

# Johann Wolfgang von Goethe in njegov pomen za nastajanje evropskega znanstvenega naravoslovja, posebej geologije

Popotni vtisi iz Češke, Harza in Weimarja

*Jurij Kunaver*

Tega zapisa ne bi bilo brez potovanj, najprej v zahodno Češko v okolico Heba oziroma na območje tektonskega jarka Ohrže, pozneje pa v Göttingen, na Harz in v Weimar. Njihovo zaporedje je nastalo spontano, »kriv« za to, bolj ali manj, pa je znameniti nemški dramatik in pesnik Johann Wolfgang von Goethe (1749–1832), ki se je pro-

slavil tudi v naravoslovju. Pisec priznava, da o tej dejavnosti Goetheja pred tem ni vedel prav nič. Ne zaradi pomanjkljive predstavitve tega genija na svetovnem spletu, vsaj v slovenski izdaji. Tudi ne zato, ker je tega edinstvenega moža enoznačno nemogoče predstaviti, saj je bil tudi državnik. Morda je vzrok bolj geografski, zaradi oddaljenosti in drugačnosti pokrajin, kjer je živel in ki jih je raziskoval, pa tudi zgodovinski, ker so k nam prišle vesti o njegovi kulturni širini – z izjemo njegovega literarnega dela – z zamudo. Za to je kriva, če lahko tako rečemo, Goethejeva literarna veličina, ki je zasenčila vse drugo.

Na očitne sledove Goethejevega naravoslovnega zanimanja je mogoče naleteti skoraj na vsakem koraku. V pokrajini med Hebom in Karlovimi Vari je veliko priložnosti za nova spoznanja na tem področju, še več, za prava presenečenja. V ta del Češke je Goethe potoval kar sedemnajstkrat in tu prebil vsakič po več tednov. Nikoli pa ni bil v Pragi. V Nemčiji so po-



*Portret Johanna Wolfganga Goetheja, naslikal ga je Joseph Karl Stieler. Foto: Jurij Kunaver.*

sebej zanimivi njegovi štirje obiski hercinskega pogorja Harz in raziskovanje njegovih rudnih bogastev, še posebej njegov prvi zimski vzpon na vrh Brocken. Zanimal se je še za številna druga območja, zlasti za tista z granitno geološko zgradbo na Thürinškem. O tem bo v *Proteusu* objavljen še en prispevek. Vse to so razlogi za kratek izlet v čase, ko so nastajali temeljni okviri današnje geološke znanosti in ko so za pravilne sklepe morali zadoščati samo bister in kritičen duh, izkušeno oko in primerjave, brez današnjih raziskovalnih metod.

Toliko gostoto spominskih obeležij enemu in istemu človeku kot na zahodnem Češkem Goetheju redko vidiš kje drugod. Goethe je tja hodil iz različnih nagibov, tudi v že takrat znana zdravilišča, a vzporedno so ga najbolj zanimale geološke posebnosti tega območja. Je morda tudi eden od najboljših primerov osebnosti, ki so se o vsem hotele prepričati na lastne oči, kar je navadno

povezano tudi s sposobnostjo opazovanja. Naravno okolje je spoznaval načrtno, zavestno, sistematično in temeljito. Ta misel je v Goethejevem nacionalnem muzeju v Weimarju, poleg mnogih drugih, posebej zabeležena: »Svet od blizu. Vsega ni mogoče najti v knjigah. Goetheja so venomer zanimala nova srečanja, spoznanja, izkušnje; potovanja odstirajo svetove. Skoraj dve leti je raziskoval Italijo: kulturo, naravo, še zlasti, kako tam živijo ljudje. Udeležil se je sodnih procesov, šel v gledališče, močno ga je zanimal utrip na ulicah in trgih, videl je tudi rimski karneval. Ne samo Evropa, tudi Južna Amerika ga je pritegnila, ko se je družil z Alexandrom von Humboldtom, potem ko mu je ta pripovedoval o svojih odkritjih geografskih zakonitosti razširjenosti rastlinskih vrst.«

Če se za hip ozremo na omenjena potovanja, z lahkoto najdemo primerjavo. Na njih smo sami znova in znova spoznavali, kako

*Goethejev nacionalni muzej v Weimarju, ki je nastal leta 1885 iz Goethejeve stanovanjske hiše. Foto: Jurij Kunaver.*



nič ne more nadomestiti lastnih izkušenj, doživetij in spoznanj. So bistveno dragocenejše, pristnejše in izčrpnnejše od informacij, ki jih dobimo »iz druge roke«. Posredovanih informacij nikoli ni mogoče tako podoživeti in razumeti, kot podoživljamo in razumemo sami. Preprosta, že dolgo, zlasti v znanosti, izpričana, najbrž že tudi pred Goethejem znana resnica, ki pa je pri vsakodnevnem delu še vedno premalo upoštevana.

