



## UvA-DARE (Digital Academic Repository)

### Watersporen op Mars

Seijmonsbergen, A.C.; Cammeraat, L.H.; Jansen, B.

**Publication date**  
2005

**Published in**  
Kennislink [online]

[Link to publication](#)

**Citation for published version (APA):**

Seijmonsbergen, A. C., Cammeraat, L. H., & Jansen, B. (2005). Watersporen op Mars. *Kennislink [online]*. <http://www.kennislink.nl/web/show?id=139817>

**General rights**

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

**Disclaimer/Complaints regulations**

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: <https://uba.uva.nl/en/contact>, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.



ARTIKEL	METADATA
21/10/2005 Watersporen op Mars	Verzochten in: Kennislink
	TAAI: hedereeds
	AUTEUR: Dr. Harry Segmondsegeren, Dr. Erik Cammeraat en Dr. Boris Jansen
	BRON: IBED - Fysische Geografie, UVA
	DATUM: 21/10/2005

## SAMENVATTING

De discussie over het voorkomen van water op Mars, in vaste of vloeibare vorm, nu en in het verleden, is nog steeds in volle gang. Dat geldt ook voor het effect van mogelijk aanwezig water op de landschapsonwikkeling van de Rode Planeet. Met het vrijkomen van steeds meer nieuwe onderzoeksuitkomsten beginnen zich meer vastomlijnde ideeën te vormen over de rol van water in de geschiedenis van deze interessante planeet.

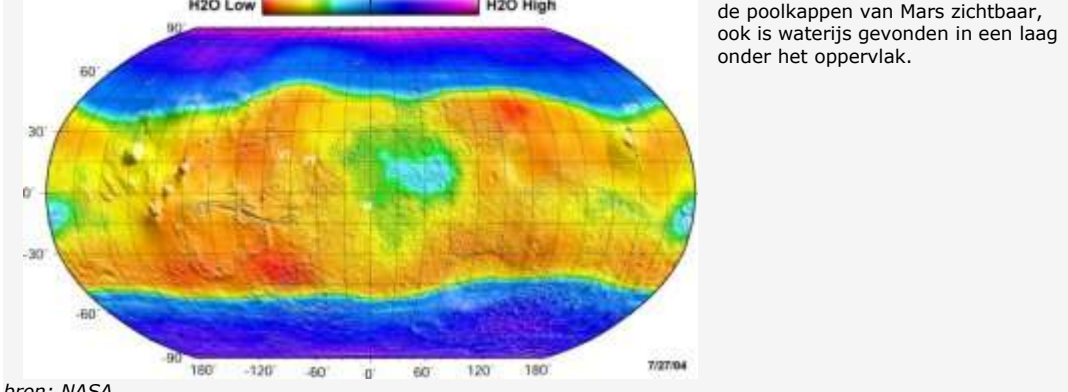
**De discussie over het voorkomen van water op Mars, in vaste of vloeibare vorm, nu en in het verleden, is nog steeds in volle gang. Dat geldt ook voor het effect van mogelijk aanwezig water op de landschapsonwikkeling van de Rode Planeet. Met het vrijkomen van steeds meer nieuwe onderzoeksuitkomsten beginnen zich meer vastomlijnde ideeën te vormen over de rol van water in de geschiedenis van deze interessante planeet.**

Recentelijk is er een onderzoek gepubliceerd in het gezaghebbende tijdschrift Science door Schuster en Weiss (2005). De conclusies van deze wetenschappers lijken niet helemaal in lijn te zijn met wat we tot nu toe weten over de waterbeschikbaarheid op Mars. Schuster en Weiss hebben aan de hand van brokstukken van meteorieten die op aarde gevonden zijn, berekend dat voor het grootste gedeelte van de laatste 4 miljard jaar de oppervlaktetemperaturen op Mars onder de 0° Celsius moeten zijn geweest. Omdat water onder het vriespunt natuurlijk bevroren is, suggereert het onderzoek van Schuster en Weiss dat er vrijwel geen effect van stromend water op de ontwikkeling van het Marsoppervlak kan zijn geweest.

