

VATNAJÖKULL 2026

FIRE UNDER ICE

Glacio-volcanic exploration in the heart of Europe

CSI

VATNAJÖKULL 2026 - FIRE UNDER ICE

Brevi note sulla spedizione

• La Spedizione scientifica “Vatnajökull 2026 Fire under Ice”, realizzata in Islanda nel mese di luglio sotto il coordinamento del Consorzio Speleologi Ipogenici (CSI), aveva come obiettivo l’esplorazione e la documentazione di cavità glaciovulcaniche ovvero generate dall’interazione tra attività vulcanica di tipo idrotermale e criosfera. Si tratta di una tipologia di cavità molto particolare e chiaramente legate a contesti ambientali rari. In questa prospettiva l’Islanda con decine di sistemi vulcanici attivi e i suoi immensi ghiacciai è decisamente un luogo di ricerca privilegiato. Dopo la spedizione realizzata nel 2025, due sono state le zone scelte per continuare le ricerche: l’area della caldera settentrionale del Kverkfjöll sul ghiacciaio del Vatnajökull e il distretto vulcanico della caldera del Torfa, nella parte meridionale dell’isola. I processi che coinvolgono formazione ed evoluzione delle cavità glaciovulcaniche sono particolarmente complessi e ancora poco chiari. Rispetto alle normali cavità glaciali, l’attività geotermica aggiunge ulteriore complessità ad un processo già estremamente dinamico. Su una parte del Kverkfjöll si sta assistendo in questi anni ad una accelerazione non lineare dei processi di fusione. Attualmente non è chiaro se questo sia spiegabile solo in relazione alla diminuzione dello spessore del ghiaccio e della conseguente pressione o anche ad un reale aumento dell’attività idrotermale, nonché quali relazioni possano legare in parte questi due processi.

• La spedizione si è svolta come da programma nel periodo compreso tra il 9 ed il 24 luglio ed ha visto la partecipazione dell’intero team composto da 13 speleologi e ricercatori. Relativamente all’area del Kverkfjöll, vista la complessità dei mutamenti in corso, abbiamo stipulato una collaborazione con un altro gruppo di ricerca glaciovulcanica a livello internazionale. Si tratta di un gruppo di speleologi canadesi e statunitensi, afferenti alla Società Geografica canadese e alla Società Speleologica Nazionale (NSS) che da molti anni sono impegnati espressamente nelle ricerca glaciovulcaniche nell’area del Cascade Range tra USA e Canada. Questa collaborazione ha permesso di immaginare un monitoraggio dell’area su due tempi. Al nostro arrivo sull’isola, grazia alla collaborazione con l’Università dell’Islanda, abbiamo ricevuto una serie di sensori e fotocamere che abbiamo provveduto ad installare in punti significativi del contesto glaciovulcanico. In settembre il secondo gruppo di ricerca, si recherà nel medesimo sito per raccogliere i dati e le foto registrate dai logger da noi installati, in modo da poter seguire l’evoluzione estiva dell’area. Sempre per poter eseguire stime e misure di massa, abbiamo provveduto ad una serie di fotogrammetrie aeree tramite drone.

• Dal punto di vista esplorativo, la ricomparsa del lago geotermale Galtarlon, ha modificato in parte i programmi ponendoci davanti ad ulteriori interrogativi circa i processi in atto in questa zona. La discesa nel grande calderone glaciale “Encelado” ci ha permesso di osservare in modo diretto e nel dettaglio una serie di importanti bollitori subglaciali capaci di generare importanti laghi subglaciali. Oltre all’esplorazione ad alcune nuove cavità glaciovulcaniche, abbiamo verificato la quasi totale scomparsa di una importante cavità documentata negli anni ‘80 del secolo scorso da speleologi svizzeri. Purtroppo, la fusione del corpo glaciale in cui si sviluppava la ha resa infatti non più percorribile.

• Sempre nel segno di una esplorazione scientifica multidisciplinare, come da programma, sono stati realizzati campionamenti microbiologici in numerosi siti. Dal punto di vista ecologico si tratta di ambienti definiti DOVE (Dark Oligotrophic Volcanic Environments) e, nello specifico, nell’area della caldera del Kverkfjöll sul ghiacciaio del Vatnajökull, abbiamo effettuato campionamenti in prossimità di

fumarole e bollitori situati all'interno delle cavità glaciovulcaniche. Tramite l'utilizzo di rilevatori multigas abbiamo riscontrato la presenza di atmosfere in alcuni casi tossiche con alte concentrazioni di idrogeno, metano, acido solfidrico e anidride carbonica, mentre i livelli di ossigeno si sono, in genere, mantenuti nella norma. La temperatura dell'aria di queste cavità è generalmente molto bassa (1-4°C) mentre quella del suolo in corrispondenza delle bocche fumaroliche è risultata particolarmente elevata (fino 94.5°C corrispondente alla temperatura di ebollizione alla quota di circa 1700 m slm.), in relazione all'emissione di fluidi e vapori. Sono stati raccolti, in triplicato, campioni di sedimento a varie distanze dalle fumarole seguendo il gradiente termico. Campioni di sedimento sono stati prelevati anche al bordo di bollitori o di pozze d'acqua poste in stretta vicinanza delle fumarole. Abbiamo raccolto anche altri tipi di matrici, come biofilm sulle pareti di ghiaccio in zone molto ventilate; campioni d'acqua calda all'interno di una grande pozza generata da una fumarola con emissioni caratterizzate da alte concentrazioni di metano.