Ob dejstvu, da gre pri Johannu Wolfgangu Goetheju za genialnega dramatika, novelista, pesnika, državnika in znanstvenika svetovnega slovesa, človeku postopoma postane jasno, da trajnost spomina nanj ni in ne more biti presenetljiva. O tem pa se mora vsak prepričati sam. Goethejevo zanimanje za različna naravoslovna znanstvena področja je v javnosti mnogo manj znano kot njegovo literarno delo. Tu se pričinja naša zgodba. Malo znano je namreč, da ima Goethe, ki je bil po geološki nazorski usmeritvi neptunist (naziranje o izključnem nastanku vseh kamnin iz vode, iz oceanov), celo posredne zasluge za dokončno uveljavitev plutonističnega naziranja o nastanku kamnin (iz magme). V zgodovini geoloških znanosti se to omenja redko, saj Goethe ni bil niti poklicni geolog niti poklicni naravoslovec. Vendar se po njem imenujejo celo železov mineral getit (goethit), na Harzu učne poti, pa tudi ena od evropskih geoloških pešpoti, da ne omenjamo številnih kulturnih in znanstvenih ustanov, ki nosijo njegovo ime.

Dejstvo, da je Goethe v nekem trenutku odločilno posegel v polemiko o enem od ključnih vprašanj geološkega razvoja in s tem vplival na poznejši naprednejši razvoj vede, je samo na videz nezanimivo. Ko pa se znajdeš neposredno na kraju, kjer je Goethe odkrival in razlagal skrivnosti narave, na primer na majhnem bazaltnem vulkanu Komorni Hurka pri Hebu na zahodu Češke, je to spodbuda za nadaljnja iskanja. Sem se še vrnemo. Nehote se spominjamo poglavij o katastrofistih oziroma neptunistih in plu-

tonistih, ki smo se jih sprva morali naučiti, pozneje o njih tudi predavati, a so izzvenela oddaljeno in neprivlačno. Tu, na vznožju Komorni Hurke, stojiš pred spominskim obeležjem, ki bo večno spominjalo na Goethejeve zgodovinske obiske in njegova naravoslovna prizadevanja in razmišljanja. Naj mi bo dovoljeno ob tem opozoriti tudi na našega Žigo Zoisa, ki je bil malo znani del zgodbe o katastrofistih. Svoje kamninske vzorce z območja Triglava je pošiljal v Sibirij na Sedmograško enemu najbolj vnetih plutonistov, J. E. Fichtlu (1732–1795), ki je trdil, da so Triglav in vrhovi okoli njega iz masivnega apnenca magmatskega nastanka. Zois s to trditvijo ni soglašal, ker je v kamninah iz samega vrhnjega dela Triglava, ki so mu jih prinašali številni ljudje, tudi Valentin Vodnik, našel morske fosile (Faninger, 1994/95: 562).

### **Kratko o življenju Johanna Wolfganga von Goetheja kot literata, misleca in predvsem naravoslovca**

Rodil se je 28. avgusta leta 1749 v Frankfurtu na Maini očetu Johannu Gasparju Goetheju, cesarskemu svetniku, in materi Catharini Elisabeth Textor, ki so jo ljubkovalno klicali gospa Aja. V Leipzigu je študiral pravo do leta 1768, ko je študij prekinil zaradi bolezni in ga nadaljeval leta 1770 v Strasbourgu. Leta 1773 in leta 1774 je napisal svoja prva dela, s katerimi se je proslavil tako v Nemčiji kot širše v Evropi, zlasti s kratkim romanom *Trpljenje mladega Wertherja*. Leta 1775 je bil poklican na dvor kneza Karla Avgusta Saško-Weimarskega v Weimar, kjer je nastopil službo »ministra s posebnimi pooblastili«. Leta 1777 je po nalogu svojega delodajalca prvič obiskal Harz, nato pa še dvakrat, leta 1783 in leta 1784. Leta 1786 je potoval v Italijo in tam bival do leta 1788. Po vrnitvi se je razdolžil državnih dolžnosti in se v Weimaru posvetil gledališču ter v Jeni univerzi. Leta 1794 je prijateljstvo s Friederickom Schillerjem pomenilo veliko spodbudo za

