



Př

PŘÍRODOVĚDCI.CZ

TÉMA ČÍSLA

KONTINENT SUROVIN

Magazín Přírodovědecké fakulty
Univerzity Karlovy 02/2026

Africké bohatství budoucnosti 8

Není rudy bez prachu 12

Hlavonožci na talíři 22

Chceš si splnit svůj vědecký sen?

Terezii a Claudii se to podařilo díky Juniorské vědecké konferenci a podpoře Nadace Neuron.



Splň si i ty svůj vědecký sen a přihlas se na Speed Dating s vědci 15. 6. 2026 na zacnisproc.cz.



Začni s Proč.
Začni s Neuronem.





MILÍ ČTENÁŘI,

i když se některé suroviny v Africe – například sůl, zlato a měď – těží již od starověku, přídomek „kontinent surovin“ získala teprve v poslední době. Ačkoliv se zde nacházejí obrovská ložiska kovů, nekovů i fosilních paliv, až donedávna pro jejich těžbu chyběla infrastruktura, dostupnost technologií i dostatek kapitálu a investic. A k dispozici nebyly ani moderní metody ložiskového průzkumu. Dnešní nebyvalá poptávka po surovinách a moderní explorační metody řadu těchto překážek odstranily a západní i východní velmoci svedly (a stále svádějí) boj o ovládnutí nejvýznamnějších ložisek, která jsou pro budoucí rozvoj světa nenahraditelná.

Nelze však tvrdit, že by to byla pro Afriku výhra – z vytěženého bohatství řadě zemí mnoho nezůstává, zahraniční firmy si ponechávají velkou část zisku a zbytek končí u domácích elit. Co ale zůstává je zdevastovaná krajina a zatížené životní prostředí. Teprve čas ukáže, zda bohaté zdroje v budoucnu opravdu přispějí k tolik potřebnému rozvoji kontinentu. Že existují cesty, jak v tom aspoň některým zemím pomoci, dokazují v posledních letech například čeští vědci.

Příjemné čtení přeje

Prof. RNDr. Martin Mihaljevič, CSc.

Ústav geochemie, mineralogie a nerostných zdrojů

Obsah



CO NOVÉHO

- 4 | Národní olympijská finále
- 5 | Věda ve třech minutách
- 6 | Africká savana jako živá učebnice
- 7 | Konference mladých geovědců

TÉMA – KONTINENT SUROVIN

- 8 | Africké bohatství budoucnosti
- 12 | Není rudy bez prachu
- 14 | Kde na vodě závisí vše
- 16 | Bohatství v odpadech
- 18 | Tisíce vrstev Bushveldu
- 20 | Afrika z ptáčích perspektiv
- 22 | Hlavonožci na talíři
- 24 | Za fosiliemi na Kapverdy

ROZHOVOR S PŘÍRODOVĚDCEM

- 26 | Když hoří v buši

PŘÍRODOVĚDCI UČITELŮM

- 28 | Barevný mikrosvět hornin

STUDENTI

- 29 | Se spolkem SGA za poklady Země

KULTURA

- 30 | Počátky moderní kartografie

PUBLIKACE

- 31 | Kudy kráčela věda
- 31 | V hlavě vědce

PŘÍRODOVĚDCI OBRAZEM

- 32 | Afrika snů, těžby a narušeného prostředí

PŘÍRODOVĚDA AKTUÁLNĚ

- 36 | Kontinenty v pohybu

TIP NA VÝLET

- 37 | Po stopách jihočeského grafitu

GEOLOGICKÉ KURIOZITY

- 38 | Zákeřné podpovrchové eroze

2 | 2026 | ROČNÍK XV.

NÁZEV

Přírodovědci.cz – magazín
Přírodovědecké fakulty Univerzity
Karlovy

PERIODICITA

Čtvrtletník

CENA

Zdarma

DATUM VYDÁNÍ

3. 6. 2026

NÁKLAD

11 000 ks

EVIDENČNÍ ČÍSLO

MK ČR E 20877 | ISSN 1805-5591

EDITOR

Petr Souček
petr.soucek@natur.cuni.cz

REDAKČNÍ RADA

GEOLOGIE
Mgr. Jan Kulhánek, Ph.D.
Mgr. Filip Tomek, Ph.D.

GEOGRAFIE

RNDr. Jakub Jelen, Ph.D.
RNDr. Tomáš Matějček, Ph.D.

BIOLOGIE

Mgr. Martin Čertner, Ph.D.
RNDr. Lenka Libusová, Ph.D.
Mgr. Veronika Rudolfová, Ph.D.

CHEMIE

RNDr. Pavel Teplý, Ph.D.
doc. RNDr. Petr Šmejkal, Ph.D.
prof. RNDr. Jan Kotek, Ph.D.

KOORDINÁTOR PROJEKTU

Mgr. Michal Andrlé, Ph.D.
michal.andrle@natur.cuni.cz

KOREKTURY

imprimis

GRAFIKA

Štěpán Bartošek

TISK

Trianglprint

ILUSTRACE NA OBÁLCE

Hydrotermální sírná jezírka v oblasti Dallol na severu Etiopie patří k nejextrémnějším místům na planetě. Na povrch zde vystupují silně mineralizované hydrotermální roztoky.
Foto Štěpán Dvořák

VYDAVATEL | ADRESA REDAKCE

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta
Albertov 6, 128 00 Praha 2
IČO: 00216208 | DIČ: CZ00216208

www.natur.cuni.cz

Přetisk článků je možný pouze se
souhlasem redakce a s uvedením zdroje.

© Přírodovědecká fakulta
Univerzity Karlovy 2026

Národní olympijská finále

Konec dubna byl na Albertově ve znamení oborových olympiád

VERONIKA RUDOLFOVÁ



Finalisté BiO. Foto Vladimír Šigut

Přírodovědecká fakulta UK a Gymnázium Botičská hostily ve dnech 20.–24. dubna 2026 setkání nejlepších středoškolských talentů v přírodních vědách z celého Česka. V rámci jednoho týdne zde proběhlo ústřední kolo Biologické olympiády a současně celostátní kolo Geografické olympiády. Tyto olympiády patří mezi nejvýznamnější předmětové soutěže v České republice a umožňují talentovaným středoškolákům se zájmem o přírodní vědy rozvíjet odborné znalosti i praktické dovednosti.

Letošní ústřední kolo Biologické olympiády bylo výjimečné zejména tím, že šlo o jubilejní 60. ročník. Závěrečný ceremoniál ve skleníku Botanické zahrady PŘF UK se proto nesl ve slavnostním duchu – proběhl za účasti významných hostů, mimo jiné děkana PŘF UK Vladimíra Krylova, rektora UK Jiřího Zímy, předsedy Biologické olympiády Jana Černého či předsedkyně Mezinárodní biologické olympiády Lenky Libusové. Přítomni byli i členové realizačního týmu, sponzoři a podporovatelé Biologické olympiády, mnoho

bývalých účastníků a nechyběli ani zástupci středních škol, jejichž podpora je pro rozvoj mladých talentů klíčová. Z celkových 36 finalistů se 13 stalo úspěšnými řešiteli (s bodovým ziskem nad 60 %). Dvanáct z nich se v květnu utká o tři postupová místa na 37. Mezinárodní biologickou olympiádu, která se letos v létě koná v Litvě. ●

STUPNĚ VÍTĚZŮ OBSADILI:

- **Jan Beránek** (Gymnázium Jeronýmova, Liberec) – obhájce loňského vítězství
- **Michal Staněk** (Gymnázium Voděradská, Praha)

- **Filip Meszaros** (Lauderovo gymnázium při Židovské obci v Praze)

Vyhlášení 28. ročníku celostátního kola Geografické olympiády se uskutečnilo ve Velké geologické posluchárně PŘF UK, kde z rukou děkana Vladimíra Krylova, prezidenta České geografické společnosti Pavla Chromého a organizačního garanta Jakuba Jelena převzali účastníci diplomy či ceny. Vítězové se následně utkali v užším výběru o místa na mezinárodních geografických olympiádách. Společně s vítězi byli oceněni i zahraniční hosté, účastníci slovenské Geografické olympiády, kteří si s českými geografii zasoutěžili v testové a atlasové části celostátního kola.

Celostátního kola se zúčastnilo 57 soutěžících. 12 nejlepších řešitelů postupuje na mezinárodní olympiády IGEO a EGEO, které se letos uskuteční v bulharské Varně a tureckém Istanbulu. ●

STUPNĚ VÍTĚZŮ OBSADILI:

- **Ondřej Martinák** (Wichterlovo gymnázium, Ostrava – Poruba)
- **Dominik Brunovský** (Arcibiskupské gymnázium, Praha)
- **Lukáš Kozojed** (Gymnázium Dr. Aleše Hrdličky, Humpolec)



Finalisté a realizační tým GeO.
Foto Ema Dvořáková

Věda ve třech minutách

Premiérové finále FameLab Academy se odehrálo na Přírodovědecké fakultě UK

BARBORA ŠMÍDOVÁ

V pondělí 13. dubna proběhlo na Albertově národní finále FameLab Academy, nové soutěže ve vědecké komunikaci. Zatímco mezinárodní soutěž FameLab, která je v Česku nepřetržitě pořádána od roku 2010 a je určena vysokoškolkům, doktorandům a mladým vědcům, přenáší FameLab Academy stejný princip – tříminutové poutavé vystoupení na vědecké téma – mezi středoškolské studenty.

Soutěžící během příprav spolupracují s mentory z řad bývalých účastníků FameLabu a dalšími lektory. Národní finále jim pak dává možnost vyzkoušet si, jak náročné a zároveň inspirativní je mluvit o vědě srozumitelně před širokým publikem. „FameLab dlouhodobě ukazuje, že věda nemusí zůstat zavřená v laboratořích. Díky FameLab Academy nyní dáváme prostor i středoškolákům, kteří mají chuť mluvit o vědě srozumitelně, s nadhledem a nadšením,“ říká Lucie Válová, manažerka soutěže FameLab ČR.