Schuster en Weiss komen tot hun conclusie op basis van geochemische en petrografische analyses van de vele Mars meteorieten die tot dusver zijn aangetroffen op aarde. Als kometen of meteoren op Mars inslaan, kan de kracht van de inslag delen van het Marsoppervlak de ruimte in werpen. Een deel van dat materiaal stort vervolgens neer op Aarde, onder andere in het uitgestrekte veld in Egypte. Al die meteorieten wijzen door hun samenstelling op een koud en bevroren Mars.

Je kunt je echter afvragen of dit soort onderzoek aan meteorieten wel geschikt is om te concluderen dat Mars in zijn geheel vrij van water is geweest de afgelopen 4 miljard jaar. Bedenk maar eens wat er met materiaal van de aarde gebeurt als dat door bijvoorbeeld een zware meteorietimpact de ruimte in wordt geslingerd. De soort gelanceerd materiaal die op andere planeten terecht komt hangt erg af van welk deel van de aardkorst geraakt wordt, in welke richting bepaalde delen geslingerd worden en de kans dat verschillende soorten gesteenten op een willekeurige planeet in ons zonnestelsel terecht komen. Zelfs als Mars inderdaad altijd bevroren is geweest zijn er toch veel mogelijkheden om vloeibaar water te krijgen op zo'n ijskoude planeet.

Omdat dit nieuwe onderzoek tegenstrijdig lijkt aan veel van de felten en interpretaties die tot nu toe bekend zijn over het voorkomen van water op Mars is het verstandig een aantal van deze punten nog eens de revue te laten passeren. Deze zijn gebaseerd op bestaande wetenschappelijke publicaties die ingaan op het voorkomen van landschapsvormende (geomorfologische) processen waarbij water een prominente rol speelt.



bron: NASA  
Klik op de afbeelding voor een grotere versie.

## Landschappen op Mars

Geomorfologie is de wetenschap die de landschapsvormen, hun voorkomen, patronen, verspreiding en ontstaan probeert te verklaren. Op Mars komen veel landschapsvormen voor die op aarde al langer bestudeerd worden. Een vergelijking is dus snel gemaakt. Mars is de laatste van de vier zogeheten binnenplaneten, of terrestrische planeten. Omdat de afstand van Mars tot de zon ongeveer anderhalf maal zo ver is als de afstand Aarde-zon, is de oppervlaktetemperatuur van Mars ongeveer - 55°C, terwijl de gemiddelde temperatuur op aarde ongeveer +15°C K is. Verder is de Rode Planeet ongeveer half zo groot als de aarde en heeft een kleinere massa, dichtheid, zwaartekracht en atmosferische druk. Dit heeft uiteraard effect op de intensiteit van de processen aan het oppervlak. De belangrijkste processen zullen we hieronder kort bespreken in relatie tot de beschikbaarheid van water.

### Verweering

De Mars Explorer Rover (MER) Opportunity heeft het mineraal jarosiet aangetoond, een mineraal dat zich vormt door oxidatie van sulfidhoudende mineralen en door verandering van vulkanisch gesteente door zure, zwavelhoudende vloeistoffen nabij eruptiepunten. Ook op aarde is dit mineraal gerelateerd aan een vochtig, zuur en oxidierend milieu. Aanwezigheid van dit mineraal in nu droge gebieden kan dus betekenen dat de milieu op Mars rijker aan water geweest zijn in het (recente) verleden.