njegovo dramaturško ustvarjanje (*Ifigenija, Egmont, Učna leta Wilhelma Meistra*). V letih od 1800 do 1805 je bolehal. Leta 1805 je četrtrič obiskal Harz. Leta 1806 se je poročil s Christiano Vulpius, leta 1808 se je v Erfurtu srečal z Napoleonom Bonapartejem, leta 1812 pa z Ludwigo van Beethovnom, Heinrichom Heinejem, tudi z mladim Felixom Mendelssohnom Bartholdyjem. Leta 1828 je umrl njegov prijatelj knez Karl Avgust, leta 1831 je dokončal drugi del *Fausta*, 22. marca naslednjega leta je umrl v starosti 82 let. Povzdignjen je bil v plemiški stan. Zanimiv je zlasti njegov svetovni nazor, ki je večplasten. Na kratko samo to, da je izviral iz protestantske družine in da ga povezujejo s filozofijo Barucha Spinoze. Po prepričanju je bil neke vrste svobodnjak s panteističnimi nazori, tudi prostozidar, navduševal se je nad ameriško revolucijo, manj pa nad francosko.

### Goethejeve znanstvene usmeritve

Goetheju je ukvarjanje z različnimi znanstvenimi področji veliko pomenilo. Geoloških vprašanj se je lotil šele kasneje, potem ko je kot minister pri weimarskem knezu

Karlu Avgustu dobil nalogo, da na območju Harza preuči možnosti za donosnejšo rudarsko dejavnost. A precej pred tem je zaslovel že s svojimi botaničnimi študijami, zlasti z delom *Morfologija in metamorfoza rastlin*. Njegovo drugo znanstveno zanimanje so bile barve. Preučeval jih je s pomočjo prizme. Napisal je *Teorijo barv*. Z njo se je močno uveljavil in s tem vplival na kasnejše raziskovanje svetlobe in barv, zlasti v 19. stoletju, na področju fizike, fiziologije, slikarstva in filozofije. Njegove ideje so pozneje povzemali in razvijali številni misleci 19. stoletja, med filozofi zlasti Hegel, Schopenhauer, Nietzsche, Cassirer, Jung in Wittgenstein, pa tudi angleški slikar William Turner. Ukvarjal se je tudi s človeško anatomijo. Njegovo naziranje o stalnem spreminjanju narave, ki ga je uporabil Charles Darwin, pomeni uvod v evolucijsko teorijo. Seznam Goethejevih področij znanstvenega ukvarjanja je neverjetno dolg. Njegov rojak in sodobnik, pesnik, filozof in geolog Friedrich von Hardenberg - Novalis (1772–1801) je napisal, da je bil Goethe prvi med fiziki tistega časa. Izvajal je tudi barometriške meritve zračnega tlaka, kar ga

*Delček obsežne Goethejeve kamninske zbirke v muzeju v Weimarju. Foto: Jurij Kunaver.*





*Goethejeva zbirka tako imenovanih kotlovcev in grabovcev (Sprudelstein) iz Karlovih Varov. V vročih vrelcih se izloča aragonitni kotlovec, ki se useda v lepih, ritmično belo do rjavo obarvanih plasteh ob izvirih. Foto: Jurij Kunaver.*



*Eden od Goethejevih predalnikov za kamninske vzorce. Foto: Jurij Kunaver.*

je menda še posebej pritegovalo. Ugotovil je zakonitosti v spreminjanju zračnega tlaka neodvisno od nadmorske višine, kar je bila podlaga za preučevanje in napovedovanje

vremenskih sprememb. Ob koncu svojega življenja je imel Goethe v Weimarju največjo mineraloško zbirko v Evropi (17.500 primerkov). Zaslužen je tudi za ustanovitev

stolice za kemijo na univerzi v Jeni, prve na vsem takratnem nemško govorečem ozemlju, in tamkajšnjega botaničnega vrta, kot tudi astronomskega observatorija, veterinarskega inštituta, univerzitetne knjižnice ter muzejskih in umetniških zbirk, zadnjih v Weimarju. S pesnikom Schillerjem sta bila vodilni osebnosti weimarskega klasicizma.

