfera marziana sono:

1. **Anidride Carbonica (CO<sub>2</sub>):** 95,32% (che gela per formare un'immensa calotta polare per poi evaporare col sopraggiungere della primavera. Questo fenomeno avviene alternativamente ad ogni polo)
2. **Azoto (N<sub>2</sub>):** 2,7%
3. **Argon (Ar):** 1,6%
4. **Ossigeno (O<sub>2</sub>):** 0,13%
5. **Acqua (H<sub>2</sub>O):** 0,03%
6. **Neon (Ne):** 0,00025%

più quantità minime di Kripto, Xenon e Ozono.

Sebbene la quantità d'acqua contenuta nell'aria marziana sia solo circa 1/1000 di quella contenuta nella nostra aria, questa può tuttavia condensare e formare nubi che vagano nell'alta atmosfera o che girano attorno ai pendii degli alti vulcani; inoltre possono formare nebbie mattutine nelle valli, o coprire ogni inverno con un sottile strato di brina il terreno, come si può constatare nella zona dove si posò il Viking Lander2.

La temperatura media registrata su Marte è di -63°C con una temperatura massima di 20°C ed un minimo di -140°C. Per di più, la pressione barometrica è molto bassa (1/100

di quella terrestre) e varia, come si potè constatare, ad ogni luogo di atterraggio delle sonde, su base semiannuale.

Quando la calotta polare sud era più estesa si osservò, da parte del Viking Lander1, che la pressione era solo di 6,8mlb, mentre in altri momenti dell'anno arrivò fino a 9,0mlb (il Viking Lander2 registrò nella sua zona di atterraggio pressioni rispettivamente di 7,3 e 10,8mlb (quando sulla Terra la pressione è di 1000mlb).

Va rilevato che su Marte, in presenza di pressioni e temperature così basse, non c'è e non può esserci acqua allo stato liquido, elemento essenziale per il ciclo biochimico e quindi per lo sviluppo della vita. Da ricordare inoltre che il pianeta, come la Terra, ha un asse inclinato e presenta quindi 4 stagioni che, con il loro alternarsi, determinano l'allargamento ed il restringimento delle calotte polari.

## **Caratteristiche di Marte**

- Raggio equatoriale: Km 3.397,2
- Distanza media dal Sole: km 227.940.000 (una volta e mezza la distanza dalla Terra – 1 e 1/2 U.A.)
- Periodo di rotazione: h 24,6229 (Terra: 23h-56m-54s)
- Periodo orbitale: g 686,98
- Eccentricità orbitale: 0,0934
- Inclinazione asse: 25,19°
- Inclinazione orbita: 1,850°
- Velocità di fuga (equatoriale): 5,02km/sec
- Magnitudine: -2,01
- Minima temperatura in superficie: -140°C
- Media temperatura in superficie: -63°C
- Massima temperatura in superficie: 20°C (arriva fino a 25°C all'equatore in estate)
- Pressione atmosferica: 7mlb (meno dell'1% della pressione terrestre)

Percorrendo la sua orbita attorno al Sole, ogni 15 anni Marte raggiunge la minima distanza dal nostro pianeta: 56.000.000 di km ed il suo prossimo avvicinamento avverrà nell'estate del 2003.

## **Le calotte polari, le tempeste, le dune**

Le calotte polari

La calotta polare meridionale si spinge (alla sua massima estensione) fino a 50° a sud, è molto più fredda di quella nord ed è costituita quasi interamente di CO<sub>2</sub> ghiacciato mentre

quella settentrionale contiene quantità variabili di CO<sub>2</sub> ghiacciato ed un residuo permanente di acqua pura allo stato di ghiaccio (forse la più grande riserva di acqua disponibile del pianeta).

Attorno e anche al di sotto dei ghiacci polari della calotta situata a Nord vi sono 'estesi depositi stratificati' (forse portati dal vento) attraversati da vallate strette e sinuose e circoscritti dal più vasto deserto di dune di sabbia o 'erg' esistente nel sistema solare, una striscia di sabbia portata dal vento formata da dune regolari ed ininterrotte per centinaia di chilometri.

Il ghiaccio che costituisce la calotta polare appare colorato di tinte rossastre a causa della polvere incorporata in esso.

## Le tempeste

Spaventose tempeste si risvegliano di tanto in tanto sulla superficie di Marte. Venti impetuosi trascinano la polvere in ogni punto del pianeta fino a raggiungere i 10000 m di altezza, oscurandone l'intera superficie. Queste tempeste, la cui durata è di qualche settimana, si pensa (ma non è ancora chiaro) che nascano in zone particolarmente predisposte dell'emisfero meridionale e di solito sono precedute da improvvise turbolenze.

Il **Global Surveyor** ha rivelato che, nonostante un'atmosfera molto rarefatta, Marte non rappresenta un posto tranquillo dal punto di vista atmosferico. Ci sono venti che raggiungono la velocità di oltre 500km/h con uragani che, a volte, coprono la metà della superficie del pianeta. L'estrema violenza di questi uragani dipende dalla grande quantità di polvere presente nell'atmosfera. Questa polvere, assorbendo facilmente il calore solare, all'alba alza bruscamente la temperatura generando una notevole differenza di pressione che provoca lo spostamento di grandi masse d'aria. Sulla superficie del pianeta sono presenti anche vortici o mulinelli di dimensioni molto più piccole, i 'Dust Devil'<sup>1</sup> (osservati anche sulla superficie del Mars Pathfinder), che interessano aree di poche decine di mq ma che pare siano responsabili dell'altissimo livello di polveri nell'atmosfera.

## Le dune

Grazie alla enormi quantità di sabbia e polvere le dune, onnipresenti, costituiscono un elemento distintivo del panorama marziano. Sono formate da due diversi tipi di materiali ed hanno almeno due colorazioni: scura (particelle erose da antiche colate laviche basaltiche) e molto brillante (forse costituita da fosfati e da comune gesso).

Essendo le particelle basaltiche più dense, si pensa che sia il meccanismo di selezione del vento a costituire dune di materiale diverso e perfettamente distinguibili. Quando Marte è più vicino al Sole e riceve più energia produce venti molto forti che trasportano queste minuscole particelle.

Le dune marziane, ci conferma il Global Surveyor, sono effettivamente ancora attive.

---

<sup>1</sup> \*Nella Amazonis Planitia ne furono osservati alcuni che raggiunsero l'altezza di 8 km circa.

## L'esplorazione del pianeta

Dopo i primi fallimenti russi e americani, nel 1965 il **Mariner4**, giunto a 10.000 km di distanza dal pianeta, **inviò 22 fotografie** e diverse informazioni che ritraevano un pianeta dalla superficie sensibilmente craterizzata e senza vita, dall'atmosfera molto ricca di CO<sub>2</sub> e scarsa di azoto e con una pressione alla superficie tanto bassa da dover senz'altro escludere la presenza di acqua allo stato liquido. Nel maggio 1971 l'URSS lanciò la sonda 'Mars3' composta di Orbiter e Soft Lander. Questo fu il primo atterraggio di successo su Marte; il Lander riesce a trasmettere all'Orbiter solo 20 secondi di videodati per poi restare muto per sempre.

Nel Dicembre del 1971, il **Mariner9**, giunto a 1370 km di distanza **incominciò a mappare l'emisfero meridionale del pianeta ed a scattare**, dopo che si fu placata un'intensa tempesta di polvere in atto all'arrivo della sonda, **7239 stupefacenti fotografie** di Marte che rivelarono immensi vulcani, profondi ed ampi crepacci che si estendono su un quarto della circonferenza del pianeta, colossali bacini da impatto ed interessanti configurazioni molto simili a letti di fiumi prosciugati, vallate, isole, litorali ed altri segnali inconfondibili della presenza, in altri tempi, di grandi quantità di acqua in superficie. Fu chiaramente evidente che, nel passato, un'atmosfera marziana più densa permise all'acqua di scorrere sul pianeta.

Nel 1975, con il **Viking1** (che atterrò su Chryse Planitia – 47,8° lat. nord e 22,5° long. ovest) ed il Viking2 (che atterrò su Utopia Planitia – 48° lat. nord e 225,6° long. ovest), ebbe inizio la seconda fase dell'esplorazione di Marte. Nel punto dove atterrò il **Viking2**, Utopia Planitia, il cielo, a causa della polvere rossastra nell'atmosfera, appare color rosa; senza questa polvere apparirebbe invece quasi nero a causa della sottigliezza dell'atmosfera marziana.

Il 20 Luglio 1976, mentre le telecamere dell'Orbiter riprendevano a 2000 km di distanza immagini ad alta risoluzione del pianeta, il **Lander del Viking1 atterrava nella 'Chryse Planitia'** (il grande bacino di terre basse a nord della Vallis Marineris) analizzando la struttura e la composizione dell'atmosfera e realizzando test chimici di campioni di suolo alla ricerca di micro-organismi marziani, e fornendo vedute panoramiche, dettagliate e a colori del suolo marziano.

Secondo alcuni scienziati, che esaminarono gli esperimenti sui campioni, ci sarebbe stata evidenza di vita batterica mentre la posizione ufficiale della NASA fu che niente sembrava indicare la presenza di vita.

Durante l'inverno del Viking1 un sottile strato di brina d'acqua si formò sul terreno circostante per circa 100 giorni.

Il 7 Agosto del 1976, il Lander Viking2 (che, a detta di alcuni, secondo i piani avrebbe dovuto atterrare a Cydonia per far maggior luce sulle incerte rivelazioni di Mariner9<sup>2</sup>)

---

<sup>2</sup> Pare che un membro della squadra ideatrice del Viking presso il Jet Propulsion Laboratory, Tobias Owen, mentre esaminava i fotogrammi della regione Cydonia per individuare possibili siti di atterraggio, abbia mormorato 'Mio Dio, e questo cos'è?' riferendosi alla famosa scoperta del 'volto'. La NASA, da parte sua decise di liquidare la stessa come illusione ottica e cambiare zona d'atterraggio per il Viking.

atterrò in una zona desertica e rocciosa ma meno collinosa di Chryse Planitia, con il nome di Utopia Planitia, a 47,7° di latitudine nord. Se il Lander fece esperimenti per cercare micro-organismi marziani e fornì vedute panoramiche dettagliate a colori, l'Orbiter mappò la superficie del pianeta con oltre 52.000 immagini.

#### **Il 4 Luglio 1997 atterrò su Marte la sonda Pathfinder, alimentata ad energia solare.**

Questa missione sperimentò con successo un nuovo modo di atterraggio usando airbags che avvolgevano la sonda in quanto su Marte, essendo l'atmosfera molto rarefatta, il paracadute non avrebbe potuto avere quell'efficacia che avrebbe avuto sulla Terra. L'impatto fece rimbalzare la sonda fino ad un'altezza di 15 m circa ed a questo movimento si susseguirono altri 15 balzi che la portarono a fermarsi, dopo 2,5 minuti, alla distanza di circa 1 km dal luogo dell'impatto iniziale.

L'atterraggio avvenne nella regione Ares Vallis, nel bassopiano denominato Chryse Planitia, a 19,33° nord e 33,55° ovest, in un'area che rappresenta lo sbocco di una di quelle valli di origine alluvionale. Lì vi fu una gigantesca e catastrofica inondazione che scavò questo canyon e, presumibilmente, depositò rocce che erano state raccolte per tutto il pianeta, asportate dagli altopiani antichi e fortemente craterizzati e trascinate in basso dalla corrente.