Landschapsvormen die gerelateerd worden aan karstprocessen (oplossen van gesteenten door water) zijn recentelijk door Berci (2005) waargenomen. Deze zogeheten dolines vormen zich als vloeibaar water (vaak een waterrijke oplossing met veel opgeloste zouten of 'brine') op het Marsoppervlak kan infiltreren naar de ondergrond en daarbij gesteente kan oplossen. De gesloten depressies die als gevolg van oplossingsverschijnselen gevormd zijn, zijn aangevoerd op het Marsoppervlak. Een andere opvallende waarneming is het feit dat er op het marsoppervlak korsten zijn waargenomen, die zijn samengesteld uit zwavelhoudende zouten, zoals MgSO<sub>4</sub>. Op aarde is er, om een vergelijkbare korst te kunnen vormen water nodig, dat als een cementerend middel dient (Cooper & Mustard, 2002). Als dit soort oppervlakken in een niet door inslagkraters beïnvloed gebied voorkomt, kan dit wijzen op recente vorming onder invloed van vloeibaar water, d.w.z. enkele tientallen miljoenen jaren oud, wat je in de lange geschiedenis van Mars 'recent' kunt noemen en wat in ieder geval veel korter geleden is dan de 4 miljard jaar waar Schuster en Weiss het over hebben.

NASA's Mars Rovers Spirit en Opportunity zijn sinds begin 2004 rond op de Rode Planeet. Ze hebben sensoren aan boord waarmee ze verschillende mineralen kunnen onderscheiden, waaronder materiaal dat op aarde alleen in vloeibaar water kan ontstaan. bron: NASA

**Hellingprocessen**  
Grote afschuivingen (Engels: landslides) zijn geen ongewoon fenomeen op mars. De ouderdom van deze grote afschuivingen wordt gesteld tussen 3,5 miljard jaar en 100 miljoen jaar geleden. In ons vorige artikel (*Water op Mars*, zie de links onderaan dit artikel) hebben we al aandacht geschonken aan het voorkomen van afschuivingen. De dimensies kunnen vele malen groter zijn dan bij ons op aarde. Onderzoekers tonen aan dat enkele te meten parameters aan afschuivingen, bijvoorbeeld de schuifweerstand en de verhouding tussen hoogte van afschuiving en de uitloopafstand vergelijkbaar zijn. Op aarde zijn normaal twee oorzaken voor deze fenomenen. Langs het schuifvlak neemt de weerstand door langdurige regen af en tijdens de beweging vormt zich een luchtkusseneffect.

Op Mars is de invloed van een luchtkusseneffect door de verminderde atmosferische druk vrijwel afwezig. Een geringe hoeveelheid water, vloeibaar of als een basale (gesmolten ijs) laag is echter wel een optie. Water als een component in de 'landslides' wordt aannemelijker als men naar de typische vormen van enkele grotere 'landslides' kijkt (Quantin et al., 2004). Ook hier doet de ouderdom weer vermoeden dat vloeibaar water een rol speelde tijdens de vorming.

**Fluviatiele processen**  
Het is algemeen geaccepteerd dat er water heeft gestroomd over het marsoppervlak. De geomorfologie van het marsoppervlak vertoont vele tekenen die dit ondersteunen zoals drainagepatronen, meanders van rivieren die afgesneden lijken, mega-ribbels die aan catastrofale gebeurtenissen gekoppeld kunnen worden, lacustriene (meer) fasen en puinwaaiers, die wijzen op fluviatiele afzettingen. Alleen is niet iedereen het eens over wanneer dit is gebeurd.

Dat er in de eerste miljard jaar water stroomde wordt door vrijwel alle marsonderzoekers onderkend, maar daarna wordt er aan beperkt vloeibaar water gedacht, of aan bevroren water nabij het aardoppervlak dat door diverse oorzaken (tijdelijk) vloeibaar kan worden. Malin & Carr (1999) noemen de vorming van Nanedi Vallis, een 800 km lang 'veen', dat jong ogend dal een van de belangrijkste Mars dalsystemen. Zij denken dat dit systeem gevormd is door grondwater, dat zelfs gedurende de laatste 10 miljoen jaar, maar grotendeels ook daarvoor, actief is geweest.

Netwerk van oude rivierbeddingen op Mars, gefotografeerd door de Viking-satelliet.

bron: Calvin J. Hamilton  
Klik op de afbeelding voor een grotere versie.