### **Goethe je simbol za najzgodnejše geološko odkrivanje Evrope in za današnji geoturizem**

V mnogih strokovnih krogih ni malo prizadevanj, da bi ime J. W. Goetheja obeleževalo geološke učne in druge poti s podobno vsebino. Znale so *Via Goethe* v dolini Adiže, *Evropska geološka pot*, imenovana po Goetheju, v okolici kraja Torbole ob Gardskem jezeru, in Goethejeva učna pot na

Harzu. Nanj oživljajo spomine tudi v drugih krajih okrog Gardskega jezera, saj je to navsezadnje vaba za turiste. Med najbolj znanimi kraji, ki se ponasjajo z nekdanjo navzočnostjo Goetheja, je vsekakor slikoviti Malcesine na vzhodni jezerski obali tik pod Monte Baldom. Ko je z ladjo plul v Italijo, se je tam zaradi spremenjene smeri vetra moral neprostoovoljno ustaviti. Potoval je pod psevdonimom, a njegova prirojena radovednost in slikanje gradu bi ga skoraj pripeljali v ječo. Danes v slikoviti stari trdnjavi ne skoparijo s poudarjanjem pomena Goetheja, ki so mu namenili kar dve razstavnici. Goethe je naveden kot motiv tudi v organiziranih ekskurzijah na Gardsko jezero, ki jih prirejajo večinoma nemške turistične agencije.

Iz poročil o nekaterih geoloških kongresih

*Slikovito mesto Malcesine ob vzhodni obali Gardskega jezera. Foto: Jurij Kunaver.*





*Spominska plošča na malcesinskem gradu. Foto: Jurij Kunaver.*



*Doprni kip J. W. Goetheja na gradu v Malcesini. Foto: Jurij Kunaver.*

in zborovanih delovne skupine za geomorfozite (Mednarodna geomorfološka unija) izvemo, da se je pomen J. W. Goetheja za razvoj zgodnjega naravoslovja in posebej geologije, deloma pa tudi geomorfologije,

začel v zadnjem času še posebej poudarjati. Med najpomembnejšimi izzivi za oživljanje tovrstnega spomina nanj je njegovo potovanje po Italiji. Na vinogradniškem posestvu Endirizzi severno od Trenta so že leta 2008



Goethejeva risba izbruha  
Vezuva pri Neaplju.

postavili prve informacijske table, ki seznanjajo obiskovalce z Goethejevimi opisi in vtisi s potovanja. To naj bi bilo prvo dejanje v uresničitvi mednarodnega projekta za *Evropsko Goethejevo pot*, ki ima med drugim namen popularizirati in povečati zanimanje za naravne danosti in zanimivosti, zlasti geološke, pa tudi geomorfološke. A ne pozabljajo tudi na povezanost med človekom in naravo (geokulturne vsebine) ter njenega varstva. Če gre za širšo javnost, je to geoturizem. Med Torbolom, kjer je leta 1786 prenočeval Goethe, in bližnjim Nagom na skrajnem severu Gardskega jezera načrtujejo označbo naravnih posebnosti, kakršni so ledeniški mlini, vse v imenu Goetheja.

### Osnovne geografske, geološke in zgodovinske informacije o Harzu

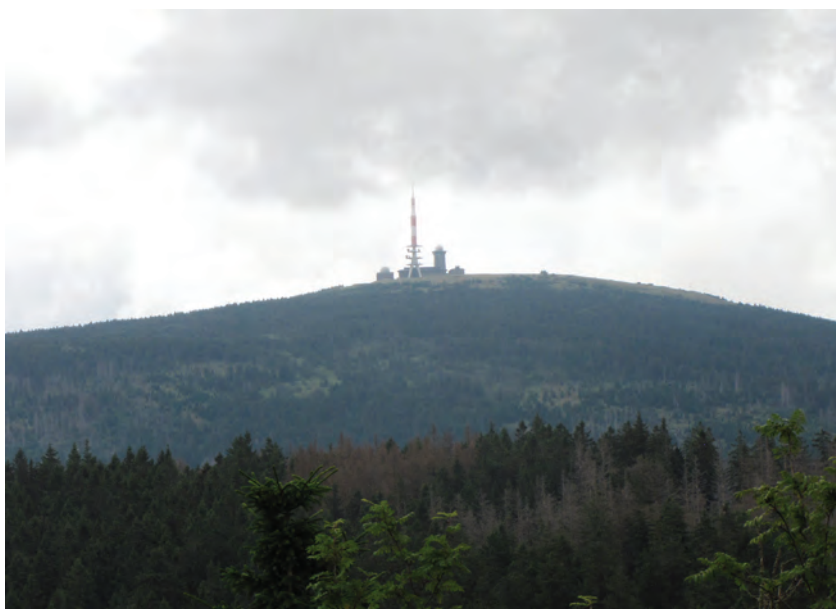
Harz poznamo iz geološke zgodovine kot enega od najbolj znanih ostankov mladopaleozojskega gorotvornega obdobja v Evropi, imenovanega variskična ali hercinska orogeneza. Harz je najvišje, a precej osamljeno hribovje v severni Nemčiji. Delijo si ga tri nemške dežele: Spodnja Saška, Saška-Anhalt in Thuringija. Ime