• Dal punto di vista esplorativo, la seconda zona oggetto delle ricerche, ovvero l'area vulcanica del Torfa, ha prodotto importanti quanto inattesi risultati. Qui abbiamo infatti scoperto e documentato un grande complesso glaciovulcanico, da noi nominato Frejya Hellir in onore della divinità della mitologia norrena della bellezza, amore e magia. Una struttura che si sviluppa con enormi gallerie e sale di tipo R-channel e N-channel scavate tra ghiaccio e il substrato di lava riolitica. Qui una altissima densità di emissioni fumaroliche ha creato un sistema di drenaggio stabile nel tempo, dove l'acqua è riuscita a scavare non solo i teneri depositi di ceneri e lapilli, ma anche la dura riolite creando solchi e marmitte che testimoniano l'antichità/stabilità del sistema. Dal punto di vista classificatorio, questa grotta si presenta di una tipologia-genesi ibrida, caratterizzata dalla presenza sia di fumarole vapore dominanti, che fumarole contenenti gas vulcanici (principalmente CO2) ma anche dalla presenza di importanti sorgenti calde interne, di cui la più grande presente nella Sala del Graal, apporta da sola diversi litri al secondo di acqua a quasi 60° C. Una sorgente capace di scaricare la sua energia termica generando una enorme sala per poi miscelarsi con il torrente principale. Questa grotta, con circa 1.5 chilometri rappresenta attualmente per sviluppo spaziale, la seconda grotta glaciovulcanica documentata sul pianeta, dopo quella presente sul monte Rainier negli Stati Uniti, nonché la più lunga attualmente oggi esistente di questo tipo in Islanda. Anche in questo sistema ipogeo, sono stati realizzati numerosi campionamenti microbiologici.

• Sul fronte dell'area vulcanica del Torfa, nel grande complesso ipogeo glaciovulcanico di Frejya Hellir, abbiamo effettuato diversi campionamenti in corrispondenza di fumarole e bollitori situati a diverse distanze dall'ingresso. Abbiamo osservato abbondante materiale organico dovuto alla presenza di veri e propri tappeti microbici (microbial mats) colorati, di consistenza morbida e cremosa. In esterno, fuori dalla grotta, sono stati raccolti campioni da una colonia di microorganismi che formano strutture gelatinose simili a stalattiti (snottiti). Queste comunità microbiche si trovano situate in una nicchia al bordo di una fumarola con acqua acida e alte concentrazioni di acido solfidrico; inoltre sono stati campionati comunità microbiche filamentose lungo un torrente termale.

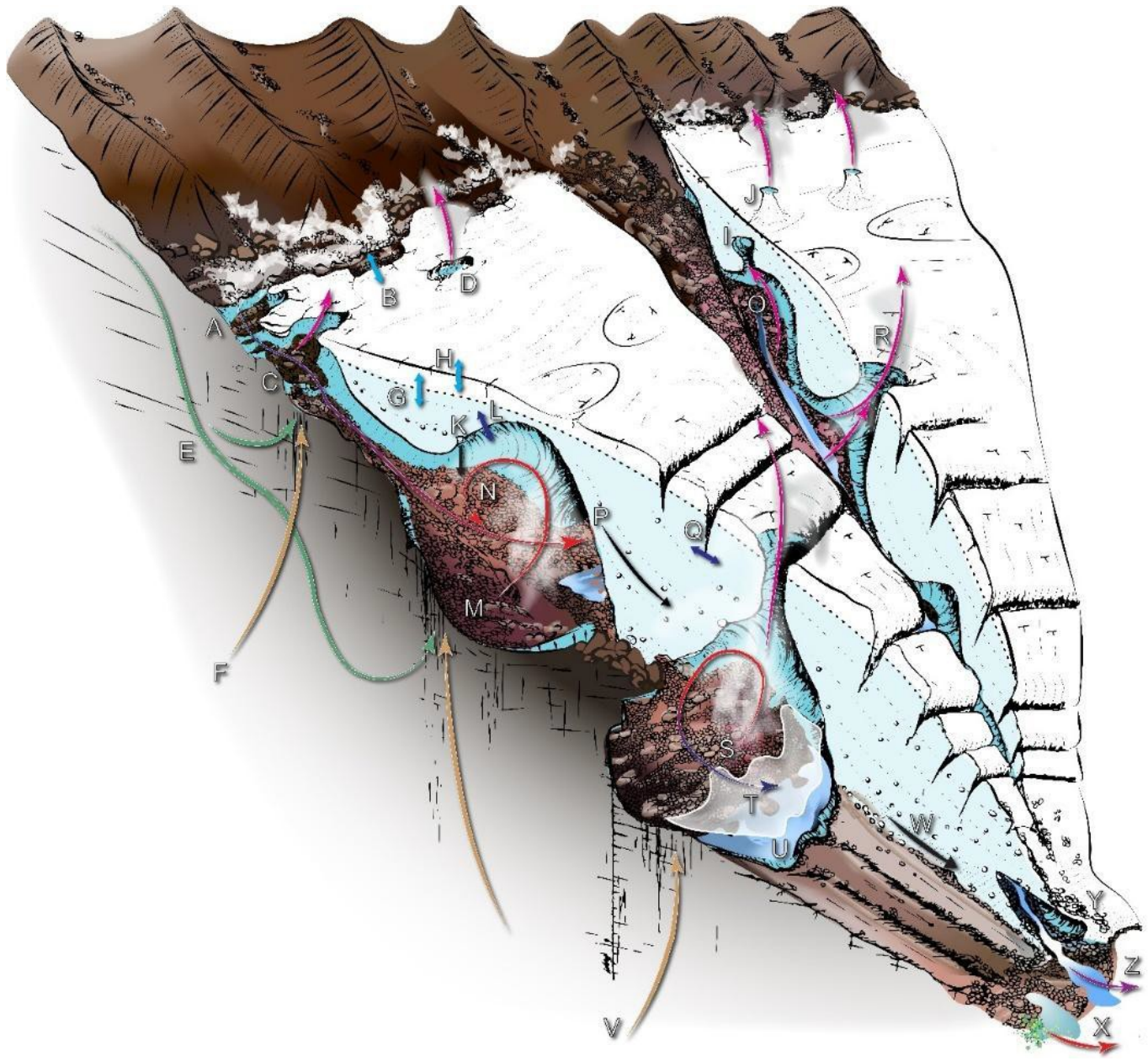
• Le cavità glaciovulcaniche rappresentano una frontiera nel campo della ricerca sui microorganismi estremofili, come i termofili che crescono in ambienti ad alte temperature, gli acidofili in presenza di forte acidità e gli psicrofili che crescono a temperature molto basse. In questi ambienti estremi abbiamo l'opportunità di trovare diverse comunità microbiche estremofile che crescono a stretto contatto.