Do národního finále se letos z velké konkurence proboujvalo deset studentů středních škol z celé České republiky. Jejich vystoupení se věnovala například mikroplastům, imunitě a rakovině, výpočetní chemii, neurovědám, zrakovému vnímání hmyzu, nebo vlastnostem ferrofluidů. Soutěžící se při prezentacích nebáli práce s rekvizitami ani netradičních převleků. Výkony soutěžících hodnotila odborná porota ve složení Jitka Čejková (VŠCHT), Jan Spratek (ESERO Česká republika a Planetárium Praha) a Eva Kudová (ÚOCHB AV ČR). Po každém vystoupení porotci ověřovali, zda soutěžící svému tématu skutečně rozumí.



Vítězkou letošního ročníku se stala Marie Lexová z Gymnázia Jihlava, která ve svém vystoupení představila možnosti, jak mohou výpočetní metody nahrazovat tradiční chemické experimenty. Druhé místo obsadila Adéla Podholová z Gymnázia Doctrina Liberec s tématem blokování vstřebávání léčiv střevními muciny. Třetí pak skončila Tereza Jelínková z Gymnázia Prachatice s vystoupením o neustále probíhajícím „neviditelném úklidu“ v našich buňkách. Cenu publika získal Matěj Kovář z Gymnázia Aloise Jiráska Litomyšl za představení o mikroplastech.

Dalšími finalisty byli Sebastián Brodský (Biskupské gymnázium Žďár nad Sázavou), Soňa Kleiner (Gymnázium Boženy Němcové Hradec Králové), Kryštof Hes

(Gymnázium Botičská), Klára Coufalová (SPŠ chemická a Gymnázium Brno), Erika Linda Ševčíková (Expediční střední ScioŠkola) a Matyáš Kliment (Mikulášské gymnázium Plzeň)

FameLab Academy je novým krokem Univerzity Karlovy v systematické podpoře mladé generace budoucích vědců a v rozvoji klíčových kompetencí, jako jsou komunikační dovednosti, kritické myšlení a schopnost srozumitelně vysvětlovat složitá vědecká témata široké veřejnosti. Význam celé soutěže podtrhla i přítomnost Jeho Excelence pana Matta Fielda, velvyslance Velké Británie v České republice, rektora Univerzity Karlovy prof. Jiřího Zimy a děkana Přírodovědecké fakulty UK doc. Vladimíra Krylova. ●

Africká savana jako živá učebnice

Studenti PřF UK absolvovali historicky první terénní kurz v JAR

DAVID HOMOLÁČ

V březnu letošního roku absolvovali první studenti kurz savanové ekologie (MB162T12 – Savanna Ecology Field Course) nikoli v posluchárnách fakulty či v českém terénu, nýbrž přímo v africké savaně. Osmnáctidenní expedice jim zprostředkovala osobní zkušenost s ekosystémem, který znají jen z učebnic, přednášek či dokumentárních filmů. Díky sezónnímu střídání dešťů a sucha a s ním spojených častých požárů, spolu s přítomností početné a druhově pestré megafauny (na jiných kontinentech více méně vyhubené), je totiž savana opravdu živou a velmi dynamickou učebnicí ekologie „on-the-fly“.

Budoucí ekologové měli možnost na vlastní oči sledovat, jak výrazně se zdejší prostředí mění v závislosti na sezónní dostupnosti a gradientu srážek a jak tento pravidelný cyklus formuje životy rostlin i živočichů. Pro řadu z nich bylo překvapením, že savana není jen „louka s antilopami a sem tam akácií“, ale že se jedná o široké spektrum biotopů – od vegetačně pestrých řídkce křovinatých savan Krugerova národního parku, přes hornatý reliéf s břehovými lesíky u řeky Limpopo v národním parku Mapungubwe až po hustě zarostlý a hlavně pichlavý „thornveld“, charakteristický pro vnitrozemskou suchou savanu, dominující v soukromé výzkumné rezervaci Mokalakwena River Reserve.

Celou polovinu pobytu výprava strávila v emblematickém Krugerově národním parku, který letos oslavil 100 let od svého založení. Díky dlouhodobé spolupráci týmu profesora Petra Pyška z Botanického ústavu AV ČR a katedry ekologie PřF UK s výzkumníky ze South African National Parks se podařilo do programu



Foto Martin Černý

kurzu zařadit i odborné přednášky. Ty byly zaměřeny jak na praktické úlohy (jak spočítat slony, lvy a hrochy na území velikém jako Morava), tak i na ekologické otázky, které musí management parku v kontextu ochrany přírody neustále řešit (kolik slonů je už je moc slonů, hoří v parku málo, akorát nebo požáry už škodí?). Velkou část programu expedice však pochopitelně tvořilo samotné studium divoké přírody (divoké natolik, že kvůli bezpečí návštěvníků parku se nesmí mimo kempy vystupovat z auta).

Vyvrcholením kurzu byl vlastní pětidenní terénní výzkum v soukromé rezervaci Mokalakwena River Reserve v provincii Limpopo, kde studenti plnili odborné úlohy, jako například sčítání ptáků, zjišťování diverzity vážek, mapování rozšíření invazních rostlin, monitoring savců pomocí fotopastí či výskyt plazů. Díky absenci velkých šelem či slonů se zde studenti mohli „proběhnout“ pěšky po africké buši a doslova na vlastní kůži plně zažít prostředí, které předtím

mohli pozorovali jen zpoza okénka auta. Pobyt v rezervaci výpravě zpestřila také povodeň místní řeky Mokalakwena, jejíž název lze volně přeložit jako „řeka zuřivých krokodýlů“.

„Terénní výuka v savaně studentům nabídne něco, co přednáška ani středo-evropský les nikdy nedokáže. Savana totiž představuje unikátní ekosystém s minimálním vlivem člověka, který díky své vysoké dynamice a jasně čitelným interakcím mezi klimatem, ohněm, herbivory a predátory umožňuje v reálném čase demonstrovat mechanismy udržení biodiverzity a stability ekosystémů,“ říká doc. David Hořák, vedoucí katedry ekologie PřF UK a garant kurzu.

Kurz i přes nezanedbatelnou osobní finanční spoluúčast potvrdil zájem studentů PřF UK o terénní vzdělávání v atraktivních a biologicky hodnotných destinacích mimo Evropu a díky kladné odezvě otevřel cestu k dalším ročníkům spolupráce s jihoafrickými partnery. ●

Konference mladých geovědců

Česko hostilo akci, která vědcům pomáhá vstoupit na mezinárodní scénu

JAN KULHÁNEK



▲ Vlevo Adam Vrbenský, magisterský student Přírodovědecké fakulty UK, který obdržel Rudolf Mock Award za nejlepší poster konference, vpravo společná fotografie účastníků. Foto ICYG

V Kostelci nad Černými lesy proběhl v polovině května jubilejní 25. ročník International Conference of Young Geologists (ICYG 2026), tradiční mezinárodní akce pro mladé geovědce. Organizátorem akce byla Přírodovědecká fakulta UK společně se studentským spolkem SGA – Student Chapter Prague. Letos dorazilo 102 účastníků ze 14 zemí, což je dosud nejvíce v historii konference.

Během dvou konferenčních dnů zaznělo 50 přednášek a bylo představeno 29 posterů. Program ukázal, jak široké a pestré geovědy dnes jsou, od paleontologie, petrologie a mineralogie přes geofyziku, hydrogeologii a ložiskovou geologii až po výzkum geotermální energie, dálkový průzkum Země nebo studium krajiny a přírodních zdrojů.

Konference zároveň ukázala, že studenti mohou do skutečného vědeckého výzkumu vstoupit už velmi brzy

a své výsledky úspěšně prezentovat v mezinárodním prostředí. Právě to dělá z geověd mimořádně atraktivní obor, propojující terénní práci, laboratorní analýzy, moderní technologie i témata důležitá pro současnou společnost, jako jsou suroviny, voda, energie, klima nebo přírodní rizika.

Součástí programu byla také exkurze do Kutné Hory a okolí, která účastníkům přiblížila geologii Českého masivu i historické souvislosti těžby a využívání nerostných surovin v českých zemích. Významnou roli v organizaci sehrála také Univerzita Karlova, která konferenci podpořila prostřednictvím jednorázové finanční podpory na výjimečné akce. Velké poděkování patří rovněž všem partnerům a sponzorům konference, jejichž podpora významně přispěla ke kvalitě odborného programu, studentským oceněním i celkové podobě akce.

Pro středoškoláky, které zajímá příroda, historie Země, horotvorné procesy, využití nerostných zdrojů, podzemní voda, georizika nebo paleoklimatické podmínky, jež formovaly život na naší planetě, mohou být geovědy na Přírodovědecké fakultě UK výbornou volbou. Studium geověd je zde navíc propojeno s využitím špičkových vědeckých laboratoří. Letošní konference byla jasným důkazem, že právě zde mohou studenti vyrůst v sebevědomé mladé vědce a brzy představit vlastní kvalitní geovědní výzkum i na mezinárodní úrovni. ●



Africké bohatství budoucnosti

Etiopie a boj o kritické suroviny

KRYŠTOF VERNER, ŠTĚPÁN DVOŘÁK, LETA MEGERSSA



◀ **Oblast Dobi grabenu na severu Etiopie byla v minulosti opakovaně zaplavována mořem. Dnes je významnou oblastí těžby soli a potaše, zatímco krajinu stále formuje aktivní vulkanická a tektonická činnost.** Foto Štěpán Dvořák

Lithium, kobalt, nikl, grafit, vzácné zeminy, wolfram, hořčík, galium, germanium, křemík a k tomu dalších 24 položek – to je aktuální seznam tzv. kritických surovin (Critical Raw Materials; CRM). Ten již v roce 2011 (tehdy měl pouze 14 položek) sestavila Evropská unie a v závislosti na technologickém vývoji jej postupně rozšiřuje. Asi se nyní ptáte, pro koho jsou tyto suroviny vlastně kritické a proč. Nerostné zdroje se na naší planetě vyskytují značně nerovnoměrně a kritickými se stávají pro toho, kdo je nemá a potřebuje je (nebo jich má málo a potřebuje je hodně). Týká se to především rozvinutých regionů světa (Evropa, USA, Čína a Japonsko), v nichž se vyrábějí nejsložitější současné technologie, především elektronika. Tyto oblasti jsou silně závislé na dovozu řady surovin a riziko nedostatku a nezbytnosti pro jejich průmysl se kombinuje s potřebou udržení životní úrovně. Každý výpadek v dodávkách totiž nejen ohrožuje výrobu, ale silně se promítá do ekonomiky těchto zemí. Zajištění zdrojů surovin se proto v posledních letech stalo jednou z hlavních priorit jejich zahraniční politiky.