Harz izvira iz stare nemščine (*Hardt* ali *Hart* za gorski gozd), v latinizirani obliki Hercinij. Najvišji vrh je Brocken (1.141 metrov) v tako imenovanem Zgornjem Harzu, drugi najvišji vrh pa je Wumberg (971 metrov), ki sodi že pod Spodnjo Saško. Brocken je zanimiv v več pogledih. Nanj so se prvič povzpeli v 16. stoletju (Stolberg), najbolj znani in opevani pa so štirje vzponi Goetheja in dva vzpona Heineja konec 18. in v začetku 19. stoletja. Danes se na Brocken podaja vsakdo, ki mu je do tega, da se naučijo edinstvenih pogledov po večinoma mnogo nižjem ozemlju vsenaokrog. A ker je v poprečju tristo dni na leto zavrt v oblake ali meglo, to ni dano vsakomur. Znani nemški pesnik Heinrich Heine je po težavnem vzponu na Brocken, ki je bil takrat v oblakih, zapisal: »Viele Steine, müde Beine, Aussicht keine, Heinrich Heine,« ali v prostem prevodu: »Samo kamenje, utrujene noge, nobenega razgleda, Heinrich Heine.« O svojem štiritedenskem potovanju iz Göttingena do Harza in vzponu nanj je objavil spis *Die Harzreise (Potovanje na Harz)* (1826).



*Harz z Brocknom,  
od severozahoda.*

*Foto: Jurij  
Kunaver.*



*Brocken  
(1.141  
metrov),  
najvišji  
vrh Harza.*

*Foto: Jurij  
Kunaver.*

Pogorje Harza z Brocknom je zadnja visoka vzpetina na vsej razdalji od tu do Urala, so nekje zapisali. A tudi, da je bil Harz nekoč najpomembnejše rudarsko območje med Parizom in Sankt Peterburgom. Brocken je imel posebno vlogo v drugi svetovni vojni in po njej. Nacisti so imeli na njem pomemb-

ne komunikacijske naprave, ki so bile tarča zavezniškega bombardiranja. Poleg tega so velik del Harza spremenili v območje vojne industrije z obrati za proizvodnjo raket V2 ter številnimi prisilnimi delovnimi in koncentracijskimi taborišči. Ob koncu druge svetovne vojne so ga zavzele ameriške čete,



*Posledice ledenodobnih in holocenskih procesov zmrzalnega preperevanja granita so na Brocknu in v Harzu vidne v gostem pokrovu iz značilno oblikovanih granitnih skal.  
Foto: Jurij Kunaver.*

vendar so se po jaltskem sporazumu morale umakniti pred sovjetskimi četami. Brocken je bil krajši čas sicer odprt za obiske, a le do leta 1961, ko so na njem Rusi in Vzhodni Nemci začeli graditi prisluškovalne naprave. Meja z Zahodno Nemčijo je ves čas do leta 1990, ko je padla železna zavesa, tekla v neposredni bližini vrha. Brocken je sedaj osrednja atrakcija v Harzu, ki je za vsakdanje obiskovalce dosegljiva le z ozkotirno železnico. Je tudi središče Narodnega parka Zgornji Harz. Brocken vzbuja pozornost predvsem zaradi svoje izstopajoče višine, ki je posledica magmatske zgradbe tega dela Harza. Ob koncu hercinske orogeneze je v globinah sedanjega Harza prišlo do nastanka velikega magmatskega telesa (granitnega batolita), ki je na stiku z okoliško kamnino povzročil nastanek odporne metamorfne kamnine rogovca v njegovem vrhnjem delu. Pokrov iz rogovca, ki ga danes v glavnem ni več, je za dolgo zavaroval globlje ležeči granit pred erozijo. Zato se Brocknova granitna gmota še danes dviga znatno nad okolico. Številni so znaki, ki kažejo, da granit kar hitro razpada tudi v današnjem

podnebjem. Še bolj intenzivno pa je prepereval v obdobju hladnega pleistocena, kar se je v Harzu ohranilo v obliki debele vrhnje preperelinske plasti, sestavljene povečini iz granitnega skalovja. Na pobočjih so iz tistega časa značilni mirujoči plazovi, imenovani blokmeri ali polja blokov. Nič drugače ni v nekaterih drugih srednjeevropskih hribov-jih, kot je na primer Snežka v Krkonoših, kjer so v pleistocenu vladali periglacialno podnebje in periglacialni procesi in kjer je pisec na severnih pobočjih pred leti ta pojav videl prvič.