Studiare questi microorganismi è di grande interesse in quanto gli estremofili sono i più vicini alle forme di vita primordiali e quindi interessanti per meglio capire l'origine della vita sulla Terra, nonché potenziali analoghi planetari per ricerche di esobiologia. Rappresentano, infine, un'importante risorsa in quanto i loro pathways enzimatici, stabili e reattivi alle condizioni più estreme, possono essere sfruttati in campo biotecnologico. I materiali biologici raccolti (previo accordo con il Parco naturale del Vatnajökull) sono ora in attesa di essere analizzati tramite sequenziamento e indagini metagenomiche grazie alla collaborazione avviata con il prof. Franzetti presso l'Università di Milano-Bicocca.

• In totale la spedizione ha documentato quasi 2.5 chilometri di nuove cavità glaciovulcaniche.

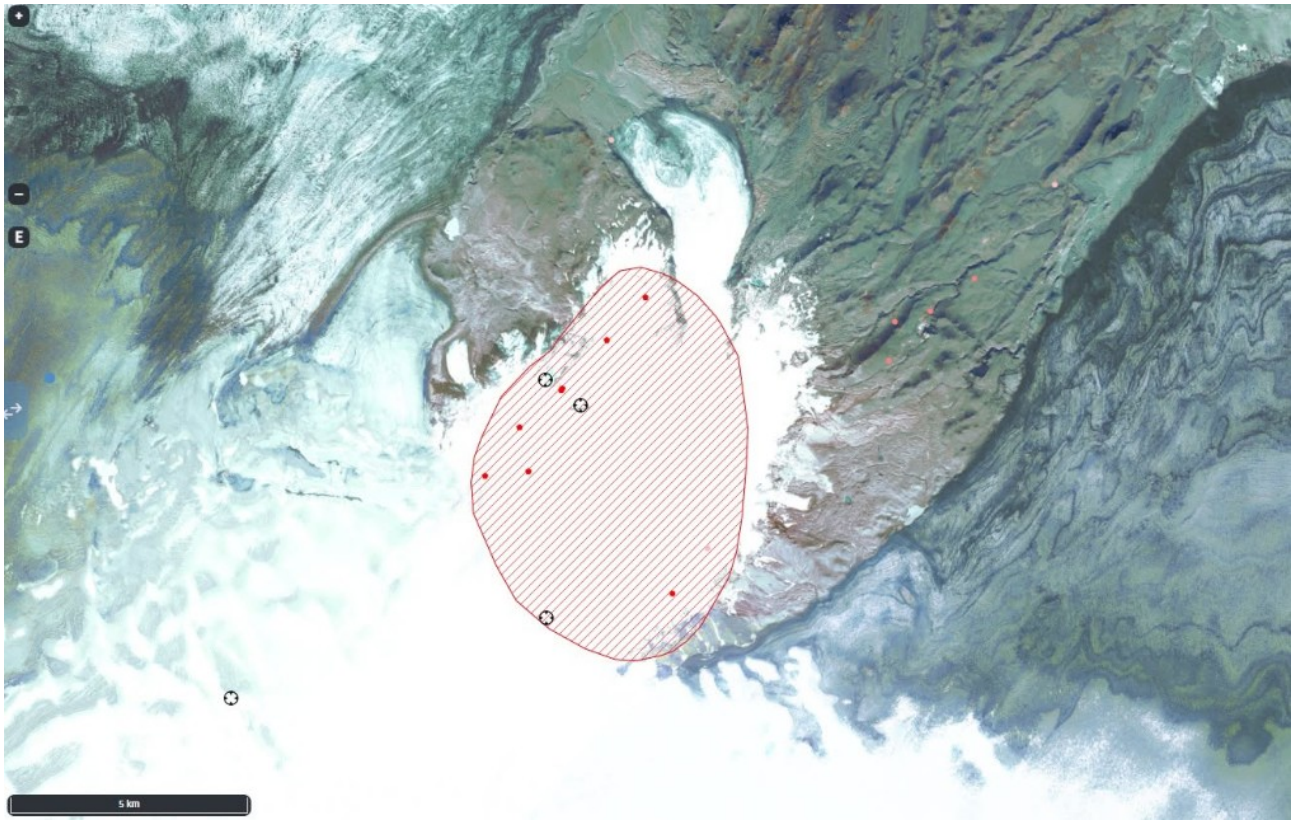
• Attualmente sono in corso le operazioni di restituzione dei rilievi e delle fotogrammetrie realizzate, nonché selezione del materiale di documentazione foto-video da usare a corredo della relazione dettagliata di tutta l'attività svolta, nonché delle future pubblicazioni e presentazioni dei risultati, da realizzare anche in collaborazione con i nostri partner internazionali.