**Una volta che gli airbag si sgonfiarono e che tre pannelli solari si aprirono come i petali di un fiore, fu calata una rampa e, dal modulo d'atterraggio, scese il rover Sojourner** (un piccolo robot a 6 ruote di 10,5 kg e grande come una scatola da scarpe) con a bordo un analizzatore chimico adibito allo studio delle rocce marziane.

Il Sojourner camminò sul suolo marziano in un panorama interessante: due montagne gemelle sullo sfondo, le **Twin Peaks**, aree con e senza rocce e zone con dune di sabbia; il tutto sotto un cielo color giallo ambrato.

Pathfinder inviò un'infinità di informazioni fra cui 16.000 immagini dal Lander, 550 immagini dal Rover, più di 15 analisi chimiche delle rocce e dati sui venti, sul tempo, su temperatura e pressione.

La preoccupazione iniziale sulla possibilità che una tempesta globale di polvere potesse oscurare la luce solare ed impedire la necessaria alimentazione delle batterie del Lander risultò infondata, perché, anche durante una tempesta di sabbia, i pannelli avrebbero comunque ricevuto luce a sufficienza per caricarle. La fotocamera del Lander Pathfinder, detta IMP (Images for Mars Pathfinder), era formata da due occhi detti oculari che permisero di ottenere immagini tridimensionali degli oggetti e delle rocce, coperte da polvere di un rosso brillante. Grande fu l'interesse legato a questa missione per l'analisi delle rocce di Marte in quanto contengono, scritta nei minerali che le costituiscono, la storia della propria formazione.

Le rocce visibili dalle immagini inviateci dal Pathfinder sono di color grigio scuro e coperte di polvere giallo-brumastra. Nonostante tracce di lenta erosione eolica, le rocce e la superficie sembrano aver subito ben pochi cambiamenti dall'epoca della colossale inondazione e, le differenze di colore, possono essere il risultato di lievi variazioni nei minerali del ferro o nelle forme e dimensioni delle particelle che le compongono.

La maggior parte delle rocce marziane sono scavate, di varie forme (angolari, rotonde e vescicolari) e bucherellate, e questi buchi sembrano essere pieni di sabbia, quella sabbia che non è come quella delle nostre spiagge, ma più fine, quasi come farina bianca.

## Da dove vengono queste rocce?

Di che cosa sono fatte? Sono scavate dal vento?

Sono state arrotondate durante il trasporto da parte dell'acqua delle catastrofiche inondazioni e depositate sulla pianura dell'Ares Vallis? Sono state arrotondate dal trasporto glaciale? Derivano da antiche rocce conglomerate da cui ciottoli e sassolini vennero liberati dall'azione del tempo? O derivano dalla combinazione di quanto sopra? Questo, probabilmente, è o sarà lavoro dei geologi.

Dopo le stupefacenti immagini del Mariner9 e soprattutto dei Viking, che mostrarono canali di deflusso e strutture che fecero pensare all'esistenza di laghi sugli altopiani (indizi di un clima più umido e caldo nel passato di Marte tale da permettere l'esistenza dell'acqua in superficie), uno degli obiettivi scientifici del Pathfinder era appunto quello di trovare elementi che facessero luce sul passato clima di Marte.

Una prova indiretta della presenza di acqua su Marte in un lontano passato sono anche le dune di sabbia e le pietre inclinate o impilate, ad indicare il fatto che furono depositate da una veloce corrente d'acqua. La colorazione giallo-ambrata del cielo di Marte (simile a quello ripreso dai Viking) è invece spiegabile per la presenza di polvere finissima nell'atmosfera, polvere fortemente magnetica perché, probabilmente, contiene impurità di un minerale fortemente magnetico).

Quanto alla temperatura e pressione del pianeta, i dati trasmessi dalla strumentazione meteorologica del Pathfinder hanno confermato regolari fluttuazioni delle stesse, sia giornaliere che a lungo termine (con temperature massime di  $-10^{\circ}\text{C}$  verso le 14:00 di ogni giorno ed un minimo di  $-70^{\circ}\text{C}$  appena prima dell'alba).

Le temperature mattutine di Marte variano enormemente a seconda dell'ora e dell'altitudine; al mattino l'aria fredda si riscalda a partire dalla superficie e risale in piccoli vortici. Infatti, secondo i sensori posizionati una prima volta a 25, poi 50 ed infine 1 metro di altezza sopra la sonda, i valori della temperatura risultano diversi. **Una persona su Marte avvertirebbe a livello della testa, una temperatura almeno  $20^{\circ}$  più bassa rispetto a quella dei piedi.** Al contrario, le temperature del pomeriggio, quando l'aria si è ormai riscaldata, non mostrano simili variazioni; durante la notte, il vapore acqueo congela intorno ai finissimi grani di polvere dell'atmosfera formando lievi nubi azzurre nel cielo del primo mattino per poi evaporare al sorgere del Sole.

Parlando della pressione del pianeta si è già detto che essa varia con il variare delle stagioni; durante l'inverno il freddo è tale che il 20/30% dell'atmosfera congela in corrispondenza del polo, formando un enorme strato di anidride carbonica solida. Al tempo stesso, la pressione raggiunge il suo minimo con un'atmosfera molto rarefatta e la calotta polare si trova al massimo della sua estensione. Le diverse condizioni atmosferiche relative alla temperatura rilevate dai Viking e dal Pathfinder potrebbero dunque semplicemente riflettere differenze stagionali e differenze date dai diversi tempi d'arrivo sul pianeta. Il Pathfinder infatti ha effettuato la sua discesa alle 3:00 del mattino, mentre i Viking sono giunti a destinazione alle 4:00 pomeridiane, quando l'atmosfera è più calda.

Sfruttando i segnali radio del Pathfinder, i responsabili della missione sono riusciti a calcolare la velocità di rotazione di Marte mentre, dalle misurazioni (Effetto Doppler) effettuate 20 anni prima dai Viking, si è potuta calcolare la velocità di precessione in

relazione alla mutata inclinazione dell'asse del pianeta. Dagli studi compiuti su queste misurazioni ora si sa che Marte probabilmente possiede un nucleo metallico centrale con un raggio fra i 1.300 e i 2.400 km. Pathfinder ha inoltre rivelato una variazione annuale nella velocità di rotazione del pianeta, che è esattamente la conseguenza dello scambio stagionale di CO<sub>2</sub> fra l'atmosfera e le calotte polari.

Tutte queste nuove informazioni relative al pianeta rosso faciliteranno la comprensione della sua evoluzione nel tempo ed indicano chiaramente che Marte, un tempo, era più simile alla Terra di quanto si fosse ritenuto finora. Si è notato, infatti, che alcuni materiali della crosta marziana assomigliano per il loro contenuto di silicio alla crosta continentale terrestre. Inoltre i ciottoli arrotondati, gli ipotetici conglomerati e le abbondanti particelle con dimensioni pari a grani di sabbia e polvere inducono a supporre che il pianeta fosse, un tempo, ricco d'acqua e perciò più caldo ed umido dell'attuale, forse simile a quello delle Terra primitiva; viceversa, dall'epoca in cui le grandi inondazioni (3,5 e 1,8 miliardi di anni fa) modellarono la zona d'atterraggio delle sonde, Marte risulta un pianeta estremamente diverso dalla Terra.

In definitiva, i dati raccolti finora dalle sonde e soprattutto dal Pathfinder rafforzano l'ipotesi formulata da molti scienziati e cioè che un tempo Marte potesse essere molto simile alla Terra, con piogge, fiumi, laghi e forse anche un oceano e che poi, un qualcosa di eccezionale, abbia posto fine alla vita del pianeta.

L'ipotesi di cui sopra è supportata dagli indizi che Marte ci rivela sul suo antico clima attraverso le sue attuali strutture geologiche fra cui:

1. **Sistema di valli apparentemente fluviali** che presuppongono scorrimento d'acqua piovana o di sorgente e che implicano un'atmosfera più densa e calda.
2. **Solchi centrali presenti nelle valli più ampie** che testimoniano lo scorrimento di un fluido al centro delle stesse (flusso d'acqua che le ha formate non movimenti del suolo o erosione sotterranea)
3. **Depressioni lacustri** con immissari ed emissari e depositi stratificati nei canyon che implicano un'alimentazione da parte dei corsi d'acqua in superficie.
4. **Linee di costa o litorali e terrazzamenti di origine erosiva** che fanno pensare all'esistenza nell'emisfero settentrionale di un oceano.
5. **Crateri privi di bordo e terreni antichi fortemente erosi** che presuppongono un'alta velocità di erosione da parte di acqua, anche piovana.
6. **Ciottoli arrotondati e possibili rocce conglomerate**, presenze queste che necessitano la presenza di acqua corrente, stabile (con atmosfera più densa e calda di oggi)
7. **Abbondanza di sabbia** che presuppone acqua diffusa e la sua azione sulle rocce.

La superficie di Marte ci ha dato quindi le prove che l'acqua ha svolto un ruolo fondamentale nella sua storia geologica, tanto che **Ares Vallis, il sito d'atterraggio del Pathfinder, sembra essere stato teatro di un diluvio di proporzioni bibliche.**

La superficie del pianeta rosso risulta anche molto meno morbida di quella terrestre; le sue valli sono le più basse del sistema solare, i suoi canyon i più profondi e i suoi vulcani i più alti. L'aspetto topografico più curioso che riguarda il pianeta è rappresentato

dalla sorprendente differenza fra l'emisfero settentrionale, basso e liscio e quello meridionale, pesantemente craterizzato e più alto di circa 5 km.

Lo strumento **MOLA (Mars Orbiter Laser Altimeter)** a bordo del Global Surveyor (che ha prodotto una mappa del pianeta rosso ad alta risoluzione) ci ha offerto dei dati che mostrano come la depressione dell'emisfero nord non sia distintamente circolare e che sia stata formata da processi geologici interni nei primi stadi dell'evoluzione marziana.

Stando all'opinione generale e corrente degli astronomi, secondo cui le collisioni fra asteroidi e pianeti furono più frequenti all'inizio della storia del sistema solare per diminuire in seguito, si ritiene che le zone più invase da crateri, gli altopiani meridionali, siano più vecchie di quelle in cui il fenomeno è meno evidente, come nelle pianure del Nord.

La differenza in elevazione fra i due emisferi (5 km) ha generato un pendio dal polo sud al polo nord che ha rappresentato la causa maggiore dello scorrimento dell'acqua e del successivo drenaggio delle terre basse dell'emisfero nord nella prima storia marziana. L'altopiano ed il bassopiano dunque occupano approssimativamente un emisfero ciascuno e, la 'linea di divisione (molto approssimativa) risulta inclinata rispetto all'equatore di circa 35 gradi.

In mancanza del livello del mare cui fare riferimento per stabilire le altitudini e le profondità di Marte, gli scienziati solitamente ricorrono ad un arbitrario 'livello dato' (rispetto ad esso il punto più alto del pianeta è rappresentato dalla sommità del monte 'Olympus', mentre quello più basso dal fondo del sistema di canyon noto con il nome di 'Vallis Marineris'). La regione 'Tharsis', vulcano-tettonica, centrata vicino all'equatore fra 220°E e 300°E di longitudine contiene il sistema di canyon della Vallis Marineris e parecchi dei maggiori vulcani a scudo, incluso il 'Mons Olympus'.