Harz ne bi bil tako znan brez svoje pestre in zanimive geološke zgradbe in zgodnjega, več kot 1.500 let starega rudarstva. Rudno bogastvo, v prvi vrsti srebrova, železova, svinčeva, bakrova in cinkova ruda, je bilo tisto, ki je sem pripeljalo Goetheja, in je bilo tisto, ki je botrovalo nastanku ene od najbolj znanih nemških tehničnih univerz v kraju Clausthal-Zellerfeld. Tu so tudi bogata nahajališča barita in fluorita ter nahajališča zlata in niklja ter še nekaterih rud. Rudnik Rammelsberg pri Goslarju je naj-slovitejši.



*Eden od večjih  
granitnih blokov  
na Harzu.*

*Foto: Jurij  
Kunaver.*



*Ravnejša območja  
na Harzu na  
neprepustni  
podlagi pokrivajo  
mokrotna tla  
visokih barij.*

*Foto: Jurij  
Kunaver.*

### **Goethe na griču Komorni Hurka in v čeških zdraviliščih severozahodne Češke**

Med naravoslovna presenečenja na zahodu Češke, povezana z Goethejevim imenom, brez dvoma sodi grič Komorni Hurka, eden najmanjših in najmlajših evropskih ugaslih vulkanov. Hurka je v češčini hribček (iz češko *hora*, slovensko *gora*). Komorni je

majhen, sobni. To je zares neznatn, komaj do dvajset metrov visok grič, dva kilometra južno od zdravilišča Františkove Lazne ali manj kot štiri kilometre severozahodno od Heba. Ozemlje vulkanskega griča zavzema dobrih sedem hektarov površja. Od leta 1951 je grič zavarovan kot naravni spomenik, a pot do njega ni prav dobro označe-

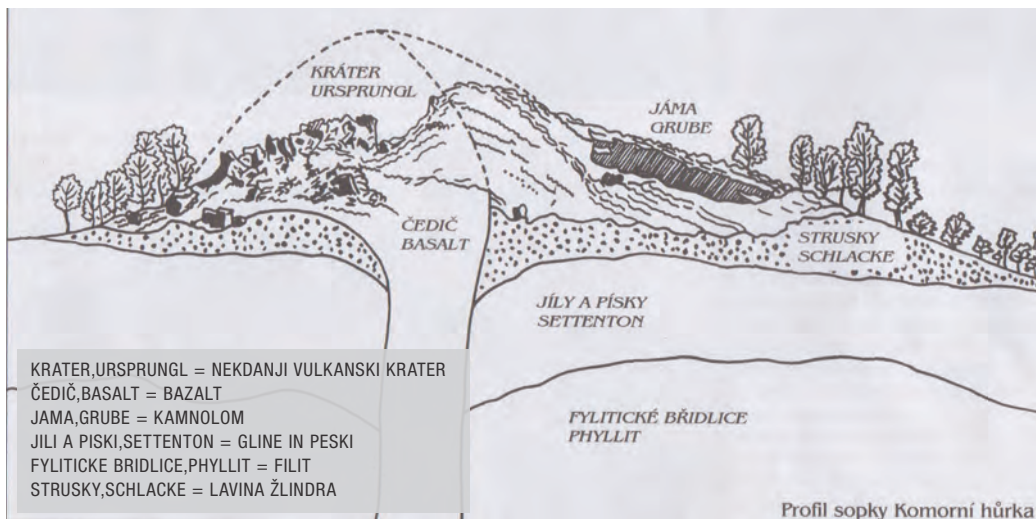


*Nizek grič  
Komorni  
Hurka blizu  
Heba je ostanek  
kratkotrajnega  
vulkanskega  
delovanja ob  
koncu zadnje  
ledene dobe.  
Foto: Jurij  
Kunaver.*

na. Gre za posebno naravno znamenitost, ki je močno povezana z razvojem geološke znanosti, v prvi vrsti z že omenjenim dolgoletnim sporom med neptunisti in plutonisti. Prav tu so potekale razprave, iz česa je sestavljen ta grič, kajti prvotno so v njem pričakovali nahajališče premoga. Neptunisti so trdili, da je tamkajšnja žlindri podobna kamnina posledica gorenja premoga. Zanj

so se začeli zanimati prav zato in zemljiški gospod grof von Zedwitz je v upanju, da ga bo našel, dal leta 1766 izkopati sto metrov vodoravnega rova. Tudi zato sodi Komorni Hurka med najboljše raziskane evropske vulkane in je v znanstvenem svetu dobro znan.

