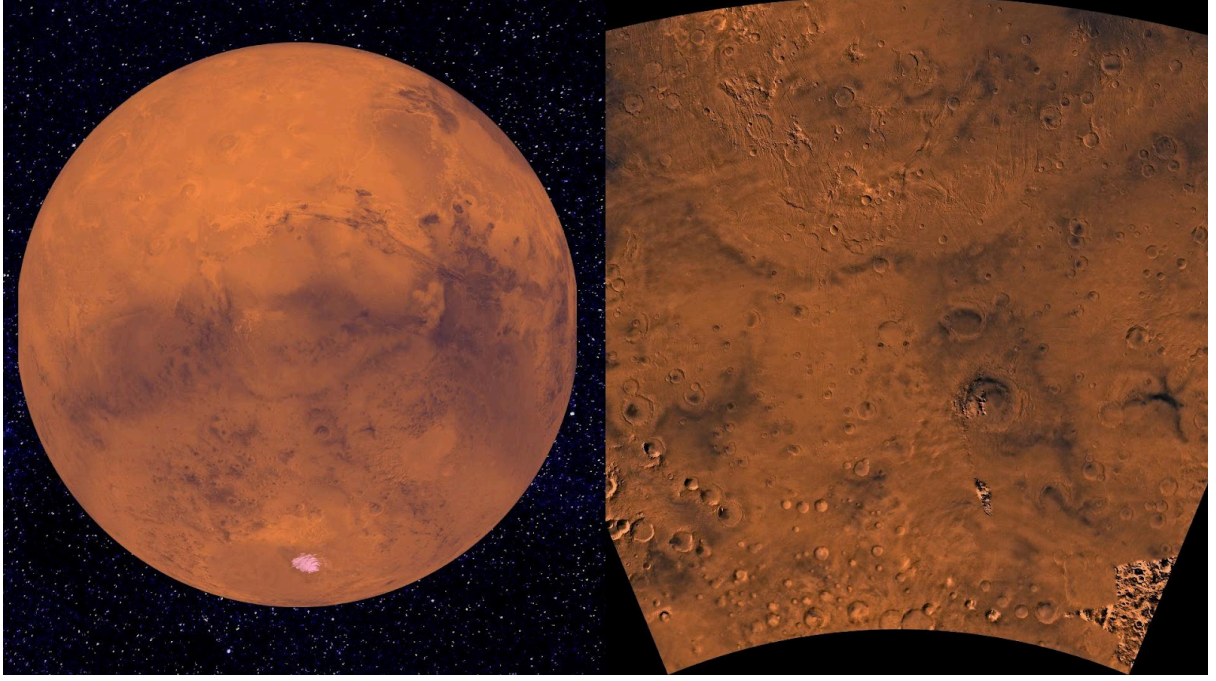


मंगळ ग्रहावरील थौमासियन हायलँड प्रदेशाच्या प्राचीन हवामानात काळाबरोबर झालेला बदल दाखवणारा नवा अभ्यास

मंगळावरील प्राचीन नोआकियन कालखंडातील (सुमारे ४०० कोटी वर्षांपूर्वी) उष्ण-आर्द्र हवामान हळूहळू बदलत जाऊन हेस्पेरियन कालखंडापर्यंत (सुमारे ३०० कोटी वर्षांपूर्वी) शीत व हिमाच्छादित बनले असे तेथील दऱ्यांच्या प्रदेशातील नव्या पुराव्यानुसार सिद्ध झाले.