## **Il Mons Olympus, il Mons Elysium, il rigonfiamento di Tharsis (Arsia, Pavonis, Ascraeus) e la Vallis Marineris**

Il Mons Olympus (formazione 'a scudo').

Costituito da una crosta circolare di lava, ha un'altezza di 27.000 m, un diametro di 700 km alla base e di 80 km alla sommità. Il margine esterno della crosta di lava è costituito da una scarpata che si alza di 6.000 m sulle pianure circostanti. La sua cima è nel vuoto, al di fuori dell'atmosfera marziana.

Il Mons Elysium

Questo monte, a sud-ovest del Mons Olympus, si eleva nell'omonimo rigonfiamento fino a 9.000 m sulle pianure circostanti.

Arsia, Pavonis, Ascraeus (formazione 'a scudo')

A sud-est del Mons Olympus, a circa 1.600 km di distanza, vi è il sollevamento o rigonfiamento di Tharsis, sovrastato da tre giganteschi vulcani che raggiungono e superano i 20.000 m di altezza (dall'astronave le cime rimangono sempre visibili, emergendo sia dalle nubi che dalle tempeste di sabbia).

## Vallis Marineris

Sul margine orientale del rigonfiamento di Tharsis, fra un bizzarro sistema arcuato di canyon che si intersecano tra di loro e di depressioni (Noctis Labyrinthus), vi è un profondissimo solco che corre quasi parallelamente all'equatore, verso est per circa 4.500 km: la Vallis Marineris, il cui nome deriva dal Mariner9, che la fotografò. **E' profonda 8.000 m ed ha una larghezza di più di 200 km, è quattro volte più profonda del Grand Canyon americano, sei volte più larga** (il Grand Canyon ci sta quasi di taglio) e dieci volte più lunga e, se fosse in America, si estenderebbe probabilmente da una costa all'altra. Ad est sbocca nella palude del cosiddetto 'terreno di collasso caotico', un paesaggio accidentato con blocchi rocciosi isolati, valli e fratture geologiche.

Dal margine settentrionale di questa zona caotica si staccano i profondi canali di Simud Vallis, Tin Vallis e Ares Vallis (dove sbarcò il Pathfinder, il 4 Luglio 1997), canali molto larghi e lunghi che percorrono l'immenso bacino di Chryse Planitia; essi vengono a loro volta raggiunti da altri canali fra cui il Kasei Vallis, lungo 3.000 km e che corre quasi parallelamente alla Vallis Marineris.

Tutti i geologi sono concordi nel riconoscere a questi canali un'origine fluviale, con trasporto di ingenti masse d'acqua e nel ritenere che, probabilmente, furono creati da mastodontiche inondazioni che fluirono dall'emisfero sud a quello nord a grandissima velocità, scorrendo verso valle. Nell'emisfero settentrionale (basso e sotto il 'livello dato') vi sono due principali eccezioni che stanno al di là (verso nord) della 'ideale' linea di divisione: il rigonfiamento di Elysium ed una parte del rigonfiamento di Tharsis. Nell'emisfero meridionale invece (alto e sopra il 'livello dato') vi sono le eccezioni di parte della Vallis Marineris ed i due notevoli crateri di Argyre (profondo 3 km e largo 630 km) e Hellas (profondo circa 9 km e largo 2.100 km), formati da impatti con comete o asteroidi.

**Dei più di 3.300 crateri superiori ai 30 km di larghezza, perché 3068 di essi (il 93%) si trovano a sud della linea di divisione e solo 237 a nord?**

Marte, ad un certo punto della sua storia, fu afflitto da un evento catastrofico, un cataclisma di dimensioni quasi inimmaginabili. Questo evento, generato probabilmente da ripetuti impatti con asteroidi potrebbe essere stato la causa della scomparsa dell'atmosfera (che permetteva una pressione tale da mantenere la temperatura al di sopra del punto di fusione del ghiaccio) e, conseguentemente, delle abbondanti risorse d'acqua allo stato liquido.

Secondo gli studiosi Patten e Windsor, gli asteroidi che colpirono il pianeta emanarono gigantesche onde di pressione che svilupparono due enormi rigonfiamenti ed un'attività vulcanica sufficienti a creare sia il Tharsis che l'Elysium e forse anche il Monts Olympus, per l'uscita del magma. Inoltre, il pianeta si spaccò, formando solchi profondi e lunghi 1/4 della sua circonferenza (la Valli Marineris). C'è infatti chi sostiene che, questi solchi, non possono essere stati formati e causati da processi geologici interni.

## **E' possibile che le terribili 'martellate' inferte a sud, abbiano trasmesso a nord un'energia tale da staccare dalla superficie uno strato di circa 3 km di crosta e farlo disperdere nello spazio?**

Dopo il successo delle missioni Pathfinder e Mars Global Surveyor, le due successive, Mars Climate Observer (primo satellite meteorologico orbitante attorno ad un altro pianeta) e Mars Polar Lander (dic. 1999) sono state un disastro completo.

La prima è fallita per un errore nell'uso del sistema di calcolo e delle unità di misura (se quella britannica o quella internazionale metrico decimale) fra la NASA e la società costruttrice della sonda; la seconda, dopo un viaggio regolare ha interrotto le comunicazioni come previsto prima dell'atterraggio, e non ha mai più rotto il silenzio. Il tutto sembra essere stato causato dall'ultima politica del risparmio applicata a tutto, compresa la gestione della sonda a terra. Gli scarsi finanziamenti, la preparazione superficiale e i non adeguati controlli (mancata telemetria durante l'atterraggio) hanno causato la pessima riuscita delle missioni. Dopo tutto questo, l'ente spaziale ha fatto autocritica, ha rivisto i piani di conquista del pianeta rosso, ha preso tempo e annullato la spedizione in programma nel 2001 (quella del Mars Lander, che avrebbe dovuto sperimentare la tecnologia per riuscire a fabbricare su Marte il propellente per il missile del ritorno a terra). Le scadenze delle missioni fino al 2005, con in vista il trasporto sulla Terra di campioni del suolo marziano, verranno quindi ristudiate.

## **C'è vita su Marte?**

Quando dai Viking ci arrivarono le prime immagini del pianeta, tutti furono concordi nel ritenere che Marte apparisse come un pianeta morto, dall'aspetto devastato, ma quando lo si osservò più attentamente si notò che presentava diverse particolarità: letti asciutti di fiumi, antichi laghi ed oceani e tanti altri indizi della presenza, nel passato, di acqua sul pianeta. Anche se ora Marte è considerato un pianeta freddo e secco, e anche se i Landers dei Viking non hanno trovato organismi viventi né in superficie né diversi cm sotto di essa, sappiamo, quasi per certo, che ad un certo punto della sua storia il pianeta ebbe l'acqua, elemento indispensabile per lo sviluppo della vita ed ideale per il ciclo biochimico. Sembra quindi molto probabile che su Marte, un tempo, ci possa stata essere la vita. C'è anche chi sostiene che, se questo fosse vero, probabilmente organismi estremamente semplici come batteri o virus hanno potuto sopravvivere sotto la superficie del pianeta, chiusi sotto lo strato di permafrost.

Esperimenti di laboratorio hanno infatti mostrato che spore batteriche raffreddate a  $-270^{\circ}\text{C}$ , cioè alla temperatura interstellare dello spazio, possono tornare in vita quando le condizioni sono più favorevoli.

## **Cydonia (15° lat. Nord – 198° long. Ovest)**

Alcuni studiosi del pianeta rosso considerano Cydonia la prova dell'esistenza su Marte di una civiltà antica, proprio per le immagini che ci sono pervenute, che riproducono figure enigmatiche, oggetto per diverso tempo di innumerevoli controversie (ad esempio il famoso 'volto'). La sonda 'Mars Observer', mandata sul luogo e dotata di mezzi adatti

per porre fine a queste dispute, dopo aver trasmesso fotografie ad alta risoluzione relative alla zona interessata, scomparve misteriosamente nel nulla tanto da far credere ad alcuni scienziati che, i dati raccolti riguardanti la vita extraterrestre, potessero essere talmente allarmanti da essere occultati. Secondo la NASA, ad esempio, l'immagine del famoso 'Volto' di Cydonia rappresenta un fenomeno naturale, un gioco di luci ed ombre; si tratta di strutture geologiche naturali plasmate dall'erosione eolica che creano una sorta di illusione ottica. Altri scienziati al contrario sostengono l'artificialità delle configurazioni di Cydonia ed affermano che il 'Volto' sarebbe quanto di meno naturale se si potesse notare nel raggio di 15.000 km. Sarebbe formato infatti da un'insieme di diverse e misteriose configurazioni come:

1. **La città:** un gruppo di dieci forme geometriche piramidali
2. **Il Forte:** configurazione simile al maschio di un grande castello
3. **La Scogliera**
4. **La Piazza:** strutture minori al centro di quelle più grandi della Città
5. **D e M:** grande piramide dal profilo pentagonale

Secondo alcuni studiosi è impossibile che queste configurazioni possano rappresentare il risultato di processi biologici o di meccanismi di tipo fluviale, vulcanico o comunque naturale; unica spiegazione è l'artificialità. Ben diversa è invece la posizione della NASA secondo cui tutte le strutture, come detto sopra, sono al 100% naturali, causate da un lungo processo di erosione.

## Com'è stato

### Storia climatica del pianeta

Sebbene i fenomeni dell'atmosfera di Marte si riducano oggi a tempeste di polvere e nevicate di CO<sub>2</sub> (da notare alcuni metri di ghiaccio secco al Polo e nubi di ghiaccio d'acqua) e le sue condizioni di ambiente freddo ed arido siano state dimostrate in modo inequivocabile, l'idea di Marte come un mondo perpetuamente arido e congelato è andata sempre più perdendo credito da quando le sonde Mariner e Viking hanno inviato i loro dati.

Da questi, e dalle immagini raccolte si evince in modo incontestabile che il pianeta abbia avuto in passato una complessa storia climatica, con periodi piuttosto caldi ed umidi in cui enormi volumi d'acqua scorrevano liberamente sulla sua superficie.

Le immagini presentano evidenti forme di erosione riguardanti la maggior parte dei vecchi crateri (a differenza di quelli lunari) e forme superficiali di colate di fango attorno a quasi tutti i crateri più giovani.

Altre indicazioni dell'esistenza di acqua e ghiaccio sul pianeta sono tipiche forme glaciali come depositi di sabbie e ghiaie lasciati dalle acque di fusione dei ghiacciai sotto i quali scorrevano; terreni butterati di tipo carsico (fenomeno che si genera quando il ghiaccio contenuto nel sottosuolo fonde provocando la subsidenza o affondamento del suolo sovrastante); valli sinuose formanti grandi reticolati ramificati (larghi 1 km e lunghi un centinaio di km) generati probabilmente dall'erosione di corsi d'acqua, enormi canali di deflusso (larghi oltre 200 km e lunghi 2000 km e più), con isole a forma di goccia affusolata (lunghe oltre 100 km), che dipartono dai cosiddetti terreni caotici (regioni di rocce fratturate e ammassate che sarebbero collassate quando le acque sotterranee eruppero improvvisamente per la rottura dello strato di permafrost causata da un mutamento climatico, da vulcanismo, da sollevamento tettonico, da grande meteorite o da un terremoto generando quindi il cataclisma, inondazioni e flussi di fango<sup>3</sup>).