*Prerez vulkana (vulkančka) Komorni Hurka.  
Foto: Jurij Kunaver.*





*Hotel Tri lilije  
v Františkovih  
Laznách s  
spominsko ploščo.  
Foto: Jurij  
Kunaver.*



*Ena od številnih  
spominskih plošč,  
posvečenih Goetheju,  
na gostiščih  
med Hebom in  
Karloviimi Vari.  
Foto: Jurij Kunaver.*

Grič Komorni Hurka je obiskal tudi J. W. Goethe, in sicer trikrat, leta 1808, leta 1820 in leta 1822, saj je bil reden gost tega dela Češke, kajpada tudi najbližjega od tamkajšnjih zdravilišč, Františkovih Lazén. Njegova avtoriteta je pripomogla, da so se za ta grič začeli zanimati tudi drugi stro-

kovnjaki. Ko je bil tam nazadnje, je predlagal, da v grič izkopljejo še en rov, prečno na prejšnjega. Šele kopanje novih tristo metrov rogov (od leta 1835 do leta 1837, po Goethejevi smrti), kar je vodil Gaspar grof von Sternberg, ustanovitelj narodnega muzeja v Pragi, je v jedru vulkana pokazalo njegov



*Vhod v rudarski rov, katerega izkop je predlagal J. W. Goethe. V njem so naleteli na bazalt ter s tem ugotovili pravi geološki nastanek griča Komorni Hurka. Foto: Jurij Kunaver.*

pravi sestav in nastanek. V vulkanskem dimniku so naleteli na bazalt, ki ga obdajajo vulkanski izmečki (piroklasti), kot so vul-

kanski pepel, bombe, lapili in lavini tokovi. Bazalt, ki se je v ozkem pasu razlil na prosto, je porozni melilitski olivinski nefelinit.

Iz tega materiala so med drugim zgradili visok štirioglat obrambni steber skoraj črne barve na hebskem gradu, ki ga zato ni mogoče spregledati.

Po tem dogodku je žolčna debata med neptunisti, zagovorniki vodnega, sedimentacijskega nastanka vseh kamnin na Zemlji, na eni strani in plutonisti, zagovorniki njihovega ognjeniškega



*Spominski napis J. W. Goetheju na vznožju griča Komorni Hurka. Foto: Jurij Kunaver.*

nastanka, dokončno utihnila. Začelo se je povsem novo, plodnejše obdobje razvoja geologije, vede o pretekli in današnji geološki podobi Zemlje. Goethejeva zasluga v tem primeru je, da je predlagal metodo neposrednega opazovanja, ki edina daje pravi odgovor. Zato je ob vznožju griča, poleg vhoda v rudniški rov, upodobljena Goethejeva glava z napisom: *Goetheju, raziskovalcu griča Komorni Hurka, 1808–1822.*

Danes vemo, da je bila vulkanska dejavnost na tem ožjem območju živahna od začetka pleistocena pa morda vse do njegovega konca, na celotnem območju obsežnega tektonskega jarka Ohrže pa že od oligocena dalje. Vulkanska so hribovja Doupovske hori tik poleg Karlovih Varov ter Česke Sredohori med Dečinom in Litoměřicami. Izbruh vulkana Komorni Hurka in podobnega bližnjega vulkana (vulkančka) Železna Hurka nekaj kilometrov stran je bil eden zadnjih. Na podlagi radiometričnih meritev domnevajo, da se je zgodil pred 100.000 leti ali pa celo pred samo 10.000 leti. Izbruh naj

bi bil zelo kratkotrajen, strombolskega tipa, torej eksploziven, pri čemer bi se na koncu iz vulkanskega dimnika izlila bazaltna lava. Posebej zanimivo je, da v vulkanskem gradivu niso našli nobenih krioturbatnih pojavov (sortiranje gradiva zaradi zmrzali), kar govori za zgodnjeholocenski nastanek. Pri pregledu neposredne okolice so našli vulkanski pepel samo vzhodno od Hurke, kar prepričljivo govori o prevladujočem zahodniku tistega časa. Na portalu *YouTube* najdemo objavljeno celo simulacijo delovanja vulkana Komorni Hurka. In nenazadnje, v ljudskih legendah tega kraja se omenjajo skrivnostni pojavi na tem griču, kar je znamenje, da se je morda »kadilo« iz njega še v zgodovinskem, ali vsaj prazgodovinskem času.