डावीकडे : मंगळ. उजवीकडे : थौमासिया हायलँड प्रदेशाचा भाग. प्रतिमा श्रेय :

<https://photojournal.jpl.nasa.gov/jpeg/PIA00185.jpg>

सुमारे साडेचारशे कोटी वर्षांपूर्वी एका वैश्विक धूलिमेघापासून पृथ्वी आणि मंगळ ग्रहाचा जन्म झाला. या दोनही ग्रहांचे आयुष्य एकाच वेळी सुरू झाले पण पुढे त्यांच्या उत्क्रांतीच्या वाटा मात्र भिन्न मार्गाने गेल्या. निळी पृथ्वी, द्रवरूप पाण्याने समृद्ध होऊन जीवनाने फुलून गेली तर लाल मंगळ मात्र थंड वाळवंटांनी भरून गेला. परंतु, मंगळाच्या पृष्ठभागाचा बारकाईने अभ्यास केला तर त्यात आणि पृथ्वीच्या भूतकाळातील स्थितीत काही भूशास्त्रीय साम्ये आढळतात. तेथील दऱ्यांचे गहन जाळे, प्राचीन त्रिभुज प्रदेश, गाळाच्या खडकाने बनलेले भूभाग, एकेकाळी या लालसर ग्रहाच्या पृष्ठभागावर पाण्याचे प्रवाह आणि बर्फाच्छादित शिखरे अस्तित्वात होती, तसेच भूशास्त्रीय घटना देखील सक्रिय होत्या असे सूचित करतात.

भारतीय तंत्रज्ञान संस्था (आयआयटी) मुंबई येथील प्रा. आलोक पोरवाल यांनी सांगितले, “दोनही ग्रहांची घडण आणि तेथील वातावरण सुरुवातीला सारखेच होते. मग सर्वात महत्वाचा प्रश्न हा ठरतो की, हे सगळे पाणी गेले कोठे ? आणि मंगळाची उत्क्रांती साधारणतः पृथ्वीसारखीच का नाही झाली ? तर मग, काळातील नेमक्या कोणत्या टप्प्यावर मंगळावरील पाणी नाहीसे झाले हे आम्ही शोधू लागलो.”

एका नव्या [अभ्यासांतर्गत](#) प्रा. पोरवाल आणि त्यांच्या विद्यार्थ्यांनी, इतर अग्रणी संस्थांमधील त्यांच्या सहयोगींच्या सहकार्याने, मंगळावरील भूशास्त्रीय वैशिष्ट्यांचा अभ्यास केला व त्यावरून मंगळ ग्रहाच्या भूतकाळाविषयी अधिक समजून घेण्याचा प्रयत्न केला. त्यांचा अभ्यास प्रामुख्याने थौमासिया हायलँड या प्रदेशानिगडीत होता. हा मंगळ ग्रहावरील एक प्राचीन प्रदेश असून, यातील वैशिष्ट्यांच्या अभ्यासातून

असे निर्देशित झाले की येथील पूर्वेचे उष्ण आणि आर्द्र हवामान बदलून कालांतराने शीत आणि बर्फाळ बनले. येथील दऱ्यांच्या जाळ्याचा कालदर्शक व तापमापीसारखा उपयोग करून, मंगळाच्या विषुववृत्तापासूनचे वाढत गेलेले अंतर आणि पुढे गेलेल्या काळानुरूप या प्रदेशातील भूरचनांमध्ये झालेल्या बदलांचा मागोवा त्यांनी घेतला.

“थौमासिया हायलँड हा काहीसा भारतीय उपखंडासारखा प्रदेश आहे. त्यामध्ये हवामान आणि भौगोलिक वैशिष्ट्यांची मोठी विविधता आढळते. हा प्रदेश विषुववृत्तापासून सुरू होऊन दक्षिणेकडील अक्षांशांकडे विस्तारत जातो. येथे अतिशय प्राचीन भूशास्त्रीय रचना आणि तुलनेने नवी भौगोलिक वैशिष्ट्ये असे दोनही पाहावयास मिळते. यावरून या ग्रहाचे एकंदर चित्र समोर येते,” प्रा. पोरवाल यांनी स्पष्ट केले.