DEFICIT EVROPY

Pokud jde o Evropu, ta sice disponuje určitým ložiskovým potenciálem, často se však jedná o ložiska menšího rozsahu nebo nižší kvality. Těžba se proto obtížně prosazuje v globální konkurenci levnějších zdrojů z Číny a dalších zemí. Navíc se evropský trh v průběhu posledních desetiletí od těžebního průmyslu postupně odklonil a zaměřil se spíše na výrobu finálních produktů. Nezbytné lidské kapacity pro zpracování surovin se tak

přesunuly do jiných částí světa, čímž se závislost Evropy na dodávkách ze zahraničí ještě více prohloubila. Situaci dále komplikují dlouhé schvalovací procesy, přísná ochrana životního prostředí a silný odpor veřejnosti vůči těžbě. Za těchto podmínek je pro Evropu jednodušší a levnější potřebné suroviny dovážet než budovat vlastní těžební a zpracovatelské kapacity.

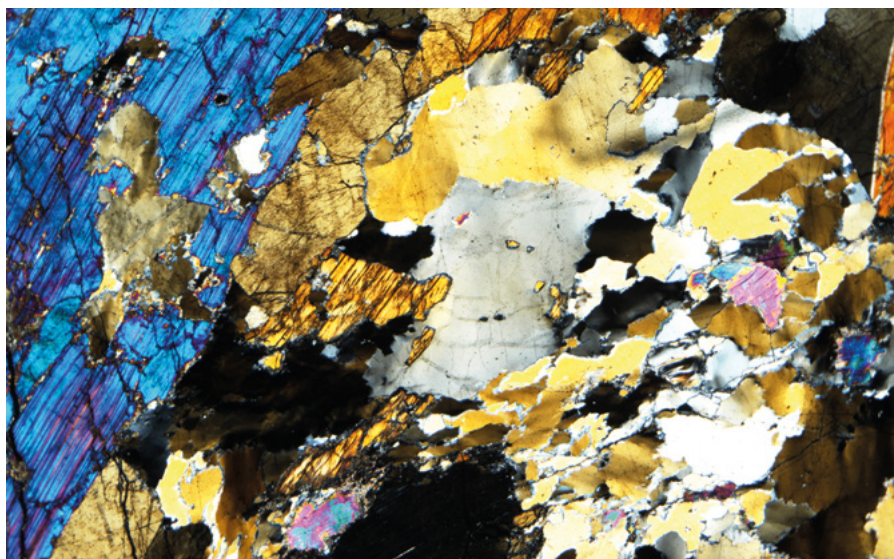
GLOBÁLNÍ ZDROJ AFRIKA

Na opačném konci pomyslného spektra stojí Afrika. Tento kontinent disponuje obrovským nerostným bohatstvím, nižší úrovní regulace a levnou pracovní silou. Zároveň však africkým zemím chybí nezbytná infrastruktura, energetické zdroje a průmyslové zázemí. Výsledkem je, že většina surovin se z nich vyváží v surové nebo jen částečně upravené podobě, zatímco finální zpracování probíhá jinde.

V africkém kontextu se za „kritické“ považují především suroviny, o které roste zájem na světových trzích a které

mají potenciál generovat příjmy, přitahovat investice a podporovat rozvoj průmyslu. Patří mezi ně například kobalt z Demokratické republiky Kongo, měď ze Zambie, lithium ze Zimbabwe nebo Namibie, grafit z Mosambiku či Madagaskaru, mangan z Jižní Afriky nebo Gabonu a celá řada dalších kovů, jako jsou nikl, chrom, tantal nebo vzácné zeminy. Právě tyto materiály tvoří základ moderních technologií, od mobilních telefonů přes elektromobily až po větrné elektrárny a bateriová úložiště. Afrika se tak v tomto ohledu stává významným geopolitickým hráčem.

Pro Evropu je partnerství s Afrikou důležité nejen proto, že je „bohatá na zdroje“, ale také kvůli klíčové roli v zajištění dodávek pro nezbytnou energetickou transformaci. S rostoucí elektrifikací a rozvojem obnovitelných zdrojů energie prudce roste poptávka po surovinách, kterou Evropa není schopna pokrýt z vlastních zdrojů. Afrika zároveň pomáhá Evropě diverzifikovat dodavatelské



▲ **Jednou z kritických surovin současnosti je nepochybně lithium. V Africe se nachází několik jeho významných ložisek. Obrázek zachycuje mikrofotografii pegmatitu obsahujícího lithiem bohatý pyroxen spodumen (v levé části snímku). Lokality Petauke, Zambie.** Zdroj Česká geologická služba

► **Výzkumy českých geologů probíhají v Etiopii již řadu let a začínají přinášet hmatatelné výsledky.** *Foto archiv K. Věrnera*

řetězce a snižovat cenu a závislost na několika dominantních hráčích, zejména Číně, Spojených státech nebo zemích Perského zálivu, s nimiž jsou aktuálně spojena významná geopolitická rizika. Tento stav vede ke snaze o navazování úzké spolupráce s africkými zeměmi založené na partnerstvích, investicích a rozvoji infrastruktury.

POTENCIÁL ETIOPIE

V této souvislosti jeden z afrických států poněkud vyčnívá nad ostatní, a to Etiopie. Tato země sice zatím nemá dlouhou tradici rozsáhlého těžebního průmyslu, ale právě to jí dává určitou výhodu a do jisté míry umožňuje volbu vlastního směru rozvoje. Může jít obvyklou cestou a zůstat pouhým vývozcem surovin, nebo se může pokusit o jejich zpracování a získání vyšší přidané hodnoty.

Z geologického pohledu je Etiopie velmi zajímavá a rozmanitá. Leží v oblasti Východoafrického riftu, jedné z neaktivnějších tektonických zón na kontinentu, což je spojeno s intenzivní sopečnou činností a vysokým tepelným tokem. Hlubší geologické podloží tvoří staré metamorfované a magmatické horniny prekambria s velkým potenciálem výskytu různých typů ložisek kritických nerostných surovin, jako jsou lithium, tantal nebo vzácné zeminy. Kromě toho se v Etiopii nacházejí ložiska zlata, platin, fosfátů, stavebního kamene nebo potaše pro výrobu hnojiv.

Navzdory nerostnému bohatství zůstává nicméně Etiopie jednou z méně prozkoumaných zemí Afriky. Hlavním problémem je stále nedostatek kvalitních geologických dat. Mnoho oblastí není detailně zmapováno a dostupné



informace jsou často zastaralé nebo neúplné. Bez spolehlivých dat je obtížné přilákat investory, plánovat těžbu a zajistit nezbytnou ochranu životního prostředí.

ENERGIE POD ZEMÍ

Vedle nerostných surovin má Etiopie rovněž obrovský energetický potenciál. Geotermální energie, která využívá teplo zemského nitra, zde může dosahovat výkonu přes deset tisíc megawattů. To by mohlo zajistit stabilní a čistý zdroj energie nejen pro spotřebu domácností, ale i pro průmysl. Budoucí zajímavou možnost představuje v tomto ohledu také přírodní, takzvaný bílý vodík. Ten vzniká přirozenými geologickými procesy a může se stát novým bezemisním zdrojem energie. Pokud se jeho výskyt potvrdí, mohl by Etiopii zařadit mezi průkopníky nové energetiky.

Jak vidno, Etiopie má skvělé předpoklady rozvíjet na svém území vlastní průmysl a využívat při tom čistou energii. Takový přístup by přinesl vyšší příjmy,

nová pracovní místa i větší ekonomickou stabilitu a tím výrazně lepší životní podmínky pro desítky milionů obyvatel. Slabinou Etiopie, kterou sdílí s dalšími africkými státy, je ovšem nedostatek znalostí, nástrojů, dat a schopnosti strategického plánování. Ten, kdo by jí toto know-how dokázal poskytnout, by mohl do budoucna získat značnou strategickou výhodu při budování dlouhodobých partnerství. Čeští vědci již v tomto směru odvedli poměrně významný kus práce.