• Alla spedizione Vatnajökull 2026, hanno partecipato 13 speleologi: Andrea Benassi, Tommaso Biondi, Lorenzo Bordin, Marco Ettrapini, Mattia Gerbaudo (Jerba), Cristian Monticone (Lazzaro), Lorenzo Scialò, Paolo Testa, Maria F. Trombini, Paolo Turrini, Carlo Urbanet, Ivan Vicenzi, Katia Zampatti. La spedizione si è avvalsa del patrocinio di: Società Speleologica Italiana ETS; CAI Nazionale; Società Geografica Italiana; Università degli Studi di Milano Bicocca; Gruppo Speleologico Sacile; Federazione Speleologica Regionale Friuli-Venezia Giulia; Federazione Umbra Gruppi Speleologici; Associazione Gruppi Speleologici Piemontesi; Federazione Speleologica del Lazio; Ipogenica APS; Gruppo Grotte Brescia "Corrado Allegretti".



Rappresentazione schematica dei processi e delle morfologie coinvolti nella formazione di grotte glaciovulcaniche, incluse le caratteristiche superficiali e sotterranee e il trasporto di calore, fluidi e gas. Opera originale di Lee Florea:

A= Flusso d'aria superficiale all'interno della grotta; B= Margine glaciale in migrazione (avanzamento/ritiro); C=Fumarola a bassa temperatura; D=Sfiatatoio di vapore nel firn (nevato); E=Atmosfera in movimento attraverso l'edificio vulcanico; F=Gas vulcanico in risalita attraverso l'edificio vulcanico; G=Contatto tra firn e ghiaccio glaciale; H=Superficie glaciale in fase di accumulo/ablazione; I=Tunnel di vapore nel ghiaccio; J=Torre di ghiaccio (hoodoo) con sfiatatoio di vapore; K=Dropstone che emerge per fusione dallo strato di tefra; L=Espansione/contrazione della cupola di vapore; M=Fumarola tiepida che miscela aria e gas vulcanico; N=Cella convettiva delle emissioni della fumarola; O=Sorgente tiepida di acqua sotterranea riscaldata nell'edificio vulcanico; P=Deformazione plastica del ghiaccio glaciale; Q=Deformazione fragile del ghiacciaio con formazione di crepacci; R=Camino di vapore nel mulino glaciale e nel crepaccio; S=Fumarola calda di gas vulcanico; T=Accumulo denso (pool) di gas vulcanico; U=Lago di acqua di fusione e condensato di fumarola; V=Fonte di calore vulcanico; W=Movimento a valle del ghiaccio glaciale; X=Sorgente di acqua sotterranea riscaldata; Y=Fronte glaciale (terminus); Z=Condotto glaciale terminale con torrente emergente



Area area del vulcano subglaciale Kverkfjioll con margine della caldera settentrionale, punti caldi e ice cauldron.



Lago geotermale di Galtarlon nella valle di Hveradalur: margine settentrionale del Vatnjokull. Si tratta di un lago temporaneo che fa la sua comparsa con cicli di dieci in relazione all'attività idrotermale e al reticolo di grotte glaciovulcaniche presenti. L'area è stato oggetto di studi e monitoraggi da parte della spedizione.



Veduta aerea del grande calderone glaciale di Encelato. Si tratta di una struttura con un diametro di oltre100 metri e profondo circa 50, parte di un sistema di drenaggio subglaciale caratterizzato da gallerie e laghi subglaciali. Sul fondo sono presenti una serie di fumarole ed un grande bollitore capace di produrre acqua a circa 74°C. In basso si notano alcuni membri della squadra intenti a discendere in corda il calderone.



Momenti delle calate verso il fondo del calderone di Encelado, caratterizzato da una atmosfera vaporosa a tratti tossica.





Il grande bollitore sul fondo di Encelado. Con una portata di molti litri al secondo ed una temperatura di circa 74°C questa sorgente genera un flusso capace di creare un grande lago in fusione sotto il corpo glaciale. Attorno al bollitore sono stati realizzati campionamenti microbiologici per documentare organismi estremofili.