संशोधकांनी थौमासिया हायलँडमधील १५० पेक्षा अधिक गुंतागुंतीच्या दऱ्यांच्या जाळ्यांचे विश्लेषण केले. यासाठी त्यांनी आजघडीला उपलब्ध असलेल्या हाय-रेझोल्यूशन ऑर्बिटल इमेजेस व एलिव्हेशन मॉडेल्सचा वापर केला. त्यांनी इस्रोच्या मंगळयानावरील (मार्स ऑर्बिटर मिशन) मार्स ऑर्बिटर कॅमेरा मधील माहिती तसेच नासा आणि ईएसएच्या उपग्रहांनी पाठवलेल्या माहितीचाही वापर केला. त्यानंतर, नैसर्गिक भूपृष्ठातील चढ-उतारांमुळे निर्माण होणाऱ्या त्रुटी टाळण्यासाठी त्यांनी अतिशय बारकाईने त्यातील दऱ्या अचूकपणे ओळखून त्यांचा नकाशा तयार केला. पुढे, या भौगोलिक वैशिष्ट्यांवर कोणकोणत्या क्षरणकारी घटकांचा परिणाम कसा होत गेला हे समजून घेण्यासाठी संशोधकांनी गुणात्मक आणि परिमाणात्मक अशा विविध मापदंडांचे वर्गीकरण केले.



थौमासिया प्रदेशातील दऱ्यांची जाळी, मंगळ (डेटा : कॉटेक्ट कॅमेरा इमेज (सीटीएक्स); मालिन आणि इतर, २००७; डिक्सन आणि इतर, २०२४)

संशोधकांनी काही गुणात्मक लक्षणे तपासली, उदाहरणार्थ फॅन-डिपॉझिट्स — म्हणजे पर्वतांच्या पायथ्याशी तयार होणारे त्रिकोणी किंवा पंख्यासारखे गाळाचे साठे — तसेच, संमीलनी रचना, म्हणजेच प्रवाहास फाटे फुटून पुन्हा ते एकत्र मिळण्याची शाखायुक्त रचना (अनॅस्टोमोजिंग पॅटर्न्स). या वैशिष्ट्यांवरून सामान्यतः प्रवाहामुळे किंवा पाण्यामुळे जमिनीची धूप झाल्याचा स्पष्ट पुरावा मिळतो. तसेच, मोरेन (हिमोढ) म्हणजेच दगड, माती आणि हिमनद्यांनी वाहून आणलेल्या गाळापासून बनलेले भूभाग, घनद्रव्य किंवा दाट पदार्थांच्या प्रवाहामुळे तयार झालेली भूवैशिष्ट्ये आणि पट्टेसदृश भूभाग ही लक्षणे हिमनदीय (बर्फाशी संबंधित) प्रक्रियांचा संबंध दर्शवतात. परिमाणात्मक विश्लेषणात संशोधकांनी

व्ही-इंडेक्स सारख्या मापनपद्धतींचा वापर केला. व्ही-इंडेक्सचा उपयोग इंग्रजी व्ही (V) आकाराच्या दऱ्या आणि इंग्रजी यू (U) आकाराच्या दऱ्या वेगळ्या ओळखण्यासाठी केला जातो. व्ही (V) आकाराच्या दऱ्या बहुतांशी पाण्यामुळे धूप झाल्याने तयार होतात आणि यू (U) आकाराच्या दऱ्या हिमनद्यांच्या प्रवाहामुळे धूप होऊन किंवा कधीकधी सॉपिंग प्रक्रियांमुळे तयार होतात.

या प्रक्रियेविषयी अधिक माहिती देताना शोधनिबंधाचे प्रमुख लेखक दिब्येंदू घोष म्हणाले, “पाणी वाहते तेव्हा जड पदार्थ पाण्याच्या तळाशी वाहत असतात व त्यांच्यामुळे जमीन उभ्या रेषेत कापली जात असते. यामुळे जमिनीमध्ये इंग्रजी व्ही अक्षराच्या आकाराची दरी तयार होते. हिमनद्यांमध्ये बर्फ आणि गाळ यांचे मिश्रण असते व ते अधिक जड असते. ते जमिनीच्या पृष्ठभागावरून सरकत जाते व त्यापासून इंग्रजी यू आकाराची दरी तयार होते.”