ČEŠI V AKCI

Znalostním základem, který Etiopie pro svou budoucí transformaci potřebuje, jsou bezpochyby mapové výstupy, které vznikají činností týmu České geologické služby, Přírodovědecké fakulty UK a etiopských institucí. Konkrétně jde například o unikátní mapové dílo Geological and Hydrogeological Map of Ethiopia, publikované v roce 2025, které propojuje metody moderního geologického a hydrogeologického mapování, geofyzikální data, analýzu



▶ **Potenciál k získávání geotermální energie má například Erta Ale – nejaktivnější sopka Etiopie. Nachází se v pouštní bezodtoké oblasti v Danakilské proláklíně. Foto Štěpán Dvořák**

Tyto nástroje zároveň představují model, který může být aplikován i v dalších afrických zemích. Česká odbornost v oblasti geologického mapování, GIS technologií a integrace geovědních dat tak získává významný mezinárodní rozměr a potvrzuje, že kvalitní data, nové technologie a vědecká spolupráce mohou být jednou z cest k udržitelnému rozvoji Afriky ve 21. století. A Česká republika může být významnou součástí tohoto procesu. ●

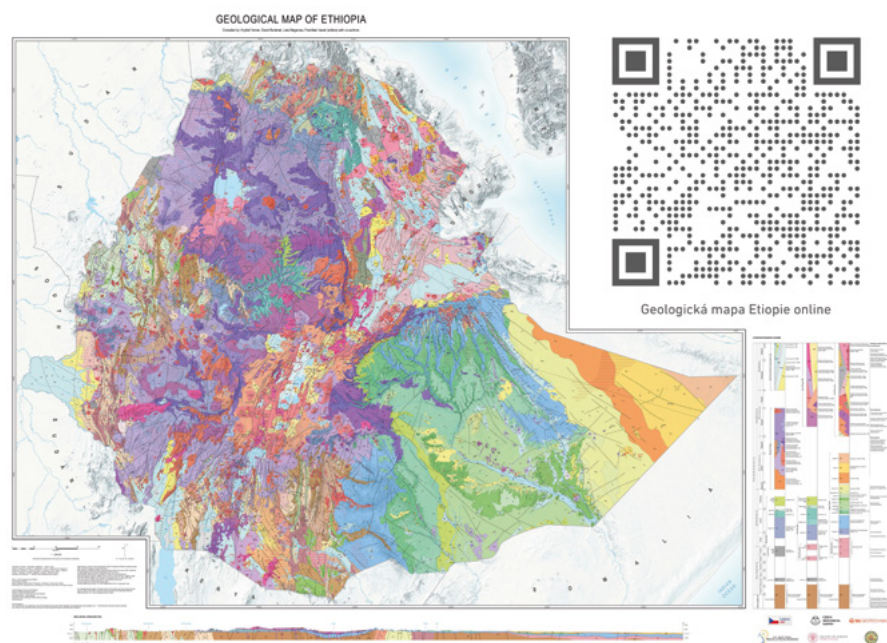
AUTOŘI PŮSOBÍ V ÚSTAVU PETROLOGIE A STRUKTURNÍ GEOLOGIE A V ČESKÉ GEOLOGICKÉ SLUŽBĚ

dálkového průzkumu Země a digitální GIS infrastrukturu do jednotného systému, jenž umožňuje komplexně interpretovat geologický potenciál celé země. Tato data jsou zásadní nejen pro základní vědecký výzkum, ale především pro strategické plánování využití kritických nerostných surovin, geotermální energie i dalších přírodních zdrojů.

Velkým přínosem českých aktivit je také skutečnost, že data nejsou uzavřena pouze v odborných archivech, ale jsou dostupná prostřednictvím online platformy ArcGIS. Tím vzniká moderní digitální infrastruktura, která výrazně snižuje náklady na další průzkum, eliminuje duplicitní práce a urychluje přípravu dalších aplikovaných projektů. Český tým tak nevytváří pouze mapy, ale

dlouhodobý systém znalostí a digitálních nástrojů, které mohou Etiopii pomoci přejít od role importéra surovin k ekonomice založené na vlastním průmyslovém zpracování, čisté energii a udržitelném využívání přírodních zdrojů.

▶ **Geologická mapa Etiopie, jejímiž autory jsou čeští geologové, přináší zásadní poznatky, bez kterých se těžební průmysl neobejde.**



Výzkumy v Africe podporuje



Česká rozvojová agentura



Není rudy bez prachu

Dobývání kovů v Africe a jeho důsledky pro životní prostředí

VOJTĚCH ETTLER, MARTIN MIHALJEVIČ

Těžba, zpracování a využití kovů jsou globálním podnikáním. Často zapomínáme, že v každém mobilním telefonu máme na 50 různých chemických prvků, bez kterých by takové zařízení nefungovalo. Řada z nich navíc patří mezi takzvané strategické (kritické) suroviny, bez kterých se moderní společnost neobejde a které se přitom těží jen na několika málo místech na světě. V podobě mobilu tak v jistém slova smyslu nosíme v kapse celý svět.

BEZOHLEDNÁ TĚŽBA

Premiantem v získávání strategických surovin je africký kontinent. Většina kobaltu, který se používá na výrobu kontaktů v dobíjecích bateriích, pochází z centrální Afriky. Niob a tantal, bez kte-

rých by nefungovaly mikrokondenzátory s vysokou kapacitou a které najdeme v každém mobilu, tabletu nebo počítači, jsou získávány výhradně domorodou těžbou v nepředstavitelných poměrech ekonomicky, vojensky a sociálně velmi nestabilních oblastech na pomezí východního Konga a Rwandy.

Naše civilizace je bez těžby nerostných surovin nemyslitelná, ale ta s sebou zároveň přináší celou řadu problematických aspektů včetně znečištění životního prostředí. Následky mnohaleté těžby jsou třeba v Česku patrné nejen na krajině, ale i na zdraví obyvatel postižených oblastí. Nejinak je tomu v Africe, kde navíc chybí odpovídající legislativní pozadí a působí zde těžební společnosti,

kterým jde primárně o zisk. Ochrana životního prostředí či sociální stabilita a zdraví místních obyvatel jdou přitom stranou. Zkušenosti z mnoha oblastí subsaharské Afriky (například provincie Copperbelt v Zambii) ukazují zejména na nevybíravé působení čínských těžbařů, které místní obyvatelé neváhají nazvat novodobými kolonizátory.

JEDOvatÝ PRACH

Technologické procesy těžby a zpracování kovů představují environmentální rizika pro řadu složek životního prostředí. Prachové částice z odkališť důlních odpadů se snadno přenášejí větrem a mohou způsobovat zdravotní problémy u obyvatelstva nebo ulpávají na povrchu zemědělských plodin využí-

◀ **Emise z hutí znečišťují půdní prostředí i zemědělské plodiny (měděná huť Nkana, Kitwe, Zambie).** Foto Martin Mihaljevič

vaných k výrobě potravin. V zambijském Copperbeltu je takto postiženo například pěstování kasavy (manioku jedlého čili tapioky). Na listech této plodiny se zachycují drobné prachové částice s obsahem potenciálně toxických kovů, které nemizí ani po důkladném omytí a dostávají se do potravy.

Přestože moderní těžební provozy a hutě zavádějí účinnější technologie extrakce prvků a čištění spalin, problémem zůstávají staré ekologické zátěže z minulých desetiletí. V oblasti Katangy v jižním Kongu, kde se mimo jiné těží měď a kobalt, byla zdokumentována intoxikace obyvatel související s prachovými částicemi, které se do těla dostávají dýcháním, pozřením nebo prostřednictvím potravy. Zatímco pro expoziční scénáře vůči prachovým částicím se u dospělého člověka v Evropě počítá s pozřením 50 mg prachu za den, mnohé studie ze subsaharské Afriky ukazují na řádově vyšší množství prachu s obsahem nebezpečných látek, který se zde denně dostává do lidského organismu.

Výrazně rizikovější je to pak u dětí, které si často hrají ve znečištěném prašném prostředí. V zambijské oblasti Kabwe, kde téměř 100 let probíhala těžba a hutnické zpracování olověných rud a která patří mezi 10 nejznečištěnějších míst na Zemi,

▶ **Kabwe (Zambie) – jedno z deseti nejvíce kontaminovaných míst na Zemi. Děti si hrají na volně dostupných haldách strusek a bohužel netuší, kolik mají olova v krvi.** Foto Vojtěch Ettlér

například pozorujeme, že 100 % dětské populace mladší 7 let má koncentrace toxického olova v krvi vyšší než hodnoty doporučené Světovou zdravotnickou organizací. Není se čemu divit, když těžební společnosti zanechaly areál bývalého dolu a hutě bez sanace a haldy starých strusek a odkaliště odpadů jsou komukoliv volně dostupné.

ZAMOŘENÁ VODA

Kontaminace z těžby a metalurgie se nešíří jen prachem unášeným větrem, ale i vodou v hlavních vodotečích. Drobné toky protékající hustě obydlenými sídly často odvádějí vodu z nedokonalé sanitace. Stejně tak se na složení toků projevují rozsáhlé deponie důlních i metalurgických odpadů, které obsahují miliony tun těžebních zbytků a původních i nově vytvořených minerálů – více nebo méně rozpustných solí. Materiál je do odkališť transportován vodou a voda z nich se infiltuje do podzemí. Rozloha odkališť je tak velká, že jsou dobře patrné z leteckých snímků důlních oblastí. V suchých obdobích zde krystalizují běžné soli i fáze obsahující řadu toxic-



kých kovů. Hráze odkališť často neudrží nápor uloženého materiálu a dostávají se do říční sítě.

Vliv těžby je dobře vidět na složení říční vody v řece Kafue, která je druhou největší řekou Zambie. Pramení na hranicích s Kongem a na hranicích se Zimbabwe se vlévá do Zambezi. Jakmile začne protékat oblastmi s intenzivní těžbou na severu Zambie, její tok výrazně změní své složení. Například obsahy síranů v nekontaminované části toku nepřesahují 3 mg/l, ale jakmile řeka protéká oblastmi s odkališti, naroste koncentrace síranů na hodnoty přes 100 mg/l. Podobně je to s množstvím mědi v její vodě. Běžné světové řeky obsahují maximálně 4 µg/l Cu, Kafue však až 100 µg/l. V toku se hromadí nejen rozpuštěné látky, ale i suspenze z deponií důlních odpadů, která se ve vodě rozpouští a obohacuje ji o toxické kovy. Protože voda Kafue je často zdrojem pitné vody pro řadu měst a slouží k intenzivnímu zalévání zemědělských ploch v její blízkosti, jsou čistota a charakter obsažené suspenze zásadní pro její využití.