Da non dimenticare poi gli strati sedimentari, ossia antichi depositi lacustri come si trovano nella Valli Marineris e nei giganteschi bacini da impatto Hellas e Argyre che presuppongono un lungo periodo con presenza d'acqua, e i minerali argillosi, che si formano dalle rocce se esposte all'azione dell'acqua e rivelati da misurazioni spettroscopiche effettuate dalla Terra.

**E' chiaro quindi che immense quantità d'acqua scorrevano in un lontano passato sulla superficie del pianeta rosso.**

---

<sup>3</sup> *Benché la maggior parte di queste inondazioni si sia verificata attorno ai bacini di Crise, se n'è trovata traccia altrove e più precisamente vicino a Elysium e Hellas. Va ricordata la grande inondazione avvenuta nell'Ares Vallis; le foto inviate dal Pathfinder mostrano come, un tempo, questo immenso canale fosse per chilometri e chilometri ricolmo d'acqua ribollente.*

*La presenza di canali scorrimento fa apparire probabile che un tempo su Marte ci fossero anche fenomeni di piogge.*

## Ma dove è finita l'acqua?

Si è infiltrata nel sottosuolo per rimanere imprigionata nel Permafrost?

E' rimasta congelata sul posto, su gran parte delle pianure settentrionali, nascosta da una coltre di polvere e sabbia?

E' in parte evaporata per disperdersi nello spazio o per depositarsi sotto forma di neve ai poli?

Molti fisici dell'atmosfera sostengono che Marte, nel corso del tempo, abbia perduto immense quantità di vapore acqueo nello spazio, così come perse ingenti quantità di CO<sub>2</sub>, che costituiva la densa atmosfera marziana e riscaldava per effetto serra la superficie del pianeta al di sopra del punto di fusione dell'acqua.

## Ma quando e per quanto tempo Marte rimase un pianeta umido?

Se la perdita di H<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub> è stata costante, come si è propensi a pensare, ci sarebbe da ritenere che Marte sia stato particolarmente caldo e umido nella prima fase della sua storia, cioè miliardi di anni fa. Tuttavia, periodi di clima mite ci potrebbero essere stati anche in tempi recenti. Anche la durata dei periodi umidi è difficile da determinare.

Se le condizioni di erosione (glacialismo, inondazioni ecc.) si fossero protratte troppo a lungo, più di un milione di anni, l'erosione avrebbe presumibilmente cancellato le tracce di tutti i crateri d'impatto (ad eccezione di pochissimi) come è accaduto sulla Terra.

Dopo la formazione dei crateri ora visibili, l'aspetto di Marte avrebbe potuto essere reso liscio e regolare da vigorosi fenomeni di erosione ma, da allora e nei tempi successivi, il volto del pianeta divenne freddo, secco e butterato e, solo episodi sparsi di clima caldo avrebbero modificato e ringiovanito la superficie del pianeta.

## Ma quale è stato il meccanismo, il fenomeno che ha permesso di passare da regimi climatici miti ad altri rigidi?

Un'ipotesi presa in considerazione è stata la seguente: questo fenomeno si è reso possibile grazie ai cambiamenti d'inclinazione dell'asse di rotazione (attualmente inclinato di 25,19°) rispetto alla sua posizione ideale, ossia perpendicolare al piano orbitale.

E' stato scoperto, infatti, che l'inclinazione dell'asse può variare all'improvviso, con escursioni anche di 60° c.ca ogni 10.000.000 di anni. Questo fenomeno può causare estremi stagionali con temperature estive sopra il punto di congelamento dell'acqua ed inverni molto rigidi. Una simile situazione potrebbe determinare un riscaldamento estivo di uno dei poli con il conseguente rilascio di CO<sub>2</sub>, che andrebbe ad ispessire l'atmosfera, creando un temporaneo **'effetto serra'**<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Riscaldamento della superficie di un pianeta dovuto ad alcuni gas (e soprattutto dell'anidride carbonica) essi permettono alla luce solare di raggiungere il suolo ma poi intercettano la radiazione infrarossa irradiata nello spazio dal pianeta e la rimandano in gran parte verso la superficie (se questo non avvenisse la temperatura terrestre superficiale sarebbe inferiore di 35°).

Al ritorno, poi, ad un'inclinazione minore, l'asse di rotazione avrebbe potuto raffreddare ulteriormente il pianeta e favorire precipitazioni di neve carbonica, assottigliando ancora l'atmosfera e facendo tornare Marte alle sue normali condizioni di clima estremamente rigido.

Anche questa teoria del cambiamento climatico necessita però una verifica definitiva, che si spera possa giungere con le missioni future sul pianeta e, soprattutto, con l'arrivo a terra e l'analisi delle rocce marziane.

### **Perché il clima di Marte è troppo freddo (-60°C), quello di Venere troppo caldo (460°C) mentre quello della Terra presenta condizioni di abitabilità?**

Senza altro i tre pianeti, formati dalla collisione di planetesimi piuttosto centrali della grande nube che diede origine al sistema solare, un tempo erano simili sotto molti aspetti (minerali analoghi, stessi gas come CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O e tutti abbastanza temperati da permettere H<sub>2</sub>O allo stato liquido). Ciò che mutò radicalmente in seguito i loro climi, furono, come indicano i modelli al computer, le differenze dei tre pianeti nella capacità di riciclare l'anidride carbonica fra atmosfera e suolo (che causò la perdita di H<sub>2</sub>O su Venere ed il gelo su Marte).

I calcoli eseguiti da alcuni ricercatori della NASA ed altri inducono a pensare che la Terra abbia sempre avuto un clima moderato soprattutto per il fatto che il suo meccanismo di riciclaggio di CO<sub>2</sub> (il cosiddetto ciclo geochimico dei carbonati e dei silicati che spiega all'incirca l'80% degli scambi di CO<sub>2</sub> fra il corpo solido della Terra e l'atmosfera su una scala di tempo superiore a 500.000 anni) ne aumenta la quantità nell'atmosfera quando la superficie del pianeta si raffredda, mentre ne riduce la quantità quando la temperatura al suolo aumenta.

#### **Il ciclo geochimico dei carbonati e dei silicati, che opera su scale di tempo superiori a 500.000 anni, rimuove la CO<sub>2</sub> atmosferica, la deposita nelle rocce carbonatiche e poi la restituisce all'atmosfera.**

I carbonati si formano quando la CO<sub>2</sub>, disciolta nella pioggia sotto forma di acido carbonico H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, reagisce chimicamente con rocce contenenti minerali di silicato di calcio. Le reazioni liberano nell'acqua di falda ioni calcio Ca<sup>2+</sup> e bicarbonato HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>; da qui l'acqua li trasporta, attraverso i torrenti e i fiumi, negli oceani e nei mari dove il plancton e altri organismi li utilizzano per costruire gusci e scheletri di carbonato di calcio CaCO<sub>3</sub>. Alla loro morte i resti si depositano sui fondali e formano sedimenti carbonatici. Lentamente, col passare dei millenni, i fondi oceanici si espandono, trasportando questi sedimenti al di sotto dei continenti (processo di subduzione) in profondità. Esposti e soggetti a temperature superiori a 1000° e pressioni crescenti il carbonato di calcio reagisce con la silice (quarzo) liberando CO<sub>2</sub> che, attraverso le dorsali medio-oceaniche, e soprattutto per mezzo delle eruzioni vulcaniche, rientra nell'atmosfera.

La temperatura alla superficie del pianeta diventa il motore del ciclo, diventa il regolatore del livello di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera, i cui mutamenti di concentrazione non sono stati casuali, al contrario hanno fluttuato in risposta alle variazioni della temperatura alla superficie del pianeta (al salire della temperatura in superficie i livelli di CO<sub>2</sub> diminuivano determinando un raffreddamento della superficie; quando quest'ultima si raffreddava, la CO<sub>2</sub> aumentava provocando il riscaldamento della superficie). Una diminuzione troppo

lenta del livello di CO<sub>2</sub> avrebbe trasformato la Terra in una 'sauna'; se, al contrario, fosse stata troppo rapida, gli oceani si sarebbero ricoperti di ghiacci.

Il meccanismo di **riciclaggio della CO<sub>2</sub>**<sup>5</sup> fa sì che sulla Terra permanga una temperatura media di 15°C, Marte invece è molto più freddo (-60°) perché ha perso la capacità di riciclare l'anidride carbonica nell'atmosfera; Venere, al contrario, ha temperature altissime (460°) perché non conosce il meccanismo di eliminazione della CO<sub>2</sub>.

## Un meccanismo simile esistette su Marte?

Se le fotografie e le immagini dei veicoli spaziali americani ci mostrano una serie di indizi che inequivocabilmente indicano che la superficie del pianeta rosso un tempo fu solcata da corsi d'acqua (un ambiente quindi abbastanza caldo da consentire H<sub>2</sub>O allo stato liquido), dobbiamo senza dubbio pensare che sia stata riscaldata dall'effetto serra causato da una densa atmosfera di CO<sub>2</sub>. Marte potrebbe quindi aver posseduto, un tempo, un'adeguata quantità di CO<sub>2</sub> ma, successivamente, si sarebbe raffreddato perché il meccanismo che avrebbe dovuto consentire il riciclaggio di questo gas si esaurì. **Fu lo spegnersi del meccanismo della tettonica a zolle, causato dal raffreddamento del pianeta al suo interno, che pose fine alle reazioni dei carbonati ed alla conseguente liberazione di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera marziana, con diminuzione della pressione atmosferica e congelamento dell'H<sub>2</sub>O sulla superficie.**

Questo meccanismo però potrebbe essere stato diverso da quello della Terra poiché, un pianeta piccolo come Marte, potrebbe non aver mai sviluppato una tettonica a zolle (anche se i sedimenti carbonatici avrebbero potuto essere sepolti dalla lava vulcanica e spinti fino ad una profondità ove la pressione ed il calore avrebbero permesso ugualmente la liberazione di CO<sub>2</sub>).

A quanto pare il meccanismo si esaurì perché il pianeta, essendo troppo piccolo ed avendo quindi minor calore al suo interno<sup>6</sup>, lo perse più rapidamente per il suo alto rapporto superficie/volume. L'interno di Marte divenne dunque così freddo che il pianeta non fu più in grado di liberare CO<sub>2</sub> dalle rocce carbonatiche e, al contrario, tutta la CO<sub>2</sub> sottratta all'atmosfera per opera del processo di alterazione superficiale rimase fissata nel suolo lasciando un'atmosfera rarefatta con un clima che si approssimò gradualmente ai rigori attuali. Questa spiegazione però, implica che Marte, all'interno della sua crosta, debba contenere grandi quantità di rocce carbonatiche (carbonati sono stati rinvenuti in alcune meteoriti marziane. Saranno le sonde delle missioni future a darcene risposta.