या अभ्यासातील आणखी एक मापदंड म्हणजे दोन दऱ्यांचा जेथे संगम होतो तो कोन. “पाणी नेहमी उताराकडे वाहते, त्यामुळे दोन दऱ्या नेहमी एकमेकींना समांतर असतात आणि एकमेकींना लघुकोनात मिळतात. हिमनद्या जास्त करून आडव्या वाहतात त्यामुळे त्यांच्या दऱ्या जेव्हा मिळतात तेव्हा अधिक विशाल कोन तयार होतो,” दिब्येंदू यांनी पुढे सांगितले. त्यामुळे, ५० डिग्रीपेक्षा कमी संधीकोन वाहते पाणी असल्याचा संकेत देतात, तर मोठे संधीकोन हिमनदीचे अस्तित्व दाखवतात.

संशोधक गटाला आढळले की विषुववृत्ताच्या सर्वात जवळ असलेल्या थौमासियाच्या भागामध्ये उष्ण हवामानाचे संकेत मिळतात. या भागातील भूवैशिष्ट्ये प्रामुख्याने प्रवाह-निर्मित, म्हणजेच पृष्ठभागावर वाहणाऱ्या पाण्याच्या प्रवाहांमुळे जमिनीची धूप होऊन कोरली गेलेली आहेत. परंतु आणखी दक्षिणेकडच्या भागाची पाहणी केली असता बर्फ आणि हिमनद्यांमुळे तयार होणाऱ्या दऱ्यांचे जास्त पुरावे मिळाले.

या अभ्यासातून हेही स्पष्ट होते की मंगळावरील बहुतेक दऱ्यांची निर्मिती ग्रहाच्या सर्वात प्राचीन भूशास्त्रीय कालखंडात, म्हणजेच नोआकियन काळात (सुमारे ४१० ते ३७० कोटी वर्षांपूर्वी), मुख्यत्वे पृष्ठभागावर वाहणाऱ्या पाण्यामुळे झाली. नोआकियन कालखंडातून हेस्पेरियन कालखंडाकडे संक्रमण सुरू झाले तसतशी दऱ्या तयार होण्याची प्रक्रिया हळूहळू मंदावली. या संक्रमणकाळात बहुतेक भूभाग, पाणी आणि हिमनद्यांचा प्रवाह या दोहोंच्या एकत्रित प्रक्रियेने घडत गेला.

सुमारे ३७० कोटी ते ३०० कोटी वर्षांपूर्वी जसा हेस्पेरियन कालखंड सुरू झाला तशी दऱ्यांच्या निर्मितीची प्रक्रिया आणखी मंद झाली. या कालखंडात, भूजलामुळे आणि हिमनद्यांच्या प्रवाहामुळे धूप होऊन भूभागात बदल झाल्याच्या खुणा दऱ्यांच्या रचनेवर अधिकाधिक प्रमाणात दिसून येतात. यांचा स्रोत बहुतेक पृष्ठभागाखालील हिमस्तर किंवा गोठलेली जमीन हा असावा. भूशास्त्रीय बदलांच्या क्रमवारीवरून असे लक्षात येते की मंगळावरील हवामान हळूहळू बदलत गेले. नोआकियन काळात उष्ण-आर्द्र असलेले हवामान हेस्पेरियन काळात हळूहळू अधिक शीत आणि बर्फाळ बनत गेले.

“मंगळावरील आघातामुळे तयार झालेले खळगे पाहिले तर एक गोष्ट लक्षात येते. पृष्ठभागाखाली गोठलेला बर्फ असलेल्या जमिनीवर जर उल्कापात झाला तर मोठ्या प्रमाणात गाळमिश्रित दाट द्रव तयार होईल, आणि आघाताच्या बलामुळे खळग्याच्या चहूबाजूला हा दाट द्रव उडून त्याची सडा पडल्यासारखी आणि काही ठिकाणी दाट द्रव वाहिल्याची एक विशिष्ट रचना तयार झालेली दिसून येईल. जर जमिनीमध्ये बर्फ नसता आणि जमीन घट्ट असती तर खळग्याच्या कडेभोवती दाट द्रव वाहिल्याच्या खुणा सापडल्या नसत्या. या दोनही प्रकारचे खळगे मंगळावर सापडतात. याचा अर्थ, जशी पृथ्वीवरील काही भागात कायमस्वरूपी गोठलेली जमीन (पर्माफ्रॉस्ट) आढळते त्याचप्रमाणे मंगळावरील काही भागात जमिनीच्या पृष्ठभागाखाली गोठलेल्या स्वरूपातील पाणी असण्याची मोठी शक्यता आहे. यावरून