Těžba kovů v Africe přináší řadu benefitů, a to hlavně bohatým zemím, které do ní investují velké prostředky. Pro vlastní Afriku často znamená značný zábor půdy, odlesňování, ztrátu rozmanitosti, kontaminaci půdy a vody kovy a chemikáliemi a tím zhoršení podmínek pro zemědělství a život místních lidí. Tyto skutečnosti si v našem vyspělém světě často neuvědomujeme a je dobré si je během neustálé snahy o hospodářský růst občas připomenout. ●

AUTOŘI PŮSOBÍ V ÚSTAVU GEOCHEMIE, MINERALOGIE
A NEROSTNÝCH ZDROJŮ



Spolufinancováno
Evropskou unií



Článek vznikl s podporou projektu OP
JAK Přírodní a antropogenní georizika,
CZ.02.01.01/00/22_008/0004605.



Kde na vodě závisí vše

Životodárná tekutina je v Africe stále zcela klíčovou surovinou

JIŘÍ BRUTHANS, JAKUB MAREŠ

Etiopie je rozsáhlá, klimaticky a geologicky pestrá země, což se odráží i na situaci s vodou. Najdeme zde nízko položené vyprahlé oblasti, kde je kvůli nízkým srážkám a vysokému výparu voda vzácná nebo extrémně slaná (v Danakilské proláklíně dosahuje salinita až 433 g/l), ale i rozsáhlé horské oblasti, kde jsou naopak srážky i odtok vyšší než v Česku. V Etiopské vysočině ostatně pramení Modrý Nil, který je v období dešťů hlavní zdrojnicí Nilu. Vedle vody s sebou do své delty v Egyptě přináší i úrodný sediment, který byl spolu s vodou klíčem k existenci

starověkých egyptských říší. V letech 2011–2025 vznikla na Modrém Nilu v Etiopii velká přehrada a vodní elektrárna s instalovaným výkonem 5 GW. Ten je vyšší, než mají všechny jaderné elektrárny v ČR dohromady. Přehrada je ovšem kvůli obavě ze snížení průtoku Nilu dále po proudu velkým předmětem sváru s Egyptem.

DVAKRÁT ZA ROK

Na rozdíl od Česka, kde jsou celkem pravidelně rozděleny na celý rok, jsou v Etiopii srážky koncentrovány do jednoho nebo dvou období dešťů (v závislosti

na regionu). Srážky nastávají v červnu až září, případně v březnu až květnu, a po zbytek roku prší málo nebo vůbec. Střídají se tak období, kdy je vody někdy až moc, řeky se rozvodní, eroze odnáší cennou půdu a vodou ztěžklá zem na svazích ujždí ve formě sesuvů ničících životy a majetek, s obdobími sucha, kdy obyvatelé musí po mnoho měsíců vystačit se stále se tenčícími zdroji povrchové vody. Na každoročním období dešťů závisí úroda, a tedy i bytí a nebytí obyvatel. Pokud deště nepřišly, nastávaly hladomory (poslední velký v letech 1984–1985).

◀ V suchém období protékají v Etiopii říčními koryty jen malé stružky vody.

Foto Štěpán Dvořák

Mimo velká města platí něco v Evropě těžko představitelného – voda není zavedena do domovů, ale člověk se musí naopak vypravit k ní. Řeky a potoky jsou tak v Etiopii i v roce 2026 obsypány lidmi myjícími sebe, své oblečení, motorky a auta i napájícími dobytek. Kvalita povrchové vody je proto často zoufalá a lidé se vypravují i kilometry daleko ke zdrojům podzemní vody, která jediná je pitná.

Z HLUBIN ZEMĚ

Aby se snížila závislost obyvatel na vrtkavých zdrojích povrchové vody, byly v Etiopii v posledních desítkách let hloubeny tisíce vrtů pro využití vody podzemní. Ta má oproti té povrchové výhodu, že je dostupná po celý rok bez ohledu na srážky. Podzemní voda se používá nejen jako zdroj pitné vody, ale na řadě míst i pro zavlažování polí. Její využívání má ale své vlastní problémy. Starší vrtů osazené ručními pumpami jsou po dvaceti letech kvůli špatné údržbě často nefunkční. U nových vrtů, kde jsou osazena ponorná elektrická čerpadla, je situace podobná, protože pro obyvatele vesnic a menších měst je obtížné udržet v chodu generátory, které čerpadla zásobují elektřinou. Situace se zlepšuje u nejnovějších vrtů, kde jsou zdrojem energie pro čerpadla solární panely.

Ale nejde jen o to, jak podzemní vodu čerpat. Aby mohla být podzemní voda dlouhodobě využívána, je třeba rozumět

▶ **Odběr pitné vody z přetékajícího artézského vrtu v pánvi Zala. Protože čerpadlo ve vrtu není funkční, musí se za vodou pěšky. Kanystry se odnesou 100 metrů k oslům a pak už jedou na jejich hřbetech.** Foto Jiří Bruthans

tomu, kolik se jí v daném území tvoří, aby nebylo dlouhodobě odčerpáváno více vody, než se vsákne ze srážek. Přecherpání by vedlo k poklesu hladin podzemní vody a nakonec k její ztrátě ve vodonosné vrstvě (tzv. kolektoru). Ke zjišťování stavu slouží měření průtoků povrchových toků v suchých obdobích, kdy jsou napájeny pouze podzemní vodou. Podzemní vody se ale netvoří jen ze srážek spadlých na daném místě, ale i z vody vsakující se přes dna povrchových toků, což lze měřením průtoků též odhalit.

PRASTARÁ I KONTAMINOVANÁ

V současnosti jsou hojně používány izotopy O a H v molekulách vody a další stopovače, ze kterých lze určit, v jakých nadmořských výškách se voda infiltrovala a zda k tomu dochází za současného klimatu, nebo jen v minulosti, za jiných klimatických podmínek. Dá se tedy rozeznat, zda podzemní voda v níže položených údolích pochází z místních srážek, či zda se infiltrovala v okolních horských oblastech. Izotopové studie v etiopském riftu ukazují na významné přítoky podzemní a povrchové vody z okolních horských oblastí.



Některé struktury s podzemní vodou v riftu se ovšem v současnosti vůbec nedoplňují, a čerpání tak odebírá vodu fosilní, starou tisíce let, jejíž zásoby se neobnovují. Bakteriální znečištění je sice v podzemní vodě mnohem nižší než ve vodě povrchové, ale podzemní vody mají své vlastní kontaminanty. Asi nejproblémovějším v Etiopii je fluor, který se vyskytuje zejména v etiopském riftu, kde dosahuje koncentrace až desítek mg/l. Pití vody s obsahem fluoru nad 1,5 mg/l vede k poškození zubní skloviny a ve vyšších koncentracích i kostí.

POMOC Z ČESKA

V etiopské geologii a hydrogeologii mají dlouhou kontinuitu české aktivity, které sahají až do poloviny 80. let, kdy se čeští a etiopští odborníci pod vedením dr. Jiřího Šímy podíleli na prvních systematických průzkumech podzemních vod a mapování vodních zdrojů v obtížně přístupných oblastech země. Na tuto fázi navázala úzká rozvojová spolupráce mezi Českou republikou a Etiopií, která aktivity dále rozšířila a více propojila hydrogeologické mapování s praktickými potřebami, zejména se zásobováním obyvatel pitnou vodou. Tyto práce vyvrcholily sestavením unikátní sady hydrogeologických map v měřítku 1 : 250 000 pokrývajících celé území Etiopie.

V posledním desetiletí se pak experti Přírodovědecké fakulty UK a České geologické služby v rámci rozvojové spolupráce financované Českou rozvojovou agenturou zaměřují na mapování a kvantifikaci množství i kvality podzemních vod zejména v oblasti jižní části etiopského riftu. Česká republika tak v posledních desetiletích zanechala v hydrogeologickém výzkumu Etiopie unikátní stopu. ●

AUTOŘI PŮSOBÍ NA ÚSTAVU HYDROGEOLOGIE, INŽENÝRSKÉ GEOLOGIE A UŽITÉ GEOFYZIKY



Bohatství v odpadech

S recyklací těžebních odpadů pomáhají moderní metody

MARTIN LICOVNÍK, VOJTĚCH ETTLER

Lidská společnost je od nepaměti závislá na surovinách. Již paleolitičtí lovci překonávali velké vzdálenosti, aby si opatřili kvalitní pazourek pro výrobu zbraní a nástrojů. S rozvojem civilizace (a zejména s počátkem průmyslové revoluce) však potřeba surovin dramaticky rostla a roste v podstatě neustále. Kromě kovů používaných člověkem po staletí či tisíciletí, jako je například měď, vyžadují moderní technologie, zejména elektronika, stále víc speciální prvky, o jejichž vlastnostech jsme ještě před několika desetiletími mnoho nevěděli.

AFRICKÉ POKLADY

Řada z nich se ovšem těží jen v několika málo oblastech na světě, a protože existuje riziko přerušení kontinuity jejich

dodávek na globální trh, jsou nazývány kritickými a strategickými surovinami. Již v roce 2011 sestavila Evropská unie jejich seznam, který čítal 14 položek a během následujících 15 let narostl na 34. Bez těchto surovin se nyní průmysl na evropském kontinentě neobejde, často je ale výrazně závislý na jejich dovozu. Patří sem například kobalt, který nachází uplatnění zejména v elektrodách dobíjecích baterií a těží se především v Africe (více než 75 % světové produkce pochází z Demokratické republiky Kongo a Zambie). Afrika má dnes největší těžební průmysl na světě a hraje klíčovou světovou roli v těžbě diamantů, zlata, platinových kovů, uranu a dalších prvků. Ekonomiky afrických států jsou navíc na exportu surovin velmi závislé.