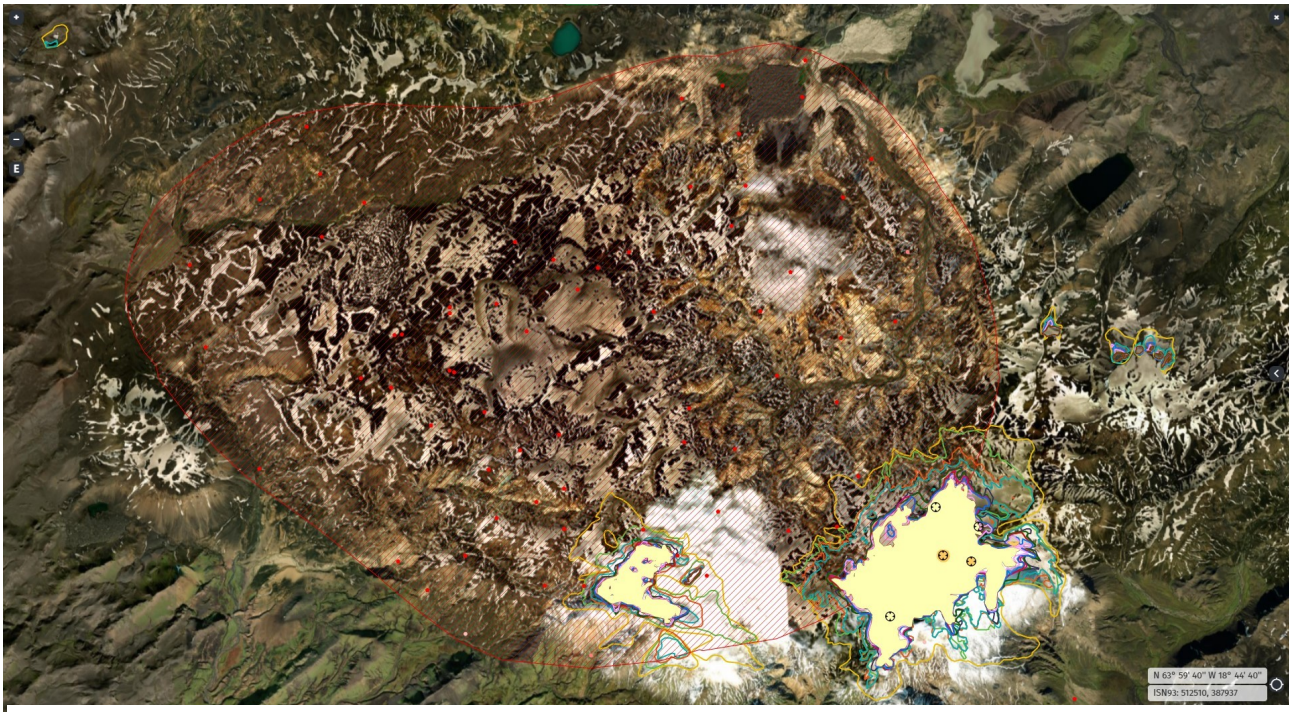


Area fumarolica nei pressi del lago geotermale Gengissig. Le fumarole di questa zona presentano un alto tasso di idrogeno solforato. In questa prospettiva una cavità glaciovulcanica presente è stata oggetto di campionamenti microbiologici.









Area vulcanica del Torfa. La caldera misura oltre 14 chilometri di diametro e ospita diversi corpi glaciali



Sistema di Freyja Hellir: grande galleria di tipo Nye Channel. Sulla destra si notano depositi chiari di minerali secondari prodotti dall'attività fumarolica. Questi è altri punti simili sono stati oggetto di campionamenti microbiologici



Sistema di Freyja Hellir, sala del Graal. In questa zona della grotta, l'energia termica prodotta da un grande bollitore con una portata di circa 7 l/s ed una temperatura di 59.4°C genera una enorme sala a cupola dell'altezza di circa 30 metri.



Bibliografia

Anderson, C. H., Behrens, C. J., Floyd, G. A., & Vining, M. R. (1998). Crater firn caves of Mount St. Helens, Washington. *Journal of Caves and Karst Studies*, *60*, 44-50.

Badino, G., 2007. Caves of Sky: A Journey Into the Heart of Glaciers. Graffice Tintoretto (TV), Italy.

Badino G. (1998), In Islanda, GROTTE, anno 41, n°128, Torino.

Bailey, J. P. C. , og 6 aðrir. 1981. A topographical map of Hveradalur, Kverkfjöll, Iceland. (Nýtt kort). Jökull,31, 116-117

Baldursson, S., Guðnason, J., Hannesdóttir, H., & Þórðarson, Þ. (2018). Nomination of Vatnajökull National Park: Dynamic nature of fire and ice for inclusion in the World Heritage List.

Barr, I. D., Lynch, C. M., Mullan, D., De Siena, L., & Spagnolo, M. (2018). Volcanic impacts on modern glaciers: A global synthesis. *Earth-Science Reviews*, *182*, 186-203.

Benassi A. (2026), Di ghiaccio e di fuoco: grotte glaciovulcaniche in Islanda, Speleolologia 93, pp.36-45

Benn, D.I., Evans, D.J., 2010. Glaciers and Glaciation. Oxford University Press, New York.

Björke, J. K., Stefánsson, A., & Arnórsson, S. (2015). Surface water chemistry at Torfajökull, Iceland—quantification of boiling, mixing, oxidation and water–rock interaction and reconstruction of reservoir fluid composition. *Geothermics*, *58*, 75-86.

Björnsson, H. (2016). The glaciers of Iceland: A historical, cultural and scientific overview.

Bishop, M. P., Björnsson, H., Haeberli, W., Oerlemans, J., Shroder, J. F., & Tranter, M. (2011). *Encyclopedia of snow, ice and glaciers*. Springer Science & Business Media.