### Namesto zaključka

Ko beremo različne sestavke o pomenu in načinu raziskovanja vulkana Komorni Hurka, povsod naletimo na ime J. W. Goetheja. Ni bil genialen samo na literarnem podro-

*Karta raztezanja paleogenskega tektonskega jarka Ohrže na severozahodu Češke, v katerem je prišlo do vulkanskega delovanja kot tudi do pogrezanja in nastanka bogatih nabajališč lignita in kaolinita. K. Brož, Komorní Hůrka.*

Foto: Jurij Kunaver.



čju, ampak je s svojim raziskovalnim navdihom, ustvarjalnostjo, vztrajnostjo, neskončnim zanimanjem za vse, kar ga je obdajalo, zlasti za naravo, in z izjemnim opazovalnim darom zapustil za seboj neprecenljivo dediščino ter s tem pokazal na razvojno pot naravoslovja v prihodnje. Luč, ki jo je prižgal J. W. Goethe, še vedno sveti!

#### Literatura in viri:

Brož, K., 2003: *Komorní Hůrka. Nationales Natur Denkmal. Az studio, s.r.o. Hostinné. 2. upravené vydání.*  
 Faninger, E., 1994/95: *Sodelovanje barona Žiga Zoisa in Valentina Vodnika na področju geoloških znanosti. Geologija, 37/38: 561–564.*

Goethe, J. W., 2009: *Schriften zur Naturwissenschaft. Auswabl. Herausgegeben von Michael Böbler. Stuttgart: Philipp Reclam jun.*  
 Goethe, J. W., 2010: *Faust. Der Tragödie, erster Teil. Stuttgart: Philipp Reclam jun.*  
 Grab, D., 1972: *Spremna beseda in opombe. V: J. W. Goethe: Werther. Ljubljana: Mladinska knjiga, 97–111.*  
 Heine, H., 2011: *Die Harzreise. Herausgegeben von Manfred Windfuhr. Stuttgart: Philipp Reclam jun..*  
 Janko, A., 1999: *Razmišljanje o Goethejevemu Faustu. V: J. W. Goethe: Faust. Izšlo ob 250-letnici pesnikovega rojstva. Maribor: Založba Obzorja, 5–46.*  
 Wikipedia: *Harz, Brocken, Johann Wolfgang von Goethe.* <https://www.boehmen-franken.de/zusammen-leben-zusammen-arbeiten/ein-gespraech-mit-johann-wolfgang-von-goethe/>.

## Ionski raketni pogon

Tomaž Zwitter

Vroč plin, ki brizga iz klasičnega raketnega motorja, ostaja edina možnost za izstrelitev rakete v vesolje. Ko smo enkrat tam, pa lahko nadaljujemo varčneje. Omenili bomo sončno jadro, gravitacijsko fračo in ionski motor. Zadnja sta v operativni uporabi. Dotaknili se bomo tudi upravljanja satelitov in težav, ki jih lahko povzroči sistem *Starlink*.

### Klasični raketni motor

Če vas pot zanese preko Atlantika, močno priporočam obisk Huntsvilla v Alabami, Houstona v Teksasu ali Kennedyjevega vesoljskega središča na Floridi. Tam si lahko ogledate modele *Saturna V* v polni velikosti, to je rakete, ki je pred pol stoletja ponesla astronave na Luno. Izpušne šobe njenih motorjev so s 3,7-metrskim premerom res impresivne. Ko videnemu dodate še posnetke izstrelitve iz letos izdanega dokumentarnega filma *Apollo 11*, ostane le beseda osupljivo.

Za izstrelitev potrebujete velik motor, saj mora raketa nositi lastno težo. Pet motorjev *Saturna V* je s skupno silo 35,1 milijona newtonov komaj uspelo dvigniti 3.039-tonsko raketo z izstrelitvene ploščadi. Cilj izstrelitve pa ni le doseganje višine, ampak moramo že v 12 minutah doseči hitrost 7,9 kilometra na sekundo, ki je potrebna, da raketa lahko kroži okoli Zemlje in torej ne pade dol. To je energijsko precej potratnejše od pridobivanja višine. Pri spremembi hitrosti za 7,9 kilometra na sekundo in dvigu za 200 kilometrov je potrebna sprememba kinetične energije 16-krat večja od spremembe potencialne energije. Sedaj razumete, da so navpični poleti »do roba vesolja«, ki jih želi jo ponuditi komercialni ponudniki, le blede senca pravih poletov v vesolje. Tudi govorjenje o gradnji visokih stolpov, s katerih bi »spuščali« satelite, je neumnost, saj bi brez dovolj velike hitrosti satelit pač padel proti vznožju stolpa. Če dosežete dovolj veliko hitrost, pa zaradi razmeroma majhne spre-