ODPAD JAKO SUROVINA

Těžební průmysl však po sobě zanechává velké množství odpadů. Například na jednu tunu získané mědi se vyprodukuje přibližně dvousetnásobné množství těžebních odpadů (kovnatosti těžených ložisek jsou nízké, pohybují se kolem 0,5 %) a žárovou výrobou mědi vznikne dvojnásobné množství metalurgických odpadů, zejména strusek. Extrakční procesy ovšem nejsou stoprocentně účinné a dochází při nich ke ztrátám zájmových

► Snímek granulované měděné strusky získaný technikou autoSEM. Snímek tvoří přes 16 milionů bodů o velikosti 0,8 μm a každému z nich přísluší jedna prvková EDS analýza. Autor Martin Lichovník

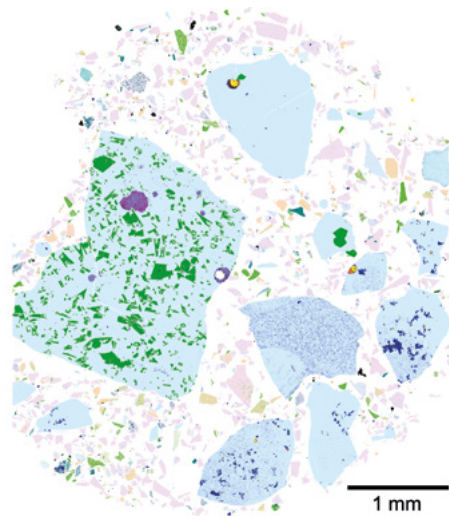
◀ Odlévání strusky v měděné huti

Kansanshi (Solwezi, severozápadní Zambie). Foto Vojtěch Ettler

kovů do odpadů. Proto není v současnosti důležitá jen technologická optimalizace procesů těžby a zpracování surovin, ale i znovuvyužití odpadů či opětovné zpracování historických odpadů, pocházejících z méně efektivních provozů v minulosti.

Příkladem mohou být haldy měděných strusek v blízkosti hutě Nkana v Kitwe (provincie Copperbelt v Zambii, tzv. zambijský měděný pás), kde za 80 let fungování huti vzniklo více než 21 milionů tun měděné strusky, která nicméně stále obsahuje jednotky procent mědi a až 2,6 % velmi žádaného kobaltu, což výrazně překračuje kovnatost aktuálně těžených rud. Jen ve zmíněné oblasti představují podobné struskové odpady více než 60 milionů tun materiálu.

Vyvinout takové postupy, aby bylo možné tyto materiály zpracovat a strategické kovy z nich znovu získat, ovšem vůbec není jednoduché. Především je důležité znát obsah zájmových kovů a také způsob, jak jsou tyto prvky v materiálech vázány. To je možné jen za využití moderních vědeckých nástrojů. Jeden z nich si dále představíme.



UŽITEČNÁ ANALÝZA

V poslední době se stále více rozšiřuje technika automatické kvantitativní mineralogie (autoSEM), s jejíž pomocí lze tyto informace o struskových materiálech získat snadněji. Jejím základem je upravený elektronový mikroskop vybavený prvkovými mikroanalýzátory a speciálním softwarem. Připravené vzorky jsou ve vakuu mikroskopu bombardovány pohybujícím se svazkem elektronů, čímž vznikají snímky (mapy) jejich povrchu.

Snímky jsou nejprve černobílé – světlejší odstíny vždy znamenají přítomnost těžších prvků (snímkování v režimu zpět odražených elektronů). Analýzou rentgenového záření vznikajícího dopadem elektronů se současně získávají informace o zastoupení konkrétních prvků. Tyto údaje se zaznamenávají buď jen v některých místech, nebo také v každém z milionů bodů tvořících získané mapy. Pomocí připraveného „receptu“ pak software změřená data přiřazuje konkrétním minerálním fázím. Výsledkem jsou barevné mapy, kde každá barva odpovídá určitému minerálu, a tabulky s jejich zastoupením.

Zkombinujeme-li tato data s údaji o přesném složení každé fáze, získanými např. pomocí elektronové mikrosondy

(EPMA), je možné vypočítat rozložení (distribuci) zájmových prvků. Přítomnost amorfních či málo zastoupených fází nepředstavuje pro techniku autoSEM překážku, což je například ve srovnání s práškovou rentgenovou difrakcí výhoda.

JAK RECYKLOVAT STRUSKY

Přednosti techniky autoSEM si můžeme ukázat na analýze granulované měděné strusky z huti v Tsumebu v Namibii. Tento materiál by mohl sloužit jako surovina pro extrakci mědi (obsah 0,7 %) a zinku (4,7 %). Tradičními extrakčními postupy jsou v tomto případě pyrometalurgie – tavení sulfidických koncentrátů získaných drcením, mletím a následnou flotací – a hydrometalurgie – chemické loužení a následná separace kovů z výluhu.

Technikou autoSEM bylo zjištěno toto složení: silikátové sklo (okolo 90 %), olivín (až 7 %), oxidy železa (magnetit, až 3 %), pyroxeny (1 %), kovové olovo (0,1 %), sulfidy (0,07–0,7 %) a arsenidy (0,03 %). Z kombinace kvantitativních dat z autoSEM a mikroanalýz EPMA se ukázalo, že většina mědi (přes 60 %) i zinku (přes 90 %) je vázána v silikátovém skle. Zpracováním pyrometalurgickou cestou, které je zaměřeno na kovy vázané v sulfidech, by tedy docházelo ke značným ztrátám. V tomto případě by naopak mohlo být vhodnější hydrometalurgické zpracování, což prokázaly jednoduché extrakční testy. Loužením této strusky v kyselině sírové bylo extrahováno až 70 % veškeré mědi a přes 90 % zinku. ●

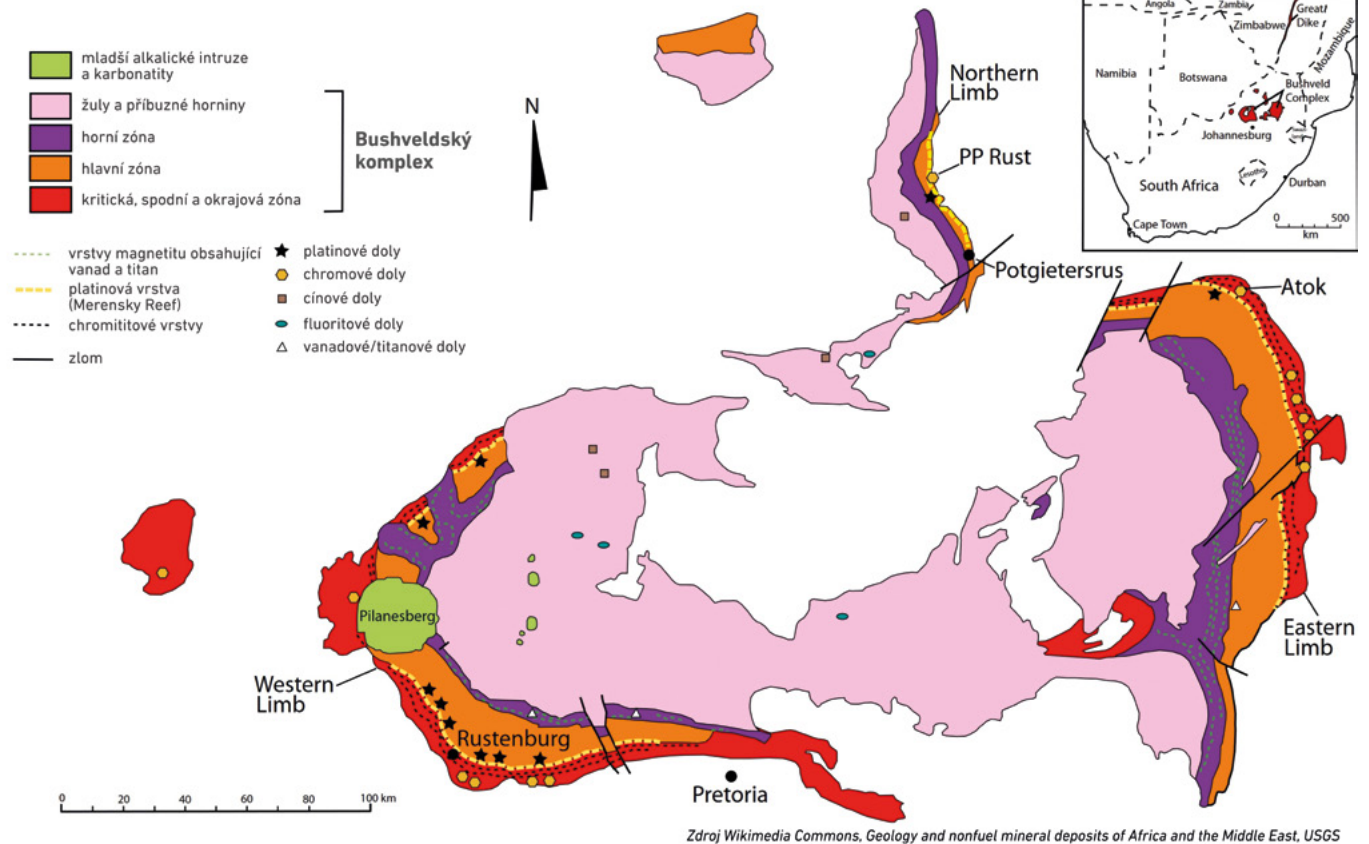
AUTOŘI PŮSOBÍ V ÚSTAVU GEOCHEMIE, MINERALOGIE
A NEROSTNÝCH ZDROJŮ



Spolufinancováno
Evropskou unií



Článek vznikl s podporou projektu OP
JAK Přírodní a antropogenní georizika,
CZ.02.01.01/00/22_008/0004605.



Tisíce vrstev Bushveldu

Místo, které ukrývá většinu světové platiny, zamotává hlavy geologům

DOMINIKA LINZEROVÁ

Bushveldský komplex, řazený mezi takzvané zvrstvené intruze, je zatím největším objeveným zástupcem svého druhu na naší planetě. Na ploše větší než celá Česká republika se rozkládají nespočetné vrstvy magmatických hornin, jejichž původ stále nebyl uspokojivě vysvětlen.