Een van de manieren waarop water geulen kan vormen is wanneer water onder druk vanuit de ondiepe, in eerste instantie bevroren, ondergrond aan het oppervlak komt. Een gebeurtenis die hiertoe aanleiding kan geven is de vorming van 'dikes'. Dit zijn intrusies van gesmolten gesteente die langs breukvlakken aan het marsoppervlak kunnen komen. De met de intrusie gepaarde temperatuurstijging kan tijdelijk het bevroren bodemijs ontdooien waardoor water erosie kan plaatsvinden (Baker, 2001).

Op andere plaatsen is grondwateruittrekking geopperd langs de steile hellingen aan de binnenzijden van krateranden als verklaring voor het voorkomen van geulsystemen, mogelijk in relatie tot warmteproductie gekoppeld aan de energie van de kraterinslag. Andere dendritische jonge dalen zonder schijnbare oppervlakte aanvoer suggereren ook dat een ondergrondse herkomst van vloeibaar water mogelijk is (Malin & Carr, 1999).

Een recent onderzoek van NASA wijst in de richting van geothermisch verwarmd water dat uit het oppervlakte stroomt als een verklaring voor gullies op het Marsoppervlak. . Op de flanken van recente vulkanen komen ook geulen voor. Deze worden door Neukum et al. (2004) toegeschreven aan de warmte die gepaard gaat met het vulkanisme, als de bodem die ijs bevat als gevolg hiervan smelt.

Baker (2001) trekt een parallel met situaties die op de eilanden van Hawaï voorkomen, en die aan 'groundwater sapping' (erosie door grondwater uittrekking) toegeschreven worden. Andere theorieën betreffen smeltende sneeuw (Christensen 2003) of smeltwater afkomstig van de zuidelijke poolkap (Hiesinger & Head III, 2002) in hun modellen als een alternatieve verklaring voor het voorkomen van water aan het Marsoppervlak.

Veel plaatsen op Mars, bijvoorbeeld de Valles Marineris Formation (zie Quantin et al., 2004) zijn intern gelaagd en worden daarmee als sedimentair gesteente beschouwd. Hun vorming is in dit geval te wijten aan binnenzeeën die ontstonden na de impact van een meteor. In de lacustrine omgeving die daarna het gevolg was, zijn meerdere kilometers dikke pakketten sedimenten geaccumuleerd. Er zijn aanwijzingen dat deze pakketten gedeeltelijk van jonge ouderdom zijn.

Mars Global Surveyor-opname van de kloof Candor Chasma op Mars. De gespaagte afzettingen zijn duidelijk zichtbaar. Op aarde ontstaan die structuren op de bodems van meren. Misschien is dat op Mars ook gebeurd en bevat Candor Chasma zelfs fossiele resten. Aan de andere kant kunnen ook wind-afzetting van materiaal of zelfs lavastromen dit termen hebben gevormd.

bron: Malin Space Science Systems  
Klik op de afbeelding voor een grotere versie.

**Ijs op Mars**  
Mars heeft twee ijskappen, één aan elke pool. Net als op aarde kunnen deze ijskappen, maar ook gletsjers in het verleden een groter bereik hebben gehad gedurende ijstijden. Dat er op mars ijstijden zijn geweest, is ook bekend. Aanwijzingen buiten de nu vergletsjerde gebieden voor het voorkomen van ijs worden door Hiesinger & Head III (2002) en Baker (2001) genoemd. Onder andere worden morenes, eskers, drumlins als accumulatievormen genoemd en karen (bekkenachtige vormen in vast gesteente) en 'horns' (denk aan de scherpe door gletsjers gevormde punt van de Matterhorn) en doordrsjvomen als erosievormen. Enkele glaciële landschappen zijn nog zonder aantasting door inslagen van meteorieten, wat wijst op een relatief recente geschiedenis van enkele miljoenen jaren.