---

<sup>5</sup> \*Questo meccanismo non potrebbe applicarsi al vapore acqueo perché l'acqua presente nell'atmosfera non sarebbe in grado di controbilanciare le variazioni che si verificherebbero nella temperatura alla superficie ma, al contrario, le amplificherebbe.

Solo un declino complessivo del livello di CO<sub>2</sub> potrebbe spiegare il perché, quando nel corso dei miliardi di anni la radiazione solare divenne più intensa, la temperatura alla superficie terrestre non aumentò di pari passo, ma rimase in un intervallo favorevole alla vita.<sup>5</sup>

<sup>6</sup> Calore dovuto all'energia cinetica sviluppatasi alla formazione del pianeta.

## **Dov'è finita tutta l'acqua su Marte?**

Quando negli anni mediani del 1970 la sonda Viking della NASA mostrò che Marte un tempo pullulava di vitalità geologica, Timothy Parker, esaminando le immagini del Viking, notò nel paesaggio marziano antiche formazioni simili ad archi sottili, strisce ed increspature. Le somiglianze con i bordi essiccati del lago Bonneville, un mare preistorico che una volta copriva parti del territorio dello Utah, del Nevada e del Idaho, portarono Parker e colleghi a credere che la maggior parte dei resti simili a delle spiagge, nell'emisfero nord di Marte (pianure molto piatte e senza caratteristiche, in contrasto con le altre più antiche e più craterizzate del sud) e le apparenti costiere richiedessero almeno due o più insediamenti di un mare o un oceano per almeno geologicamente brevi periodi di tempo, con temperature sopra il punto di congelamento (già altri ricercatori infatti avevano identificato enormi cumuli di sedimenti, giganteschi crepacci interconnessi, evidenza di corpi d'acqua stagnante. Inoltre constatarono che parecchi canali formatisi da gigantesche inondazioni si erano scaricati direttamente nella pianure del nord.

L'ipotesi della presenza di un oceano ha ricevuto una forte spinta dai milioni di misurazioni delle altitudini ottenute su tutto il pianeta dal Mars Orbiter Laser Altimeter (MOLA). Utilizzando i suoi dati sono stati scoperti (Head) ed identificati stimolanti indizi e tracce vicino ad apparenti costiere:

1. Controllando le altitudini dei due principali gruppi di lineamenti del presunto oceano (mappati da Parker), essi notarono che il limite più esterno e più alto, la costiera Arabia, serpeggia in su e in giù in elevazione, su una distanza di 5 km e mezzo, mentre il bordo più interno, la costiera Deuteronilus, ha un'elevazione più costante e, lungo l'intera circonferenza della linea di costa, non devia mai più di 280 m dalla sua media. Inoltre, in un punto la linea non combacia a causa del cratere Lyot, in un altro, nella regione del Mons Elysium, potrebbe essere stata sepolta sotto le correnti di lava ed in un terzo punto potrebbe essere stata cancellata dal sollevamento della crosta, nella regione che formò la sporgenza di Tharsis.
2. La superficie marziana, sotto e sopra la linea di costa Deuteronilus, appare più liscia ed i suoi lineamenti sembrano più addolciti che al di sopra di essa. Lo studioso Head ed il suo team hanno inoltre notato ampi terrazzi simili a quelli che si formano sulla Terra quando la costiera recede, che potrebbero indicare zone dove il terreno, saturo di ghiaccio, è crollato lungo un leggero pendio.
3. Ivanov e Head hanno scoperto che, i sei maggiori alvei di inondazioni si riversano nella Chryse Planitia a quote entro i 350 m l'uno dall'altro, su di una apertura di 2.200 km. Il grande mare del nord, intanto, si era già alzato a quei livelli quando gli ultimi torrenti in piena vennero a riversarsi nei canali.

**Se la nozione di oceano di Parker è corretta significherebbe che almeno 27 milioni di kmq del suolo marziano probabilmente erano coperti, con una profondità che andava da 620m ad un massimo di 1500m (1/3 dell'Oceano atlantico). Sebbene i**

canali alluvionali su Marte facciano scomparire per la loro grandezza quelli terrestri, avrebbero dovuto sgorgare dozzine di volte per riempire le pianure settentrionali fino alla costiera Deuteronilus. Tali inondazioni, propone Victor Baker ed il suo gruppo nel 1991, sono avvenute ripetutamente ogniqualvolta movimenti vulcanici nelle profondità della crosta provocavano lo scongelamento del permafrost marziano su larga scala.

Stephen Clifford da parte sua afferma che (sia che la linea di costa fosse reale o immaginaria) il pianeta primordiale aveva una crosta permeabile e non gelata che, in modo naturale, permetteva all'acqua di drenare nelle pianure e nelle depressioni del nord.

Un altro studioso, Michael Karr, sostiene ancora che circa 4 miliardi di anni fa, nel periodo Noachiano, le zone più basse del pianeta dovevano avere masse d'acqua stagnante che molto probabilmente non sono esistite in tempi più recenti. Secondo Clifford, dopo le catastrofiche inondazioni che formarono un oceano, 2 o 3 miliardi di anni fa (quindi ancora nella prima storia del pianeta, quando il calore interno stava ormai scendendo), il calore interno stava ormai scemando ed il pianeta era già in un clima di intenso gelo. L'oceano del nord e la crosta avevano cominciato a congelare.

Conseguentemente, spesse calotte coprirono ciascun polo e la pressione causata dalla calotta settentrionale spinse l'acqua sottostante verso sud ed in salita, nelle terre più alte.

Allora la crosta gelata non era ancora abbastanza spessa per resistere alla crescente pressione idraulica per cui si vennero a creare ripetute fratture nei punti più deboli. Le inondazioni si precipitarono verso nord, sopra e sotto il grande lastrone oceanico di ghiaccio, il cui aumento volumetrico avrebbe fatto galleggiare il 'coperchio' di ghiaccio creando forse un anello d'acqua tutt'intorno, dove correnti di ghiaccio sospinte dal vento avrebbero eroso le linee di crosta.

Se alcuni specialisti marziani sono allettati dall'ipotesi dell'oceano, altri hanno tuttora delle riserve.

Una di queste si basa sull'affermazione che se i segni di acqua alta, che arrivarono a superare i 3 km di altezza sopra i lineamenti Deuteronilus fossero reali, implicherebbero che il pianeta abbia 'strizzato' la sua intera quantità d'acqua, dal suo interno sulla superficie.

Bruce Jackosky fa notare, che non c'è evidenza che il Marte primordiale avesse un sistema di trasporto d'acqua sotterraneo, come sostiene Clifford. Carr argomenta invece che ogni successiva inondazione portata dai canali scaricò la sua acqua sulla pianura nordica e, rapidamente, congelò sul posto.

Le inondazioni successive, dunque, non ricaricarono l'oceano ma semplicemente ispessirono lo strato di ghiaccio e le distese che vediamo oggi sul pianeta rappresentano le parti superficiali di questi strati. Inoltre, continua Carr, i confini segnalati da Parker sono tutti considerevolmente più alti dell'attuale superficie delle pianure, significando che gran parte del contenuto dell'oceano è, in qualche modo, scomparso.

## **Dove è finita allora tutta quell'acqua?**

La sublimazione del ghiaccio in vapore acqueo nell'atmosfera sarebbe stata rallentata vicino al polo, specialmente una volta che le pianure furono coperte dalle polveri portate dai venti. Forse il pianeta rosso ha subito oscillazioni polari molto ampie che potrebbero aver accelerato la partenza dell'acqua dal suo sconfinamento settentrionale.

Cosa abbia formato le estese pianure del nord non è facile dirlo. Infatti, oltre alle immagini vaghe e poco chiare del Mars Global Surveyor (dovute forse all'illuminazione del primo pomeriggio) che crearono a Parker non poche difficoltà nell'identificazione di costiere distinte, i dati del M.S.G. mostrano poca evidenza della presenza di estesi depositi di carbonati o sali, composti che avrebbero dovuto formarsi quando l'acqua sciabordava contro la spiaggia marziana, mescolandosi con l'anidride carbonica del pianeta...

Sapendo che l'acqua è elemento essenziale per la nascita e lo sviluppo della vita, ed avendo la certezza della sua presenza sul pianeta rosso in un lontano passato, viene naturale e spontaneo chiedersi se su Marte sia mai esistita la vita. Se, come abbiamo precedentemente visto, le sonde spaziali che orbitarono e si posarono sul pianeta non furono in grado di darci una risposta definitiva, né in negativo né il positivo, altri importanti elementi in questa direzione ci vengono offerti dalla meteorite ALH84001, trovata in Antartide. Essa potrebbe testimoniare che su Marte siano esistiti, e forse esistano ancora, esseri viventi.

La meteorite precipitò in Antartide dallo spazio, dove vagò per qualche milione di anni, 13.000 anni fa; nel 1984 viene scoperta, **nel 1993 il campione ALH84001 è identificato come meteorite di indubbia origine marziana** e nel 1996 le analisi dell'oggetto rivelano la presenza di corpuscoli ovoidali e tubiformi contenuti nei globuli carbonatici di ALH84001, con una somiglianza sorprendente con fossili di batteri terrestri.

**Che si tratti di resti fossilizzati di microrganismi o batteri? Simili organismi potrebbero ancora esistere nei pori e nelle fessure delle rocce, sotto la superficie marziana, contenuti probabilmente in acqua allo stato liquido?**

Dopo che la roccia ormai cristallizzata sulla superficie del pianeta fu colpita da un bombardamento meteoritico, un fluido ricco d'acqua colò attraverso le fratture e, in esse, si formarono minuscoli globuli di minerali carbonatici. Il liquido colato nella fratture doveva probabilmente contenere molecole (come idrocarburi) derivanti dalla decomposizione di organismi viventi, che furono depositate dal fluido all'interno o nei pressi dei globuli carbonatici in via di formazione. Una collisione particolarmente violenta espulse poi la meteorite nello spazio.

Le meteoriti di sicura origine marziana trovate sulla Terra forniscono anch'esse prove tangibili del fatto che Marte abbia posseduto acqua in passato, poiché mostrano segni inequivocabili di alterazioni dovute solo all'azione dell'acqua. Un'altra prova dell'esistenza di acqua sulla superficie del pianeta è rappresentata da una goccia d'acqua marziana, custodita in una fiala ed ottenuta riscaldando un frammento della meteorite ALH84001 da parte di ricercatori della NASA nel 1991.

Vi sono elementi fondamentali che possono plausibilmente spiegare i globuli carbonatici, di cui si è parlato sopra, come antichi resti di vita microscopica:

1. **alcuni minerali presenti al loro interno sono simili**, se non identici, **a certi minerali terrestri di origine biologica**;
2. **la presenza e l'abbondanza di molecole di carbonio organico in ALH84001 costituisce un forte indizio di processi biologici**;
3. **le molecole di idrocarburi presenti nelle zone ricche di carbonati della meteorite sono i prodotti di decomposizioni di organismi viventi** trasportati dal liquido e intrappolati nei globuli in via di formazione;
4. vi è una sorprendente **somiglianza con i fossili di batteri terrestri**;

E' molto improbabile che le molecole in questione, all'interno della meteorite, siano state contaminate; ciò rafforza l'idea che i carbonati siano di origine marziana e contengano i resti di antichi organismi viventi (anche se nel 1997 le riviste scientifiche 'Science' e 'Nature' pubblicavano, quasi contemporaneamente, pareri contrastanti sulla meteorite). Il pianeta Marte, che una volta possedeva H<sub>2</sub>O in superficie, potrebbe tuttora possedere un'attiva circolazione sotterranea, al di sotto del permafrost, ove gli organismi microscopici potrebbero essersi trasferiti quando le condizioni in superficie divennero inospitali. E' perciò verosimile che, se sul pianeta esistettero organismi nel lontano passato, essi possano esistere ancora nei pori e nelle cavità ricche d'acqua delle rocce sotterranee.