VZÁCNÉ A PRUHOVANÉ

Zvrstvené intruze jsou předmětem geologické fascinace již od 40. let minulého století, kdy byla první z nich popsána na odlehleém pobřeží jihovýchodního Grónska. Tato zvláštní tělesa byla kdysi aktivními magmatickými komorami skrytými

hluboko v zemské kůře, dokud čas nepřeměnil taveninu v pevnou horninu a eroze ji neodhalila našim očím. Jméno dostaly podle svého nejtypičtějšího znaku – magmatického zvrstvení, které pozorujeme jako pruhy horniny táhnoucí se intruzí i mnoho kilometrů napříč.

Důvod, proč zvrstvené sekvence přitahují lidskou pozornost, je ovšem celkem prozaický – obrovské zásoby důležitých surovin, včetně chromu, vanadu, železa a především platinových kovů. Na světě je podobných lokalit několik stovek. Některé jsou drobné, jako naše kdyňská intruze u Žďáru nad Sázavou, jiné, jako

právě Bushveld, však patří mezi giganty. Bushveldská intruze je stará okolo 2,6 miliardy let a většinou své rozlohy se nachází v Jihoafrické republice. Na povrch vystupuje ve dvou ohromných lalocích – východním a západním, připomínajících uši ohromného hrnce. Oblast mezi nimi je vyplněna především mladšími magmatickými a sedimentárními horninami. Díky kontinuitě vrstev mezi východem a západem je však pravděpodobné, že laloky jsou v hloubce spojeny do obřího miskovitěho tělesa, které se postupně vytvořilo z více než milionu krychlových kilometrů taveniny.

◀ **Geologická mapa zobrazující stavbu Bushveldské intruze a místa aktivní těžby platinových rud.** *Zdroj Wikimedia Commons, volné dílo*

PŮVOD VRSTEV

Bushveld je stejně jako ostatní zvrstvené intruze jedinečnou přírodní laboratoří pro magmatické petrologie. Na stovkách metrů stratigrafie zaznamenaly textury v horninách celou řadu procesů, které stály za jejich vznikem. Magmatické komory jsou dynamická místa, a protože nemáme možnost do žádné z nich nahlédnout, jejich výzkum připomíná detektivní vyšetřování. Na zvrstvené intruze by však nestačil ani celý Scotland Yard.

Bushveldské vrstvy berou vědcům dech. Zdánlivě celistvou horninou se táhnou ostře vymezené pruhy úplně jiného složení, místy zarovnané s laserovou přesností, jindy klikaté a zamotané, jako kdyby inspirací byly čmáranice předškolačka. Mohou být mocné desítky metrů, ale i sotva okem rozeznatelné.

Horniny, které je tvoří, nazýváme „kumuláty“. Jméno svědčí o jejich původu – akumulaci minerálů na dně či stěnách tělesa, kde vrstva vzniká. Ani dnes se s jistotou neví, jak přesně k tomu dochází, teorii je ovšem spousta. Ta původní hovoří o sedimentaci krystalů na dně magmatické komory, podobně jako sedají čajové lístky na dno hrníčku. Toto vysvětlení však nestačí, ačkoli víme, že krystaly v magmatu se takto pohybovat mohou... Co ale vrstvy na příkrých stěnách a stropě? Nebo ty, které se vzájemně prolínají? Musely vznikat zcela jiným způsobem.

▶ **Ukázka zvrstvení Bushveldské intruze na výchozech v okolí řeky Dwars – tmavé vrstvy tvoří chromitové minerály, světlé zase převážně plagioklas.** *Zdroj elementsmagazine.org*

Protichůdná teorie razí názor, že krystaly se nehýbou, nýbrž rostly stacionárně ve specifických podmínkách.

A pravda? Nejspíš bude někde uprostřed. Každá intruze je jiná a během vývoje se mohou drasticky měnit. I bushveldské vrstvy mají na kontě několik různých interpretací, které se vzájemně vylučují. Výzkum však pokračuje dál, od terénních prací až po experimentální vědu, která pro své nástroje využívá produkt intruze samotné – bushveldskou platinu.

PLATINOVÁ HOREČKA

Není vrstva jako vrstva a pro Bushveld to platí speciálně. Ve dvou z nich, které se nazývají „reefs“, se totiž nachází většina světových zásob platiny a příbuzných kovů, jako jsou paladium, rhodium a osmium. Platinové kovy jsou v porovnání s jinými komoditami v zemské kůře vzácností, ale jsou zcela zásadní v nespočtu průmyslových odvětvích. Bushveldské reefs jsou tak skutečným jihoafrickým pokladem.

V porovnání s ohromnou velikostí Bushveldu jsou však jeho platinonosné vrstvy překvapivě drobné. Nejznámější z nich,

Merensky reef, má sice na své 300kilometrové délce variabilní tloušťku, ta se ale obvykle pohybuje jen mezi 0,5 až 3,6 metru. Níže položený reef UG2, který je bohatším z dvojice, dosahuje typicky mocnosti jednoho metru. Obě naleziště od sebe dělí pouhé desítky metrů stratigrafie, a jsou tak dnes často těženy současně. Zvrstvení intruze se však svažuje do hloubky, a tak jsou tyto vrstvy těžaři urputně pronásledovány do stále větších temnot.

A jak takto ložiska vznikala? Otázka je stejně zapeklitá jako vznik samotných vrstev. Výskyt platiny není vázán na jeden typ horniny a ve stratigrafii se objevuje a zase mizí náhle. I přes relativní blízkost Merensky a reefu UG2 víme, že si nejsou navzájem příbuzné – zatímco Merensky nese prvky, jako jsou nikl a zlato, UG2 tyto kovy postrádá. Každý tak nejspíše vznikl z jiného magmatu, a to skrze komplikovanou kombinaci krystalizačních procesů a nemísivosti tavenin. Jak to ale bylo doopravdy, to Bushveld zatím neprozradil. ●

AUTORKA PŮSOBÍ V ÚSTAVU PETROLOGIE
A STRUKTURNÍ GEOLOGIE





Afrika z ptačí perspektivy

Dálkový průzkum Země v Etiopii a Namibii

KAREL MARTÍNEK

Mnohé africké země jsou učebnicí pro geology a rájem dálkového průzkumu Země (DPZ, remote sensing/Earth observation). Je to díky rozsáhlým pouštním oblastem bez vegetace (Sahara, Sahel, východní a jižní Afrika), kde je horninový, sedimentární a půdní pokryv velmi dobře patrný na družicových i leteckých snímcích. Analýza snímků se nicméně hojně využívá i v tropických deštných oblastech. Hustá vegetace sice spektrální signatury minerálů a hornin zakrývá, ale využívají se zde digitální

modely reliéfu (DMR/DEM) pro morfologické a tektonické aplikace (např. mapování sesuvů) a také optické snímky jako topografické podklady pro terénní práci a mapování. Je to proto, že dostupnost kvalitních topografických map vhodného měřítka je ve většině afrických zemí spíše výjimkou než pravidlem.

REVOLUCE V PRŮZKUMU

Dálkový průzkum Země zažívá v posledních několika málo desetiletích bouřlivý rozvoj, který souvisí s dostupností kva-

litních družicových a leteckých snímků, dostupností výkonného hardwaru na jejich zpracování (kdo dnes nemá satelitní snímek v mobilu?) a s rozvojem pokročilých metod na jejich zpracování, jako je strojové učení (např. deep learning). V posledních letech jsou dostupné také bezpilotní systémy či drony (RPAS – remotely piloted aircraft systems), jejichž snímky přinášejí velký detail a výrazně usnadňují dokumentaci v obtížně dostupných terénech. Využívají se jak optické snímky ve

◀ **Družicový snímek Landsat v přirozených barvách. Oblast Tsaobis, centrální Namibie.** *Zdroj ESRI*

viditelné i infračervené oblasti elektromagnetického spektra a DMR získané stereoskopickou analýzou optických dat nebo z radarových snímků, tak i detailní 3D modely získané fotogrammetrickými metodami, popřípadě laserovým snímáním (LIDAR).

V Africe se v současné době rozbíhá řada projektů zaměřených na průzkum nerostných surovin. Je to z jak přírodních – je zde řada bohatých ložisek –, tak i politických a ekonomických důvodů, průzkum a těžba jsou zde jednodušší a levnější. V neposlední řadě hraje roli rozvojová pomoc vyspělejších států (sdružených v OECD). Průzkum nerostných surovin s sebou přináší rozvoj výzkumných (a pedagogických) aktivit a technologií, s těžbou přichází rozvoj infrastruktury a urychlení ekonomického rozvoje. DPZ se uplatňuje hlavně v počátečních fázích průzkumu, kde velmi efektivně (je levný a rychlý) dokáže vytipovat nebo zúžit zájmové oblasti. Morfotektonická analýza založená na rozboru DMR identifikuje zlomové, puklinové a střížné zóny, zatímco analýza spektrálních signatur optických snímků rozpoznává například alterační zóny se specifickou mineralizací charakteristické pro výskyt určitých nerostných surovin. V následujícím textu si představíme dva příklady využití DPZ v Africe.

GEOLOGICKÉ MAPOVÁNÍ

Geologické mapovací kurzy projektu PanAfGeo probíhaly v letech 2018–2022

▶ **Rozsáhlé skalní říční podél zlomového svahu doprovázené mělkými sesuvy půdy na strmých svazích, kebele Garibanisa Kariche, jižní Etiopie, snímek z dronu.**

převážně v národním parku Tsaobis a jeho okolí v centrální Namibii. Jedná se o velmi aridní oblast přiléhající k poušti Kalahari, která byla v době terénních prací 7 let bez srážek. Hladina podzemní vody klesla postupně až do hloubky 900 metrů, povrchová vegetace prakticky chyběla, zkrátka ideální podmínky pro geologickou interpretaci družicových snímků. Družicový snímek Landsat této oblasti Namibie má rozlišení pixelu 30 m a je zobrazený v přirozených barvách. Pro odlišení hornin nevyužívá infračervenou oblast spektra, není to totiž potřeba. Na obrázku jsou velmi dobře patrné všechny mapovatelné litologické hranice prekambričských metamorfovaných hornin (mramory, pegmatity; v levé části snímku) i kvartérní sedimentární pokryv (říční, aluviální i svahové sedimenty; v pravé části snímku).