Brian Roberts, J. A. Beckett, W. V. Lewis, F. W. Anderson, W. L. S. Fleming andP. Falk, The Cambridge Expedition to Vatnajökull, 1932, The Geographical Journal, Vol. 81, No. 4 (Apr., 1933), pp. 289-308

Burr, D. M., Carling, P. A., & Baker, V. R. (Eds.). (2009). *Megaflooding on Earth and Mars*. Cambridge University Press.

Carroll, M., & Lopes, R. (2019). *Antarctica: Earth's Own Ice World*. Springer International Publishing.

Clance, J. J., Shaffer, J. M., Cable, M. L., Stenner, C., Williams-Jones, G., Szynkiewicz, A., ... & Mikucki, J. A. (2024). Biogeochemistry of the rare sulfidic glaciovolcanic cave system on Mount Meager, British Columbia, Canada. *Frontiers in Geochemistry*, *2*, 1410338.

Connell, L., & Staudigel, H. (2013). Fungal diversity in a dark oligotrophic volcanic ecosystem (DOVE) on Mount Erebus, Antarctica. *Biology*, *2*(2), 798-809.

Cousins, C. R., & Crawford, I. A. (2011). Volcano-ice interaction as a microbial habitat on Earth and Mars. *Astrobiology*, *11*(7), 695-710.

Cousins, C. R., Fogel, M., Bowden, R., Crawford, I., Boyce, A., Cockell, C., & Gunn, M. (2018). Biogeochemical probing of microbial communities in a basalt-hosted hot spring at Kverkfjöll volcano, Iceland. *Geobiology*, *16*(5), 507-521.

Cousins, C.R., Crawford, I.A., Carrivick, J.L., Gunn, M., Harris, J., Kee, T.P., Karlsson, M., Carmody, L., Cockell, C., Herschy, B., Joy, K.H., Glaciovolcanic hydrothermal environments in Iceland and implications for their detection on Mars, Journal of Volcanology and Geothermal Research (2013), doi: 10.1016/j.jvolgeores.2013.02.009

Cuffey, K. M., & Paterson, W. S. B. (2010). *The physics of glaciers*. Academic Press.

Curtis, A. (2015). *Dynamics and global relevance of fumarolic ice caves on Erebus Volcano, Antarctica*. New Mexico Institute of Mining and Technology.

Curtis, A., (2020), Comparison of Earth's fumarolic ice caves, with implications for icy voids on other worlds [abs.]: 3rd International Planetary Caves Conference, San Antonio, Texas. 1 p.

Davis, R., Anitori, R., Stenner, C., Smith, J., and Cartaya, E., (2020), Fumarolic glacial and firn ice caves on Mount St. Helens may provide insight into Martian subsurface microbial communities [abs.]: Analog Field Sites Mini Symposium, Houston, Texas. The Lunar and Planetary Institute, Open University Astrobiology, and NASA Johnson Space Center

Edwards, B., Kochtitzky, W., Battersby, S., (2020), Global mapping of future glaciovolcanism: Global and Planetary Change, v. 195, p. 103356. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2020.103356

Einarsson, B., & Íslands, V. (2009). Jökulhlaups in Skaftá: A study of a jökulhlaup from the Western Skaftá cauldron in the Vatnajökull ice cap, Iceland. Reykjavík: Veðurstofa Íslands, 6.

Einarsson, B., Jóhannesson, T., Thorsteinsson, T., Gaidos, E., & Zwinger, T. (2017). Subglacial flood path development during a rapidly rising jökulhlaup from the western Skaftá cauldron, Vatnajökull, Iceland. *Journal of Glaciology*, *63*(240), 670-682.

Favre G. (1985) – Kverkfjoll, rivieres géotermiques sous la glace, Islande. Spelunca, 17.

Gérald Favre (2022) UIS, La rivière « chaude » supérieure de Kverkfjöll (Vatnajökull, Islande) Le plus profond réseau sous glaciaire connu

Favre G. (2022), Trente-quatre années de spéléologie sous-glaciaire dans et sous le Vatnajökull (Islande) Kverkfjöll 1980-2014, Hypogees, 78, pp.29-40

Florea, L. J., Pflitsch, A., Cartaya, E., & Stenner, C. (2021). Microclimates in fumarole ice caves on volcanic edifices—Mount Rainier, Washington, USA. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, *126*(4)

Fraser, C. I., Connell, L., Lee, C. K., & Cary, S. C. (2018). Evidence of plant and animal communities at exposed and subglacial (cave) geothermal sites in Antarctica. *Polar Biology*, *41*(3), 417-421.

Fraser, C. I., Terauds, A., Smellie, J., Convey, P., & Chown, S. L. (2014). Geothermal activity helps life survive glacial cycles. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *111*(15), 5634-5639.

Gaidos, E., Lanoil, B., Thorsteinsson, T., Graham, A., Skidmore, M., Han, S. K., ... & Popp, B. (2004). A viable microbial community in a subglacial volcanic crater lake, Iceland. *Astrobiology*, *4*(3), 327-344.

Galloway, T., Cousins, C. R., Stüeken, E. E., Telling, J., Boden, J. S., Stead, C. E., ... & Nixon, S. L. (2025). Biological nitrogen cycling within terrestrial hot springs: a Mars analogue system. *Earth and Planetary Science Letters*, *665*, 119461.