Dalla raccolta di campioni di roccia e suolo marziani da parte delle missioni future (quella del 2005 o quella umana) potremo finalmente venire in possesso dei dati sufficienti per stabilire in modo definitivo se su Marte la vita sia mai esistita.

Se tutte queste premesse testimoniano come Marte, un tempo, fosse un pianeta ricco d'acqua, con fiumi, laghi, oceani e forse la vita, **cosa fu a renderlo così arido, freddo e morto?**

Alcuni scienziati pensano che Marte sia stato 'ucciso' da un incredibile bombardamento di asteroidi o comete (come mostrano gli innumerevoli crateri sulla sua superficie) che, probabilmente, provocò cataclismi ed inondazioni che privarono il pianeta della densa atmosfera che prima possedeva e dell'acqua allo stato liquido che aveva sulla sua superficie.

A sostegno di questa ipotesi vengono elencate alcune 'particolarità' riguardanti il pianeta come:

1. Orbita sensibilmente ellittica;
2. Velocità di rotazione molto più lenta di quanto dovrebbe essere;
3. Campo magnetico quasi inesistente;
4. Movimenti disordinati del suo asse e cambiamenti drastici dell'angolo di orientazione;
5. Grandissimo numero di crateri da impatto nell'emisfero sud;
6. Emisfero settentrionale più basso di 5000 m rispetto a quello meridionale;
7. Incredibile voragine della Vallis Marineris (dovuta al crollo della crosta marziana);
8. Hellas, Argyre e Isidis, i crateri più profondi ed ampi del sistema solare (compensati sull'altro lato dal Monte Elysium e dal rigonfiamento di Tharsis?).

Riguardo al diverso livello d'altitudine dell'emisfero nord, alcuni scienziati ritengono che sia stato causato da un bombardamento eccezionale di asteroidi (o da un mega-asteroide) che, spezzandone la crosta, cancellò con la lava fresca fuoriuscita dall'interno del pianeta i crateri precedenti, ridisegnandone la superficie. Questo materiale sarebbe stato scagliato su Marte forse a causa di perturbazioni o collisioni di corpi nella fascia degli asteroidi, determinate dall'attrazione di Giove. Pattern e Windsor sostengono invece la tesi secondo cui, un pianeta, 'Astra' entrò probabilmente in collisione con Marte venendo distrutto non appena entrato nel 'limite di Roche'. I frammenti, alcuni dei quali molto grossi, procurarono danni irreversibili al pianeta.

**Anche la NASA, ai tempi del Mariner 4, ipotizzò che l'orbita di Marte avesse subito, in un certo periodo del passato, un forte cambiamento e che la sua struttura sia stata seriamente danneggiata.** Alcuni scienziati ipotizzarono che non si potesse escludere che uno strato di crosta marziana dell'emisfero settentrionale, dello spessore di 3 km, sia stato sollevato nello spazio a causa dell'energia prodotta dai grandi impatti di Hellas, Argyre e Isidis, nell'emisfero sud.

Considerando l'aspetto cronologico di questi avvenimenti catastrofici, per strutturare una loro datazione si è proceduto esaminando le foto scattate dal modulo orbitale. Siccome si ha ragione fondata di credere che il numero più elevato di impatti si sia avuto all'inizio della storia del sistema solare, le zone in cui si trova la maggior quantità di crateri vengono ritenute più vecchie. Poiché Marte è fortemente craterizzato a Sud, se ne deduce che la maggior parte dei crateri di questa zona debba essersi formata miliardi di anni fa. Pattern sostiene invece che una 'bufera' di proiettili abbia colpito un singolo emisfero di Marte creando, in un tempo molto breve e forse di recente, un ingente numero di crateri, dando così un'apparenza di origini antiche a configurazioni in realtà molto giovani. L'ultimo cataclisma di Marte (meno di 20.000 anni fa) sarebbe addirittura contemporaneo a quello che colpì la Terra alla fine dell'ultima era glaciale (circa 17.000 anni fa, quando le calotte polari avvolsero America ed Europa del nord per almeno 100.000 anni). Non si può quindi escludere che la rovina dei due pianeti possa aver avuto la stessa causa. Come si può facilmente constatare le ipotesi formulate dagli scienziati in relazione alla incertissima storia geologica marziana sono numerose, differenti ed alcune azzardate, tuttavia, comunque siano andate le cose e quando siano accadute, sappiamo che, fino al momento in cui il pianeta Marte fu così duramente colpito, esso aveva un'atmosfera densa, simile a quella della Terra che consentiva la formazione di fiumi, laghi ed oceani, che possedeva un forte campo magnetico<sup>7</sup> (come

---

<sup>7</sup> *I campi magnetici sono la prova del movimento della crosta marziana nel passato, del fenomeno di tettonica a zolle che, evidentemente, riguardava il pianeta. Marte, infatti, avrebbe avuto nel passato un'attività tettonica simile alla deriva dei continenti terrestri. Le prove di questa attività sono state trovate sotto forma di bande di roccia magnetizzate e parallele che sembrano allontanarsi da una linea comune. La stessa cosa avviene sulla Terra in prossimità delle dorsali oceaniche, dove si forma la nuova crosta terrestre che registra fedelmente l'orientamento e l'intensità del campo magnetico del pianeta (quello di Marte è ora di 1/800 di quello terrestre). Queste fasce magnetizzate parallele sono state osservate in due regioni distinte dell'emisfero sud, che si pensa essere più antico. Marte, avendo una superficie ad alto contenuto di ferro è particolarmente adatto a 'congelare' l'attività magnetica del passato. (E' stato il Mariner9, per la prima volta, a mostrare che Marte possiede una struttura vulcanica e di tettoniche a zolle).*

risulta dalla recente scoperta del Mars Global Surveyor), che vi erano vaste quantità d'acqua sotto forma di ghiaccio nei suoi poli e sotto la superficie e che sono stati trovati numerosi indizi e tracce di processi di vita organica.

Sorprendente e' stata poi la scoperta, fatta dal Mars Global Surveyor di una nuova prova del movimento della crosta marziana nel passato. Si tratta di strisce magnetiche sulla superficie del pianeta che non lo circondano interamente, come sulla terra, ma che sono locali, in quanto la dinamo marziana (costituita, quando in attività, da un nucleo di metallo fuso) si è estinta ed i suoi campi magnetici non sono ormai che resti fossili del suo antico campo magnetico globale.

Se queste bande, rilevate dal magnetometro della sonda, rappresentano un'impronta dello spostamento della crosta (come avviene nelle dorsali medio-oceaniche sui fondi marini della Terra), esse sono il resto di un'era primitiva di tettonica a zolle sul pianeta.

## Come potrà essere

### Esplorazione e costruzione di Marte (introduzione)

L'uomo, nella sua storia, è stato soggetto a migrazioni causate da sovrappopolamento, scarsità di risorse, ricerca di libertà sia religiosa che economica ed altri interessi.

Ora, ancora una volta, la necessità di allargare la sfera della vita e dell'agire umano, spinge l'uomo alla ricerca di un nuovo ambiente naturale vivibile, di una nuova frontiera che garantisca la vita futura di un'umanità in crescita troppo forte, con risorse limitate e che eviti, nel secolo ventunesimo e oltre, l'alta probabilità di un inferno sulla Terra.

#### Perché Marte?

#### Perché Marte e non la Luna?

Fra i corpi extraterrestri del nostro sistema solare, Marte è unico in quanto possiede tutte le materie prime necessarie per sostenere non solo la vita, ma un nuovo ramo di civiltà umana.

L'abbondanza di questi elementi dipende dai processi idrologici e vulcanici che si sono manifestati su Marte così come sulla Terra; ciò non è accaduto sulla Luna. Volendo tuttavia considerare la Luna come possibile alternativa per la colonizzazione umana extraterrestre dobbiamo dire che il nostro satellite è carente di circa la metà dei metalli di interesse industriale e in più è così asciutto, che se i colonizzatori lunari trovassero del cemento dovrebbero ricavare acqua da esso.

Sulla Luna non c'è abbastanza.

Essa è priva di idrogeno, ossigeno e carbonio che sono tre dei quattro elementi (il quarto è l'azoto) più necessari alla vita. Sulla Luna avremmo un altro grandissimo problema; la luce del Sole non è disponibile in una forma utile per la crescita delle colture (piante ecc.) in quanto lì, come nello spazio, essa non viene schermata da una qualsiasi atmosfera; le radiazioni solari ucciderebbero qualsiasi tipo di piante, pur cresciute in serre (per evitare ciò occorrerebbero serre con pareti di vetro dallo spessore di dieci centimetri, il che comporterebbe un costo proibitivo).

Al contrario su Marte c'è un'atmosfera sufficientemente densa per proteggere i prodotti cresciuti sulla sua superficie dalle eruzioni solari. Serre fatte di plastica sottile e trasparente (impraticabili sulla Luna perché genererebbero tra l'altro alte ed insopportabili temperature) su Marte produrrebbero, al loro interno, il clima temperato richiesto.

Nei primi anni di insediamento tali serre potrebbero essere importate 'prefabbricate' dalla Terra, ma in seguito si potrebbero costruire sul Pianeta Rosso ed in misura sempre crescente, coprendo così vaste aree della superficie marziana sia con abitazioni che con aree agricole.

Il punto è che i colonizzatori marziani saranno in grado di arrivare a vivere sulla superficie del pianeta non in tunnels, ma muovendosi liberamente e crescere le messi nella luce del giorno.

Marte è un posto dove gli umani possono vivere mantenendosi con i prodotti di qualsiasi genere ricavati dai materiali locali; questo è certo un luogo ove una vera civiltà può svilupparsi e creare anche un commercio interplanetario. Il solo luogo del sistema solare, con la Terra, dove gli esseri umani saranno in grado di crescere messi per l'esportazione.

***Marte ha ciò che ci vuole, quanto e risorse, per dar vita al nuovo.***

Anche se a prima vista Marte può apparire un deserto (molte delle sue proprietà fisiche sono simili a quelle della Terra) esso è ricco di anidride carbonica, azoto, ghiaccio d'acqua e permafrost da cui è possibile ricavare carbonio, azoto, idrogeno e ossigeno (elementi essenziali alla vita), ha tutti i metalli e materiali grezzi utili sia a creare la vita che a sviluppare una civiltà tecnologica in grado di trasformare i materiali grezzi in cibo, propellente, ceramiche, plastica, metalli, strutture, ambienti naturali ecc.

