

MICROBE

Mars en de isotopenverhouding van water: budget en evolutie

DUUR
15/12/2019 – 15/03/2024

BUDGET
390 201 €

PROJECT BESCHRIJVING

Vandaag de dag is gekend dat Mars extreem droog en onherbergzaam is. Er zijn echter belangrijke aanwijzingen dat Mars in vroege tijden veel natter was en dat grote gebieden bedekt waren met vloeibaar water, waardoor de planeet waarschijnlijk miljarden jaren geleden deel uit maakte van de bewoonbare zone. Er wordt aangenomen dat sinds die periode het meeste van het oorspronkelijke water in de ruimte is ontsnapt.

Verschillende lopende Marsmissies leveren in dit verband waardevolle informatie op. Enerzijds observeren ESA's TGO en NASA's Curiosity-rover de verspreiding van H₂O en HDO in respectievelijk de atmosfeer en in situ. Anderzijds richt NASA's MAVEN-orbiter zich op de bovenste atmosfeer en de ontsnapping van hun bijproducten naar de ruimte. De waarnemingen alleen zijn echter niet voldoende en de ondersteuning van modellen is cruciaal om de gaten in ruimte en tijd op te vullen, en zo het totaalbeeld te vervolledigen. Toch werden de laatste verwante modelstudies bijna 15 jaar geleden uitgevoerd. Daarom is het dringend noodzakelijk om een model te ontwikkelen van de ondergrond tot de exobasis, met inbegrip van alle relevante processen om de huidige evolutie van het water beter te begrijpen, wat een vereiste is voor de schatting van het totale verlies in de ruimte en de initiële hoeveelheid water op de jonge planeet.

De studie van de huidige isotopische samenstelling van water (H₂O en HDO) helpt om in te schatten hoeveel water Mars in zijn geschiedenis verloren heeft. Beide isotopen zijn betrokken bij fysico-chemische processen die isotopische fractioneringseffecten veroorzaken. Bovendien kunnen de fotochemische bijproducten van beide isotopen de bovenste atmosfeer bereiken en naar de ruimte ontsnappen. Aangezien deuterium (D) echter twee keer zo zwaar is als het meer voorkomende isotoop (H), resulteert dit laatste proces in een extra isotopische fractionering en uiteindelijk in een netto-verrijking in het zwaardere isotoop op Mars.

In dit project zullen we een gesofisticeerd 1D-model ontwikkelen met als doel de evolutie van de twee waterisotopen, van de regoliet tot de exobasis, beter te begrijpen. Dit vereist dat alle processen die relevant zijn voor de evolutie van water, en de isotopensamenstelling ervan op Mars, worden betrokken. Een eerste stap zal bestaan uit het implementeren van routines die momenteel gebruikt worden in het GEM-Mars General Circulation Model (GCM), ontwikkeld bij het BIRA, in een 1D-atmosferisch model. Hier kunnen we de implementaties van de dominante mechanismen, die de dagcyclus en het transport van water en HDO in de lagere atmosfeer beïnvloeden, verfijnen en testen. Een recent ontwikkeld 1D-model, dat de regoliet-atmosfeer interactie van waterisotopen beschrijft, zal gekoppeld worden aan ons atmosferisch model.

Door de uitbreiding naar de bovenste atmosfeer zal de fotochemie met neutrale en ionische soorten worden ontwikkeld, verwijzend naar de bestaande literatuur. De hoeveelheid water die zich in de bovenste atmosfeer kan verspreiden is essentieel om de ontsnappingspercentages van waterstof en deuterium te bepalen. De ontsnappingsnelheden zijn zeer variabel, we zullen bijgevolg een grote reeks scenario's uitwerken in de onderste atmosfeer om water naar de bovenste atmosfeer te dwingen. Op deze manier onderzoeken we de belangrijke reservoirs en processen die de aanwezigheid van water in de bovenste atmosfeer van Mars beperken. Ten slotte zal een exosferisch model worden gebruikt om de ontsnappingsprocessen te bestuderen, die de fractionering van waterstof en deuterium sterk beïnvloeden. Alle relevante verbeteringen zullen dan aan het GCM worden geleverd.

De ontwikkeling van het model zal worden uitgevoerd in nauw contact met de hierboven genoemde Marsmissieteams met als doel het model te beperken met observaties, en een beter begrip van de processen en de evolutie van de waterisotopologen op Mars te bekomen.

MICROBE

Het project zal een waardevolle ondersteuning zijn voor de vele missies naar Mars. Daarnaast zal het bijdragen aan het inzicht in het lot van het water en de bewoonbaarheid van Mars in het verleden. In dit opzicht past het in het algemene kader van de zoektocht naar de voorwaarden die noodzakelijk zijn voor het ontstaan van het leven. Verder zullen de verbeteringen die in het 1D-model zijn aangebracht vervolgens worden geïntegreerd in het 3D-GCM. Dit project zal dus de theoretische expertise van de afdeling Planetaire Aeronomie van het BIRA versterken, en het team als belangrijke internationale partner in dit onderzoeksdomein consolideren.

Ons werk zal regelmatig worden gepresenteerd op Europese en internationale wetenschappelijke congressen, en in een reeks onderzoeksartikels. We zijn continu betrokken bij de huidige ruimtemissies die de atmosfeer van Mars observeren, en werken samen met hun wetenschaps- en operatieteams.

CONTACT INFORMATIE

Coördinator

Justin Erwin
Koninklijk Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie (BIRA)
Planetaire Aeronomie-department
justin.erwin@aeronomie.be

LINKS

<https://microbe.aeronomie.be>