अंदाज बांधता येईल की मंगळावरील पाण्याचा काही भाग कोठे गेला,” प्रा. पोरवाल यांनी मंगळावरील पाण्याचा मागोवा घेत अधिक माहिती दिली.

विविध अक्षांश आणि भूशास्त्रीय कालखंड घेऊन त्यामध्ये भूभागात होत गेलेल्या परिवर्तनांचे पद्धतशीर विश्लेषण करून या अभ्यासाने मंगळावरील हवामान बदलाविषयी ठोस माहिती दिली आहे. असे असले तरीही, दऱ्यांचे जाळे, त्यात महत्वाची भूमिका असलेली रचनात्मक वैशिष्ट्ये आणि त्या घटनांचा अचूक भूशास्त्रीय कालखंड या सर्व घटकांमध्ये एक स्पष्ट परस्परसंबंध प्रस्थापित करणे हे अद्यापही एक मोठे आव्हान आहे असे संशोधकांनी व्यक्त केले.

शेवटी, मंगळ ग्रहाच्या इतिहासाविषयी अधिक जाणून घेण्याच्या या प्रवासात आपली पुढील पाऊले काय असणार आहेत याविषयी सांगताना प्रा. पोरवाल म्हणाले, “भविष्यातील मंगळ मोहिमेत जर मला काही सुचवण्याची संधी मिळाली तर मी हेच सांगेन की लँडरने आणखी मोठ्या प्रमाणात भूभौतिकीय माहिती गोळा करावी. आणि हाय-रेझोल्यूशन इमेजिंग व इन्फ्रारेड इमेजिंग क्षमता असलेल्या ऑर्बिटरद्वारे मंगळाच्या भूशास्त्रीय इतिहासाचा कसून अभ्यास केला जावा.”

VETTED / UNVETTED	Vetted
Title of Research Paper	Spatio-temporal evolution of the valley networks in the Thaumasia Highlands and the surrounding regions, Mars
DOI of the Research Paper as a link	https://doi.org/10.1016/j.asr.2025.07.098
List of all researchers with affiliations	Dibyendu Ghosh, Indian Institute of Technology Bombay, Alok Porwal, Indian Institute of Technology Bombay, Malcolm Aranha, Oulu Mining School, University of Oulu, Finland Sandeepan Dhoundiyal, Indian Institute of Technology Bombay Guneshwar Thangjam, School of Earth and Planetary Science, NISER, HBNI Ranjan Sarkar, Max Planck Institute for Solar System Research, Germany
Email of researcher/s	Dibyendu Ghosh < dibghosh89geol@gmail.com > Alok Porwal < alok.porwal@gmail.com >
Writer name	Dennis Joy
Transcreator name	Shweta Bhide
Credits to Graphic:	JPL, NASA - Photojournal

Subject [FOR EDITOR] - Please Highlight in RED (Multiple allowed)	Science/Technology/Engineering/Ecology/Health/Society
Article to be Sectioned Under [FOR EDITOR] - Please Highlight in RED	Deep Dive/Friday Features/Fiction Friday/Joy of Science/News+Views/News/Scitoons/Catching up/OpEd/Featured/Sci-Qs/Infographics/Events
Social Media TAGS separated by Comma	
Social Media Posts Suggestions/ Links to interesting relevant content [optional] [writer]	
Social Media Handles to be added	(as an example, @DSTIndia @iitbombay)
Social Media handles of writer	
Social Media handles of researchers	
Funding information (Source: Research paper)	NA
Conflict of Interest/Competing Interest information (Source: Research paper)	NA
Co-PI information (Source: Research paper)	
Location:	Mumbai