Nello spazio di un secolo una capacità ingegneristica potrebbe essere creata su Marte e trasformare il pianeta (anche se non proprio come l'ambiente terrestre), almeno in modo da ricreare le condizioni calde e umide del Marte primitivo facendo, col tempo, di un deserto una nuova casa, la base per il futuro dell'umanità terrestre per i prossimi svariati secoli. Alcuni biologi si sono chiesti se Marte potesse essere reso ospitale per la colonizzazione da parte di forme di vita terrestri. I modelli climatici fanno pensare che sia possibile trasformare il Pianeta Rosso in un mondo più simile alla Terra utilizzando le tecnologie esistenti. Marte è troppo freddo, troppo secco e la sua atmosfera troppo rarefatta per la vita, ma questi tre parametri possono essere modificati con una combinazione di interventi umani e cambiamenti biologici.

Spinti dalla necessità di aprire una nuova frontiera per l'umanità terrestre futura cogliamo l'opportunità di trasformare Marte (nel senso di trasformare il clima, l'ambiente ma sotto l'aspetto biologico, cioè con l'uso di organismi biologici), e di insediarsi su di esso impegnando le nostre energie per tre o quattro secoli.

Seguendo in parallelo i motivi storici che spinsero gli europei ed altri ad andare in America ed esaminando il progresso in campo scientifico e tecnologico durante i quattro secoli di frontiere aperte sul nostro pianeta, si vede come grande sia stato l'avanzamento della nostra civiltà.

Certo che i problemi economici e tecnologici relativi alla colonizzazione di Marte nel XXI secolo sono di gran lunga differenti e più complessi di quelli che si dovettero superare nella colonizzazione del Nuovo Mondo nel XVII secolo o dell'Australia nel XIX secolo tuttavia, la fattibilità di ciò risulterà possibile e convincente quando, capita la sua reale portata economica ed il valore degli insediamenti coloniali su Marte, diverrà un obiettivo internazionale a cui concorrerà lo sforzo e l'intento di tutta l'umanità.

**Le stelle più vicine, è vero, sono incredibilmente distanti, circa 100.000 volte la distanza di Marte eppure, lo stesso Marte, è circa 100.000 volte tanto lontano dalla Terra quanto l'America dall'Europa (la fantascienza di un tempo è ormai realtà).**

Se i passati quattro o cinque secoli di progresso hanno moltiplicato le nostre capacità con un così grande rapporto, non potrebbe accadere la stessa cosa di nuovo, nei prossimi quattro o cinque secoli?

C'è ragione di credere che ciò sia possibile.

Ci incoraggiano e ci stimolano in questa direzione i giganteschi passi dell'umanità che la storia ci rivela ad ogni nostro sguardo retrospettivo: dall'esiguo mondo del popolo greco alla conquista del Mediterraneo, dall'Europa all'America, dalla Terra a Marte e, presumibilmente nel futuro, dal sistema solare alla vicine stelle. Il compito di questa trasformazione spetta all'ingegneria planetaria che, sotto l'aspetto biologico, dovrà cambiare l'ambiente di Marte cosicché gli organismi terrestri possano ivi sopravvivere e crescere. Le prospettive di una capacità tecnologica futura a mutare l'ambiente marziano si fanno sempre più concrete inoltre è dimostrato che i potenziali sistemi di trasporto interplanetario (con 'modesti' progressi su scala storica) potranno permettere a famiglie o a individui di emigrare su Marte.

## **Esplorazione, costruzione di base, insediamento e costruzione planetaria**

Le differenti fasi di attività che saranno necessarie per trasformare il Pianeta Rosso sono:

1. Esplorazione
2. Costruzione di base
3. Insediamento
4. Costruzione planetaria con:
  - a) la creazione di una biosfera anaerobica autoregolantesi
  - b) la creazione di un clima abitabile per l'uomo

### **Esplorazione**

Lo scopo di questa fase è di risolvere le maggiori e notevoli domande relative alla vita passata, alla storia del pianeta per condurre un'indagine preliminare delle risorse di Marte, determinare le posizioni ottimali delle future basi di insediamento umano e gestire operazioni utili su fondamentali e basilari regioni della superficie del pianeta.

### **Costruzione di base**

L'essenza di questa fase, con inizio circa dieci anni dopo l'iniziale sbarco umano, è svolgere su Marte una ricerca agricola, industriale, chimica e di ingegneria civile per conoscere a fondo e padroneggiare una serie di tecniche atte a trasformare i materiali grezzi marziani in risorse utili e produrre, oltre al combustibile e all'ossigeno ricavati dall'aria marziana, cibo, vestiario, rifugi e ricoveri per una vasta popolazione sul Pianeta Rosso.

### **Insediamento**

La fase di popolamento di Marte inizierà una volta che tutte le tecniche di trasformazione delle risorse indigene saranno state per bene apprese, creando lì un nuovo ramo di civiltà umana.

Le crescenti capacità di trasformazione del pianeta permetteranno alla nuova popolazione marziana (una società ormai di centinaia di migliaia di persone) di rendersi

sempre più indipendente economicamente (nelle prime due fasi e quando i nuovi marziani sono ancora in numero ridotto, i finanziamenti saranno governativi), di rendersi autosufficienti (in un futuro più lontano), autarchici ed in grado di produrre generi di esportazione che permettano loro di pagare le importazioni di cui necessitano.

## **Costruzione planetaria**

Se un numero sufficiente di popolazione troverà un modo per vivere e prosperare su Marte, senza dubbio necessiterà prima o poi creare un ambiente vivibile, un ambiente con un clima abitabile per l'uomo.

La fattibilità di ciò è in un certo senso una conseguenza della attuabilità economica dello sforzo di colonizzazione marziana. I modelli di costruzione planetaria implicano l'uso di organismi biologici, sia per cambiare l'ambiente planetario sia per regolare la risultante biosfera.

Allo stato attuale l'ambiente superficiale marziano renderebbe sterile tutte le forme di organismi terrestri a causa di:

- a. Bassa pressione (da 7,4 a 10 mbar) che danneggia gli organismi;
- b. Bassa temperatura (danneggerebbe le cellule di qualsiasi organismo e impedirebbe le reazioni biochimiche e metaboliche);
- c. Instabilità dell'acqua (prerequisito per la vita)
- d. Radiazione ultravioletta (letale, in assenza di ozono, per tutti gli organismi);
- e. Alta concentrazione di CO<sub>2</sub> (può essere dannosa per le proteine cellulari e per il metabolismo);
- f. Nessun materiale organico.

Anche se estremamente ostile per la vita terrestre, l'ambiente marziano contiene sufficienti sostanze volatili per rendere possibili la colonizzazione e la costruzione del pianeta, e l'analisi del suo suolo ha mostrato che tutti gli elementi necessari alla vita terrestre, basata sul carbonio, sono presenti su Marte.

Per rendere Marte meno ostile per la costruzione planetaria iniziale degli organismi, sarà necessario aumentare la pressione atmosferica.

Ciò avrà un numero di effetti:

- 1. aumentare la temperatura superficiale**
- 2. rendere stabile l'acqua liquida (almeno alle latitudini equatoriali);**
- 3. aumentare la quantità di ozono (per ridurre la radiazione UV).**

**La chiave è CO<sub>2</sub>**, l'anidride carbonica, per dotare Marte di un'atmosfera più densa fino ad ottenere una pressione 1 o 2 volte quella della Terra; in questo modo il pianeta si riscalderebbe naturalmente sopra il punto di congelamento dell'acqua (questo sarebbe il primo passo logico per rendere Marte abitabile).

Per accelerare l'operazione di riscaldamento del pianeta, alcuni scienziati pensano di poter catturare e riflettere energia solare sulla regioni polari, impiegando enormi specchi e cospargendo le calotte di polveri nere (sempre per far sciogliere il ghiaccio di CO<sub>2</sub> ed immettere una maggior quantità di anidride carbonica nell'atmosfera), tuttavia il metodo più pratico è l'impiego di gas serra da pompare nell'atmosfera o

anche gas-superserra quali il metano, l'ammoniaca, gli ossidi di azoto, che sono molto più efficienti.

Un aumento della temperatura di  $-60$  a  $-40$  provocherebbe già la liberazione dell'anidride carbonica dalle calotte e dal suolo; essa aumenterebbe l'effetto serra che indurrebbe l'immissione in atmosfera di altra  $\text{CO}_2$   $\text{H}_2\text{O}$ , generando con un effetto a catena un'atmosfera densa e tiepida (in 100 anni? E poter arrivare ad avere abbondante acqua liquida in 600 anni?).

I gas serra verranno prodotti localmente su Marte con processi chimici all'inizio e poi, biologicamente, con l'aiuto di microrganismi. Avremo quindi centinaia e centinaia di piccole fabbriche gas-serra, alimentate ad energia solare che genererebbero e libererebbero i gas nell'atmosfera. L'innalzamento della temperatura, dovuta alla presenza di questi gas, causerà anche il degassamento dell'anidride carbonica assorbita nella regolite, aumentando ancor più l'effetto serra che, di conseguenza, determinerà un ulteriore degassamento e via di seguito.

E' stato dimostrato che un ritmo di produzione di 1000 tonnellate all'ora di gas farebbero salire la temperatura di Marte di circa 10K e che il conseguente degassamento di  $\text{CO}_2$  farebbe salire la temperatura media marziana da 40K a 50K, con una risultante pressione superficiale del pianeta superiore ai 200mbar ed anche acqua liquida nelle parti più calde del Pianeta Rosso.

Una simile operazione sembrerebbe enorme se paragonata agli attuali sforzi spaziali, ma molto piccola se paragonata al totale sforzo economico umano del presente. Tale impresa potrebbe cominciare attorno alla metà del XXI secolo, con una sostanziale quantità di degassamento di alcune decadi. Gli umani non potrebbero respirare l'atmosfera di un simile Marte, ma le piante sì, ed in tali condizioni, tipi di vegetazione sempre più complessa creerebbero il suolo, l'ossigeno ed infine una robusta esosfera marziana.

La presenza di una fondamentale pressione determinata da un'atmosfera ancora irrespirabile porterebbe grossi benefici ai colonizzatori poiché, per operare all'aperto, verrebbe ad essere necessario soltanto un equipaggiamento semplice, caldo e traspirante e, nello stesso tempo, l'assenza di differenza di pressione fra l'interno ed il mondo esterno permetterebbe l'innalzamento di strutture gonfiabili a misura di città che potrebbero ospitare grandi insediamenti.

Ciononostante, Marte non sarà considerato pienamente abitabile finché la sua aria non sarà respirabile dall'uomo.

## **A quando una tale situazione favorevole all'uomo su Marte?**

Con una copertura completa del pianeta di piante fotosintetiche, ci vorrebbe circa un millennio per mettere 120 mbar di ossigeno nell'atmosfera di Marte, quantità necessaria per consentire la respirazione umana all'aperto. Ma gli umani trasformatori dell'ambiente marziano, accelererebbero il processo di ossigenazione con iniziative tecnologiche artificiali (peraltro ancora da stabilire) basate su opere di macroingegneria (con l'impiego diretto di sistemi a energia su vastissima scala) o su macchine autoriproducentesi, o sulla nanotecnologia (tecnologia di dimensioni estremamente ridotte rispetto a quella normale).