Ijs suggereert ook de mogelijkheid tot smeltwater en daarmee tot *fluvioglaciële* processen, waarbij stromend water betrokken is geweest. En inderdaad, inmiddels grote smeltwatergeulen (150 km breed en 2000 km lang) komen er op mars voor. Baker (2001) heeft weer de parallel met een Pleistocene aardse situatie getrokken zoals die in het noordwesten van de Verenigde Staten voorkwam.

Verscheidene auteurs noemen het voorkomen van andere periglaciële processen en vormen op Mars. Costard en Baker (2001) noemen het voorkomen van depressies die het gevolg zouden zijn van instorten van de grond boven een smeltende ijslen (pingo's), als het gevolg van smeltend doodijs dat bedolven is onder glaciaal materiaal en het afsmelten van ijslenzen die door segregatie van ijs in patroonbodems zijn ontstaan. Al die fenomenen worden gedeeltelijk beschouwd als relatief jong.

**Kust processen**  
In de vroege ontwikkelingsfasen van mars zijn er zeer grote oceanen geweest. Gedurende de laatste miljard jaar zijn er tijdelijke lacustrine fasen geweest. Hiervoor wordt gevormd door de vele vormen zoals voormalige kustlijnen, kustterrassen, delta's en drooggevallene bekens die nog steeds herkend worden. Aan deze bekens grenzen zijn vaak riviertalen te zien die duiden op voormalige ontwatering naar, maar soms ook, vanuit deze oceanbekkens of zeeën (Fairén et al., 2003).

Mars Rover-opname van een struik ijsbodem. De langwerpige groeven in deze rijk ijsen spreidend op hobbles die ook op aarde bekend zijn; op onze eigen planeet werden ze gevormd door zandstalen die in brin, extreem zout water, vormen en weer oplossen. Tijdens de kristallisatie duwen ze de omringende rots uit de weg en vormen ze de schijfvormige hobbles.

bron: NASA  
Klik op de afbeelding voor een grotere versie.

**Discussie**  
De bovenstaande beschrijvingen bevatten enkele belangrijke relaties tussen de processen, vormen en het voorkomen van met water die we door middel van beeldmateriaal van mars zelf kunnen interpreteren. Belangrijkste aanwijzing is dat meerdere onderzoekers de aan water gerelateerde vormen ook recent noemen. In het licht van de resultaten/conclusies die uit het onderzoek van Schuster en Weiss (2005) naar voren komen (grootste gedeelte van de Marsgeschiedenis water in bevroren toestand) vatten we de volgende aanwijzingen die toch op recentelijk vloeibaar water kunnen wijzen nog even samen, namelijk:

- Enkele verweringsvormen (karst) worden als relatief geaccificeerd
- Mineralen als jarosiet worden in een omgeving waarin water voorkomt gevormd
- Samenstelling van korsten op mars duidt op een zoute, maar waterrijke omgeving
- Zeer grote afschuivingen kunnen door vocht dat langs het schuifvlak aanwezig is worden bevorderd

Veel van de geomorfologische sporen die op Mars voorkomen wijzen erop dat water recent een rol gespeeld moet hebben; deze sporen zijn bijvoorbeeld niet uitgewist door jonge meteorietinslagen zoals die gedurende de laatste 4 miljard gewoon zijn. De vraag is dan: hoe kan er in de jonge marsperiode toch water zijn geweest? Het antwoord ligt waarschijnlijk in het grondwater dat op verschillende manieren beschikbaar kan komen, o.a. door:

- Hydrothermale opwarming van ijs dat in de bodem aanwezig is
- Vulkanisme, zoals intrusies, erupties dat lokaal ijs laat smelten
- Meteorietinslagen waarbij water gevormd wordt uit aangevriest ijs

Deze opties kunnen leiden tot vloeibaar (zoutrijk) water aan het oppervlak van mars waarbij jonge fluviatiele vormen kunnen ontstaan die eigenlijk heel vaak voorkomen op mars. Dit (periodiek) beschikbare grondwater als gevolg van het (tijdelijk) smelten is een factor die nog erg onderbelicht is in de literatuur. Wij denken vooralsnog dat dit onderschatte proces aanleiding kan geven tot lokale (catastrofale) vorming van stromend water en dus tot erosie, verplaatting van materiaal en depositie van materiaal dat in lijn is met de waargenomen jonge morfologie. Dit proces kan de bevindingen van Schuster en Weiss (2005) wellicht in proporties laten zien; natuurlijk is Mars een nu niet erg actieve planeet meer. Maar de omstandigheden waaronder water voor kan komen kunnen er onverwacht zijn.