Giggenbach, W. F. (1976). Geothermal ice caves on Mt Erebus, Ross Island, Antarctica. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, *19*(3), 365-372.

Gaetano GIUDICE, *Aaron CURTIS e Nial PETERS,* Erebus Ice Caves *Speleologia 72, 30-35 (2015)*

Gudmundsson, S., Björnsson, H., Magnússon, E., Berthier, E., Pálsson, F., Gudmundsson, M. T., & Dall, J. (2011). Response of glacier mass balance to regional warming, deduced by remote sensing on three glaciers in S-Iceland. *Polar Research*, *30*.

Gudmundsson, M. T., Sigmundsson, F., Björnsson, H., & Högnadóttir, T. (2004). The 1996 eruption at Gjálp, Vatnajökull ice cap, Iceland: efficiency of heat transfer, ice deformation and subglacial water pressure. *Bulletin of Volcanology*, *66*(1), 46-65.

Gudmundsson, M. T., & Högnadóttir, T. (2009). Jökullón í Vestari Kverkfjöllum, þróun og jökulhlaupahætta. *Report for the Road Administration, Iceland*.

Gudmundsson, M. T., Högnadóttir, T., & Axelsson, G. (2019). Changes in geothermal activity at Bárdarbunga, Iceland, following the 2014–2015 caldera collapse, investigated using geothermal system modeling. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 124(8), 8187-8204.

Gudmundsson, M. T., Hognadottir, T., Reynolds, H. I., Magnusson, E., & Palsson, F. (2024). Ice cauldrons and their relationship with volcanic and geothermal activity in ice-covered volcanoes in Iceland (No. EGU24-18805). Copernicus Meetings.

Gudmundsson A. T., (2015) Living Earth: outline of the geology of Iceland,

Gudmundsson, S., Björnsson, H., Magnusson, E., Berthier, E., Palsson, F., Gudmundsson, M. T., ... & Dall, J. (2011). Response of Eyjafjallajökull, Torfajökull and Tindfjallajökull ice caps in Iceland to regional warming, deduced by remote sensing. *Polar Research*, *30*(1), 7282.

Gunn, J. (2004). *Encyclopedia of caves and karst science*. Routledge.

Hannesdóttir, H., Sigurðsson, O., Þrastarson, R. H., Guðmundsson, S., Belart, J. M., Pálsson, F., ... & Jóhannesson, T. (2020). A national glacier inventory and variations in glacier extent in Iceland from the Little Ice Age maximum to 2019. *Jökull*, *12*, 1-34.

Ilanko, T., Fischer, T. P., Kyle, P., Curtis, A., Lee, H., & Sano, Y. (2019). Modification of fumarolic gases by the ice-covered edifice of Erebus volcano, Antarctica. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, *381*, 119-139.

Jakobsson, S. P., & Gudmundsson, M. T. (2008). Subglacial and intraglacial volcanic formations in Iceland. *Jökull*, *58*(1), 179-196.

Jovanelly, T. J. (2020). *Iceland: tectonics, volcanics, and glacial features*. John Wiley & Sons.

Lyakhnitsky, Y. S., & Agapov, I. A. (2022). PSEUDOKARST FEATURES IN RUSSIA. *PSEUDOKARST COMMISSION*, 39.

Liuzzo, M., Giudice, G., Giuffrida, A.C., 2018, Investigation of Ice-Caves on Melbourne and Rittman volcanoes, Antarctica [presentation]. European Geosciences Union General Assembly 2018, Vienna, Austria, 8–13 Apr. https://www.icevolc-project.com/presentations

Magnússon, E., Pálsson, F., Gudmundsson, M. T., Högnadóttir, T., Rossi, C., Thorsteinsson, T., ... & Jóhannesson, T. (2021). Development of a subglacial lake monitored with radio-echo sounding: case study from the eastern Skaftá cauldron in the Vatnajökull ice cap, Iceland. The Cryosphere, 15(8), 3731-3749.
Marti P. (2006) La grotte glacée de Hveradalur. Hypogées N°69, 28-29.

Marteinsson, V. T., Runarsson, A., Stefánsson, A., Thorsteinsson, T., Johannesson, T., Magnusson, S. H., ... & Gaidos, E. (2013). Microbial communities in the subglacial waters of the Vatnajökull ice cap, Iceland. The ISME journal, 7(2), 427-437.

Montanaro, C., Scheu, B., Gudmundsson, M. T., Vogfjörd, K., Reynolds, H. I., Dürig, T., ... & Dingwell, D. B. (2016). Multidisciplinary constraints of hydrothermal explosions based on the 2013 Gengissig lake events, Kverkfjöll volcano, Iceland. *Earth and Planetary Science Letters*, *434*, 308-319.

Monticone C. Benassi A. Bordin L. Trombini M. (2026) Di ghiaccio e di fuoco: esplorazioni glaciovulcaniche in Islanda. La Rivista del CAI, n°18, Jan 26

Moreras-Marti, A., Fox-Powell, M., Zerkle, A. L., Stueeken, E., Gazquez, F., Brand, H. E., ... & Cousins, C. R. (2021). Volcanic controls on the microbial habitability of Mars-analogue hydrothermal environments. *Geobiology*, *19*(5), 489-509.