Supponendo che l'intero pianeta sia coperto con macchine che convertano la luce solare in elettricità con una efficienza del 30%, e tutta questa energia venga usata per liberare ossigeno dagli ossidi metallici, un'atmosfera marziana di ossigeno a 120 mbar potrebbe essere creata in circa 30 anni. Per l'introduzione e la crescita di microrganismi e piante terrestri su Marte, parzialmente alterato, saranno necessari metodi e meccanismi di adattamento degli organismi terrestri all'ambiente marziano. Questi organismi saranno cresciuti in condizioni ambientali simulate, simili al clima su Marte. Inoltre gli organismi dovranno anche sapersi adattare a circostanze mutevoli. **Il solo fattore di un ambiente marziano che sarebbe difficile simulare è l'effetto della gravità.**

Quando le condizioni ambientali marziane saranno più clementi anche gli organismi terrestri avranno bisogno di un minor adattamento.

I candidati ideali per la prima generazione di marziani, da importarsi da terra, potrebbero essere gli organismi (come alghe e licheni) capaci di vivere senza ossigeno in piccole serre di roccia arenaria porosa nelle valli desertiche del continente antartico. Però, se si dovesse scoprire che Marte ospita organismi viventi al di sotto della sua superficie, allora si dovrebbe pensare di alterare l'ambiente marziano in modo tale da consentire alla vita indigena di emergere in superficie e diffondersi sul pianeta.

Gli organismi terrestri serviranno ad un certo numero di scopi, sia durante che dopo la costruzione planetaria:

1. **Aumentare la pressione atmosferica e mutare la composizione chimica** (i microrganismi potrebbero essere usati per liberare la CO<sub>2</sub> dai depositi di carbonati e l'azoto dai depositi di nitrati; le piante potrebbero essere usate per convertire la CO<sub>2</sub> in ossigeno utile alla vita dell'uomo.)
2. **Controllare e regolare il clima** (organismi come le piante influenzeranno e regoleranno il clima riciclando vaste quantità d'acqua)
3. **Controllo dell'albedo** (la crescita delle piante abbasserà l'albedo delle calotte polari, aumentando così l'assorbimento della radiazione solare e incrementando la temperatura)
4. **Funzioni idrologiche** (nei cicli idrologici le piante giocano la parte del controllo dello scorrimento delle acque grazie al considerevole uso per il loro ecosistema, il che permetterà all'acqua di seguire il ciclo traspirazione-pioggie)
5. **Produzione di gas-serra** (i microrganismi potrebbero essere usati per trasformare i depositi di nitrati in NH<sub>3</sub>, un potente gas di serra, in N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>)
6. **Produzione di biomassa e protezione del suolo** (i microrganismi pionieri e le generazioni successive forniranno una piramide di biomassa per le successive generazioni di organismi; la crescita di appropriati microrganismi costruirà gradualmente una biomassa vegetale che proteggerà il suolo da un'erosione su larga scala)
7. **Produzione di materiali per i colonizzatori** (a patto che su Marte possano crescere organismi considerevoli, incluse le piante, si avrà la fornitura di legno per costruzione, cibi, medicine, antibiotici dai funghi ecc.)

Per instaurare un ecosistema stabile sarà estremamente importante, nella colonizzazione planetaria, la biodiversità. Va anche rilevato che la biologia su Marte deve sempre, e soprattutto negli stadi iniziali della colonizzazione, essere usata per aggiungere gas di serra CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> all'atmosfera. Prima di introdurre ampiamente microrganismi terrestri su Marte sarà necessario effettuare un'accurata ricerca della vita presente o estinta del pianeta.

**Se sarà possibile colonizzare il Pianeta Rosso, allora uno dei principali problemi biologici da affrontare potrà essere il cambiamento ambientale da una biosfera anaerobica (senza ossigeno) ad una aerobica.** Il solo meccanismo che potrebbe trasformare l'intera atmosfera è il processo biologico, su scala planetaria, della fotosintesi delle piante che assorbe CO<sub>2</sub> e genera O<sub>2</sub>.

L'accumulo di ossigeno libero nell'atmosfera porterà un mutamento radicale nella biosfera; gli anaerobi si ritireranno in ambienti non aerati e gli aerobi appena evoluti prenderanno il controllo della superficie. Usando modelli climatici e teorie biologiche gli scienziati hanno concluso che la risposta a questo grande progetto è probabilmente affermativa: con la tecnologia odierna potremmo trasformare il clima di Marte, rendendolo ancora adatto alla vita.

Rimane, in conclusione, da sottolineare che il rapporto fra biologia e colonizzazione planetaria di Marte può essere più accuratamente indagato soltanto quando l'inventario delle sostanze volatili, lo stato chimico e la distribuzione geologica saranno più chiaramente determinate.

Tuttavia, data l'abbondanza adeguata di tali sostanze volatili ed i progressi in tecnologia, non c'è ragione biologica perché la meta di almeno una biosfera anaerobica non possa essere realizzata.

Considerata la fattibilità della colonizzazione di Marte sotto l'aspetto scientifico e tecnologico, prendiamo ora in considerazione un altro aspetto di importanza fondamentale per la futura realizzazione della impresa umana sul Pianeta Rosso: la fattibilità economica.

Le difficoltà, i problemi tecnici, i costi a cui c'è e ci sarà da far fronte sollevarono, a suo tempo, una miriade di differenti giudizi e considerazioni, sorsero dubbi e paure, ma al tempo stesso la ragione, soprattutto spinta dagli esempi e dai precedenti storici della nostra civiltà, incitò ed incoraggiò a proseguire nell'impresa.

Le grandi imprese furono sempre precedute ed accompagnate da grosse difficoltà ma vennero poi vinte e superate dalla ragione e dal coraggio. Il viaggio di sola andata sul Pianeta Rosso e la sua colonizzazione potrebbero manifestarsi seguendo due precisi modelli: uno sponsorizzato dai governi e uno sponsorizzato dai privati.

Con una sponsorizzazione governativa già oggi avremmo a disposizione quei mezzi tecnologici richiesti per una immigrazione su scala significativa. Gli attuali mezzi tecnologici e veicoli spaziali possono permettere un'adeguata ospitalità, sia nello spazio che su Marte per 24 persone dotate di tutta la necessaria strumentazione.

**Considerando che il costo di un lancio verso il pianeta è di circa un miliardo di dollari (4 miliardi per un programma annuale di 4 lanci), il costo per immigrante sarebbe di circa 40 milioni di dollari; un prezzo che possono permettersi per un certo tempo i governi, ma non i singolo individui o gruppi privati.**

Va tuttavia considerato che il calcolo suddetto potrebbe essere cambiato e presumibilmente abbassato con l'uso di nuovi veicoli di trasporto alimentati da propellenti meno costosi e meno pesanti (veicoli a propulsione elettrica o anche vele solari), di veicoli spaziali capaci di riciclare acqua e ossigeno. Ciò ridurrebbe di molto i consumi e di conseguenza anche il costo per passeggero che potrebbe presumibilmente scendere ulteriormente fino a poco più di 300.000 dollari.

Cifra ancora notevole che verrebbe però giustificata dalle allettanti prospettive di un futuro tornaconto ricavabile dalle risorse offerte dal nuovo ambiente.

Così fecero fra il XVII ed il XIX secolo molte famiglie europee che impegnarono tutto il loro avere per raggiungere l'America, agognata terra promessa.

I colonizzatori marziani, oltre che affidarsi alla loro invenzioni per produrre il necessario per vivere e nell'ottica del raggiungimento dell'auto sufficienza quando la popolazione di Marte sarà ormai di vari milioni, potranno essere in grado di fare la loro fortuna attraverso l'attività commerciale. Attività che vedrà coinvolti, oltre a Marte e Terra, anche la Fascia degli Asteroidi. Questi ultimi contengono vaste riserve di minerali di altissima qualità peraltro facilmente sfruttabili in quanto situati in un ambiente a bassa gravità che rende relativamente facile la loro esportazione. Se pensiamo poi alle forniture necessarie ai minatori che lavorano su asteroidi queste, non potendo essere prodotte localmente, dovranno pervenire o dalla Terra o da Marte.

Per condurre un tale commercio Marte ha un formidabile vantaggio (grazie alla sua velocità di fuga molto inferiore) rispetto alla Terra.

**Partendo da quest'ultima un commercio utile con la fascia degli asteroidi risulterebbe probabilmente impossibile, mentre sarebbe facile partendo da Marte.**

Il carico di lancio per inviare un 'cargo' alla fascia degli asteroidi è circa 50 volte meno per missioni partenti da Marte rispetto a quelle partenti dalla Terra, ed anche se il propellente e gli altri costi del lancio fossero 10 volte maggiori su Marte rispetto alla Terra, sarebbe ancora enormemente vantaggioso effettuare il lancio da Marte.

Ne consegue perciò che qualsiasi cosa che ha bisogno di essere spedita sulla fascia degli asteroidi e che potrà essere prodotta su Marte verrà prodotta su questo pianeta.

Il commercio interplanetario futuro potrà quindi avere il seguente profilo: ci sarà un **commercio a triangolo**, con la **Terra che fornisce a Marte merci lavorate con alta tecnologia**, **Marte che fornisce merci lavorate a bassa tecnologia e prodotti alimentari principali alla cintura degli asteroidi e, a sua volta, quest'ultima manderà sulla Terra metalli e possibilmente elio-3** (come avveniva nel periodo coloniale fra il triangolo commerciale formato da Gran Bretagna, Nord America ed Indie Occidentali).

## Conclusioni

Con la continua crescita della popolazione sulla Terra aumenterà sempre più la necessità da parte dei terrestri di trovare un rifugio ed una proprietà ove poter soddisfare le proprie esigenze di vita; il pianeta Marte è là in attesa di offrirci ospitalità sul suo suolo, che per le numerose ed impellenti richieste verrà a costare sempre di più. **Oggi Marte è per la nuova era di esplorazioni quello che il Nord America fu per l'era passata.**

La Luna è povera di risorse, la fascia degli asteroidi, (ricca di risorse per le potenziali esportazioni future) non offre la possibilità di sviluppare una società indigena; solo Marte ha l'intera gamma di risorse necessarie allo sviluppo di una civiltà locale. Solo Marte, che ha una posizione vantaggiosa per sostenere le attività estrattive nella cintura degli asteroidi da parte della Terra, è una meta fattibile e vitale per una vera colonizzazione, meta unica nel Sistema Solare capace di supportare una popolazione in misura sufficiente per creare un nuovo ramo di civiltà umana.

Abbiamo visto che con modesti progressi (su scala storica) dei sistemi di trasporto interplanetario si potranno mettere in condizione individui e famiglie di emigrare, a loro discrezione, su Marte.

Le ragioni che li spingeranno a fare ciò (una nuova e sempre più proficua economia, la fuga da una tradizione oppressiva, la libertà di creazione in un mondo non sottomesso ecc.) sono molto simili ai motivi storici per cui gli Europei ed altri raggiunsero l'America.

Marte diventerà una società di immigranti volontari che, operando in un ambiente duro e severo, produrrà in condizioni di necessità una serie di innovazioni pratiche e tecnologiche che porteranno al Pianeta Rosso una gran quantità di entrate molto utili al suo sviluppo ed al tempo stesso contribuiranno ad alzare il livello di vita terrestre.

***Ciò che il Mediterraneo fu per i Greci, ciò che il Nuovo Mondo fu per gli Europei dell'occidente, Marte lo sarà per le nazioni pioniere dei secoli futuri. Marte sarà destinato quindi a divenire il motore del progresso dell'era che sta per iniziare.***