Al met al zullen er in de nabije toekomst meer gegevens, modellen en simulatiegegevens beschikbaar komen die wellicht meer bewijzen aanvoeren over de rol van water op Mars. Maar het mooiste zou zijn als een bemande ruimtevaartsonde voor 2020 kan landen op de Rode Planeet en de marsreizigers zelf een kijkje kunnen gaan nemen.

**Literatuur**  
Baker, V.R. (2001): Water and the Martian landscape. Nature 412, pp.228-236

Berci, S. (2005):Possibility of Comparison with terrestrial Analogs. Lunar and Planetary Sciences XXXVI No. 1051, pp.1-2.

Christensen, P.R., J.L.Bandfield, J.F.Bell III, M. Gorelik, V.E. Hamilton, A.Ivanov, B.M. Jakoski, H.H. Kieffer, M.D. Lane, M.C. Malin, T.C. McCannochie, A.S. McEwan, H.V. McSween, Jr., G.L. Mehall, J.E. Moersch, K.H. Nealson, J.W. Rice Jr., M.I. Richardson, S.W. Ruff. Morphology and compasion of the surface of mars: Mars Odyssey THEMIS Results. Science 300, pp.2056-2061.

Cooper, C.D., J.F. Mustard, 2002: Spectroscopy of loose and cemented sulfate bearing soils: Implications of duricrust on mars. Icarus 158, pp.42-55.

Costard, F., V.R. Baker (2001): Thermokarst lands and processes in Ares Vallis, Mars. Geomorphology 37, pp.289-301.

Fairén, A.G., J.M. Dohm, V.R. Baker, M.A. de Pablo, J. Ruiz, J.C. Ferris, R.C. Anderson. Episodic flood inundations in the northern plains of Mars. JCAR 165, pp.53-67.

Hiesinger, H., J.W. Head III. Topography and morphology of the Argyre Basin, Mars: implications for its geologic and hydrologic history. Planetary and Space Science, 50, pp.939-981.

Malin, M.C., R.J. Harman (1999): Groundwater formation of head, A.T. Basilevski, B.A. Neukum, G., R.Jaumann, H. Hoffmann, E. Hauber, J.W. Head, A.V. Basilevski, N.A. Ivanov, S.C. Werner, S. van Gasselt, J.B. Murray, T. McCord (2004): Recent and episodic volcanic and glacial activity on mars revealed by the high Resolution Stereo camera. Nature 432, pp.971-979.

Schuster, D. L. & P.Weiss (2005): Martian Paleotemperatures from Thermochronology of Meteorites. Science, vol 309, pp.594-597.

Quantin, C. N. Mangold, P. Allemand, C. Delacourt 2004 : What can we learn from the ages of Valles marineris landslides on the Martian Impact History. Lunar and Planetary science XXXV, 2 pages.

Zie verder:  
Water op Mars: waarnemingen van één Marslandschap op een 3D opname (Kennislink artikel)  
Nieuwe kaart van water op Mars (Kennislink artikel)  
Nasa officieel: Grote hoeveelheden ijs op Mars ontdekt (Kennislink artikel)  
Water op Mars! (Kennislink artikel)  
De Mars-express (Kennislink artikel)  
Eerste beelden Mars Express (Kennislink artikel)  
Mars Express radar uitgevoeren (Kennislink artikel)  
First-of-its-kind antenna to probe the depths of Mars (Engels)  
NASA study shows water could create gullies on Mars (Engels)  
Selected Mars Images (Engels)