Óladóttir, B. A., Larsen, G., & Sigmarsson, O. (2011). Holocene volcanic activity at Grímsvötn, Bárdarbunga and Kverkfjöll subglacial centres beneath Vatnajökull, Iceland. *Bulletin of Volcanology*, *73*(9), 1187-1208.

Ólafsson, M., Torfason, H., & Grönvold, K. (2000, May). Surface exploration and monitoring of geothermal activity in the Kverkfjöll geothermal area, central Iceland. In *Proceedings of the World Geothermal Congress* (Vol. 2000, pp. 1539-1545).

Pulina, M., Rehak, J., & Schroeder, J. (2003). Les cavités glaciaires sous le regard spéléologique. *Karstologia*, *42*(1), 23-36.

Ranta, E., Halldórsson, S. A., Barry, P. H., Ono, S., Robin, J. G.,Kleine, B. I., ... & Stefánsson, A. (2023). Deep magma degassing and volatile fluxes through volcanic hydrothermal systems: Insights from the Askja and Kverkfjöll volcanoes, Iceland. *Journal of volcanology and geothermal research*, *436*, 107776.

Reynolds, H. I., Gudmundsson, M. T., Högnadóttir, T., & Axelsson, G. (2019). Changes in geothermal activity at Bárdarbunga, Iceland, following the 2014–2015 caldera collapse, investigated using geothermal system modeling. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, *124*(8), 8187-8204.

Shelepin A.L. Vakhrushev B.A., Gunko A.A., Gusev A.S., Prokhorenko A.I., Samokhin G.V., Filippov A.G.,Tsurikhin E.A. ed. 2019. Atlas of caves of Russia. Russian Geographical Society, Russian Union of Speleologists, Moscow, 768 pp.

Sobolewski, L., Stenner, C., Hueser, C., Berghaus, T., Cartaya, E., & Pflitsch, A. (2022). ONGOING GENESIS OF A NOVEL GLACIOVOLCANIC CAVE SYSTEM IN THE CRATER OF MOUNT ST. HELENS, WASHINGTON, USA. *Journal of Cave & Karst Studies*, *84*(2).

Sobolewski, L., Stenner, C., Hüser, C., Berghaus, T., Cartaya, E., & Pflitsch, A. (2020). Formation and evolution of newly formed glaciovolcanic caves in the crater of Mount St. Helens, Washington, USA. *The Cryosphere Discussions*, *2020*, 1-31.

Sobolewski, L., Stenner, C., Williams-Jones, G., Anitori, R., Davis, R. E., & Pflitsch, A. (2022). Implications of the study of subglacial volcanism and glaciovolcanic cave systems. *Bulletin of Volcanology*, *84*(3), 21.

Stenner, C., Pflitsch, A., Florea, L. J., Graham, K., & Cartaya, E. (2022). DEVELOPMENT AND PERSISTENCE OF HAZARDOUS ATMOSPHERES IN A GLACIOVOLCANIC CAVE SYSTEM--MOUNT RAINIER, WASHINGTON, USA. *Journal of Cave & Karst Studies*, *84*(2).

Stenner, C., Florea, L. J., Pflitsch, A., Cartaya, E., & Riggs, D. A. (2023). MORPHODYNAMICS OF GLACIOVOLCANIC CAVES-MOUNT RAINIER, WASHINGTON, USA. *Journal of Cave & Karst Studies*, *85*.

Stenner, C., Florea, L., Sobolewski, L., & Pflitsch, A. (2025), Classification and Characteristics of Glaciovolcanic Caves, in 19th International Congress of Speleology and 38o Congresso Brasileiro de Espeleologia - Belo Horizonte 2025 - Vol. II, UIS, pp.100-104

Christian Stenner, Kathleen Graham, Michael Paton, Jeremy Nash, Morgan L. Cable, Glyn Williams-Jones (2025) Morphology and microclimate of a notable glaciovolcanic cave, Mount Meager, Canada, n 19th International Congress of Speleology and 38o Congresso Brasileiro de Espeleologia - Belo Horizonte 2025 - Vol. V, UIS, pp.163-167

Stenner, C., Florea, L. J., Sobolewski, L., Pflitsch, A., Cable, M., Anitori, R., ... & Williams-Jones, G. The environment of glaciovolcanic caves and their value as planetary analogues.

Storrie-Lombardi, M. C., Hall, A. P., Hang, S., Lyzenga, G. A., Clark, C. M., Sattler, B. I., ... & Hoover, R. B. (2011). Spectral profiling and imaging (SPI): extending LIFE technology for the remote exploration of life in ice caves (RELIC) on Earth and Mars. In Instruments, Methods, and Missions for Astrobiology XIV (Vol. 8152, pp. 355-366). SPIE.

Sigurður Þórarinsson, The Grímsvötn expedition june-july 1953, (1954) Jokull?

Unnsteinsson, T. (2022). Modelling glaciovolcanic caves and chimneys.

UIS, PSEUDOKARST COMMISSION, NEWSLETTER, No. 30. March, 2022

Ward, B., Williams-Jones, G., & Geertsema, M. (2020). Moving mountains: Landslides and Volcanoes in a Warming Cryosphere. *The State of the Mountains Report*, *3*, 4-11.

White, W. B., & Culver, D. C. (Eds.). (2012). *Encyclopedia of caves*. Academic Press.



7

PATRONAGES

INSTITUTIONAL SUPPORT

Scientific Analysis Support

Technical Sponsors

con il patrocinio del ***Club Alpino Italiano***