Jediným praktickým problémem se tak pro účely kurzu ukázal být nadbytek detailních informací o horninových typech a jejich rozhraních. Vedoucí kurzu musela proto z didaktických důvodů zakázat použití snímků pro přípravu terénních prací a během nich, protože by účastníci kurzu jen obkreslovali litologické hranice ze snímku

do své mapy. Uvedené snímky proto dostali až při závěrečné interpretaci mapy.

svahové nestability

Mapování sesuvů v Etiopii je jednou z národních priorit, naráží však na řadu problémů. Jedním z nich je obtížná dostupnost terénů, obvykle totiž bývají na strmých zlomových svazích riftového údolí mimo silnice a cesty. Dalším problémem je nedostatečné prostorové rozlišení dostupných DMR (obvykle 30 nebo 20, v nejlepším případě 10 m). Řada sesuvů je ovšem jen několik desítek metrů široká a sesouvá se vyšší desítky metrů až stovky metrů po svahu. Bohužel i takto malé sesuvy mohou být smrtonosné, jak ukazuje příklad z jižní Etiopie, kde v oblasti Gofa v roce 2023 při takto malém sesuvu zahynulo přes 200 lidí. Problémy s dostupností i rozlišením se odborníci snaží překlenout použitím dronů, které umožňují detailní fotodokumentaci z libovolného úhlu a vzdálenosti. Při pořízení většího množství fotografií s dostatečnými překryvy a prostorovým umístěním pomocí vílcovacích bodů je také možné pomocí fotogrammetrických technik zkonstruovat velmi detailní model reliéfu. ●

AUTOR PŮSOBÍ V ÚSTAVU GEOLOGIE A PALEONTOLOGIE



Hlavonožci na talíři

Kde se dají ulovit nejkrásnější plody moře dávného devonu

JANA BRUTHANSOVÁ, LUKÁŠ LAIBL

Nad provizorními plátěnými přístřešky v okrajové části pouštního města Arfoud se vznáší mračna bílého kouře. Oproti dýmu z ohně nebo požáru nestoupá k nebi, ale drží se spíš u země. Při bližším prozkoumání je patrné, že se nejedná o produkt spalování, ale o oblak všudypřítomného bílého prachu. Kromě toho se ze všech stran ozývá rámus strojů. Jsou to zvukové projevy různých pil, řezaček a leštiček. Jemný bílý prach postupně klesá a v několika-centimetrových vrstvičkách se usazuje po celém okolí. Nacházíme se v dílnách připomínajících novověké průmyslové manufaktury. V malých kójičkách, oddělených většinou jen pruhem textilie, pracují celodenně desítky marockých mužů. Z kusů tmavého nebo hnědého vápence zde vyrábí suvenýry, jimiž je zásoben snad každý malý krámk pro turisty v Maroku.

OÁZA FOSILÍ

Arfoud je město na východě Maroka, v severním cípu saharské pouště v regionu Drâa-Tafilalet. Původně zde v první polovině dvacátého století žila rozsáhlá židovská komunita, která ovšem po druhé světové válce z velké většiny emigrovala do Izraele. Při posledním sčítání lidu v roce 2024 město obývalo asi 29 000 původních berberských nebo arabských obyvatel. Proč ale do tohoto malého městečka, obklopeného pouští, každý rok směřují desítky tisíc turistů? Zčásti kvůli atraktivní poloze, Arfoud se totiž nachází poblíž fotogenických dun Erg Chebbi. V jinak kamenité poušti Sahara se jedná o nádherný přírodní úkaz. Až 150 metrů vysoké duny červené barvy se rozprostírají v délce 28 km a lze z nich dohlédnout až k nedaleké alžírské hranici.



▲ Obchod s fosiliemi, v popředí stůl s deskou z leštěného silurského vápence.

Foto Jana Bruthansová



▲ **Pohled do jedné z arfoudských dílen na kamenné nádobí s připravenými základními tvary na výrobu talířů a mís.**

Foto Jana Bruthansová

Kromě toho je ale Arfoud známý i jiným přírodním bohatstvím. Nachází se totiž obklopen horninami starými stamiliony let, horninami, které přímo oplývají pozůstatky dávno vymřelých živočichů. Břidlice, pískovce a vápence jsou zde minimálně zvrásněné a jsou usazené téměř vodorovně s povrchem pouště. Díky absenci vegetačního pokryvu a nekonečným plochám neobydlené krajiny lze tyto vrstvy bez přerušování sledovat v poušti dlouhé kilometry. Místní obyvatelé, zejména původní berberští kočovníci (nomádi), si v minulém století přivydělávali tím, že cizincům nebo turistům z města prodávali zkameněliny či minerály, které našli na povrchu pouště. Šlo zejména o drobné svinuté trilobity, izolované schránky stočených hlavonožců (zejména goniatiťů) nebo ulity velkých mlžů.

PALEOTURISMUS

Od sedmdesátých let 20. století se Maroko díky fosilnímu bohatství postupně dostá-

► **Typický marocký krámk s fosiliemi a výrobky z devonských vápenců.**

Foto Ladislav Žedník.

valo do povědomí soukromých sběratelů nebo světových muzeí a zkameněliny prvohorního či druhohorního stáří zdobí poličky, vitríny i velké muzejní sbírky. Každý rok jsou publikovány desítky vědeckých článků, ve kterých se podrobně studuje systematika i paleoekologie různých marockých fosilních živočichů a rostlin.

Centrem geoturismu a s ním spojeného obchodního ruchu, který živí tisíce marockých rodin, se stalo právě toto malé pouštní městečko. Při procházce jeho ulicemi nelze uniknout drobným obchůdkům nabízejícím kromě zkamenělin i jejich více či méně zdařilé padělky, údajné archeologické artefakty jako pazourkové hroty, šipky nebo střepy, ale také dekorativní předměty – vázičky, tácy, talíře, figurky zvířat nebo popelníky vyřezávané z různých druhů kamene. Kromě měkkého mramoru, sádrovce, je to nejčastěji právě tmavý nebo hnědý na zkameněliny bohatý vápenec, který se vyskytuje v samotném okolí města.

UNIKÁTNÍ PRODUKTY

Vápence fosilním životem doslova překypují. Jsou plné rovných dlouhých schránek prvohorních silurských hlavonožců nebo jejich trochu mladších zatočených devonských příbuzných – goniatiťů. Silurské vápence z okolí Arfoudu jsou prakticky k nerozeznání od vyhlášeného lochkovského mramoru, tmavého bituminózního vápence stejného stáří, který se dříve

těžil v okolí Lochkova v Praze. Také ten obsahuje hojné zkameněliny hlavonožců a dalších dávných živočichů. Dnes tito prastaří vládci prvohorních moří zdobí marocké talíře, popelníky, vázy, ale i toaletní prkýnka, desky stolů nebo umyvadla.

Jejich cesta ve formě suvenýru do konečné destinace začíná v malých lomech v kopcích nad Arfoudem. Odtud místní kopáči vozí desky vápenců na motorkách anebo v autech do dílen na okraji města. Pak se jich ujmou jiní dělníci, kteří z nich pomocí velkých pil nařezou menší kusy, a jejich práci převzou další muži a na drobnějších řezacích strojích tvoří a brousí požadované tvary. Ke konci výrobního procesu přijde ke slovu speciální leštička a kotoučem se na výrobku pomocí kusu látky, abraziv a chemických prostředků naleští kýžený lesklý povrch.

Práce je to fyzicky náročná a těžká, prach se dělníkům usazuje v plicích a ti po několika letech často trpí fibrózami plicní tkáně nebo jinými chorobami postihujícími dýchací cesty. Ale každý dirham, který muž přinese domů, najde ve většinou hodně početné rodině využití a stovky denně vyrobené kamenné „polísáže“ najdou svého kupce mezi turisty navštěvujícími Maroko. ●

AUŘI PŮSOBÍ V ÚSTAVU GEOLOGIE A PALEONTOLOGIE
A GEOLOGICKÉM ÚSTAVU AV ČR



Pohled z nejvyšší hory ostrova Maio – sopky Monte Penoso (437 m n. m.) směrem na JJZ. V levé části snímku vystupuje okraj masivu Monte Branco, tvořený zejména hlubokovodními vápenci spodnokřídového stáří. Foto Martin Košťák



Za fosiliemi na Kapverdy

Odkud se na vulkanickém souostroví vzaly druhohorní zkameněliny?

MARTIN KOŠŤÁK

Asi málokoho by napadlo hledat druhohorní sedimenty a fosilie na vulkanickém souostroví Kapverd uprostřed Atlantiku, zvláště když všech 10 hlavních ostrovů tvoří vyhaslé nebo i aktivní sopky. A přesto jeden z ostrovů – Maio – z geologické rutiny souostroví výrazně vybočuje. První zmínky o výjimečnosti tohoto ostrova pochází z let 1912–1913, kdy byly z vápenců ostrova Maio popsány aptychy (spodní čelisti amonitů), které jasně určily stáří sedimentů jako druhohorní. Senzace v podobě nálezů dalších fosilií („olihní“, amonitů aj.) přišla v roce 1935, kdy při návratu z expedice do Brazílie ostrov a zejména křídové sedimenty, které by zde vlastně ani neměly

být, poprvé důkladněji prozkoumal německý paleontolog Rudolf Stahlecker (ano, toto jméno má skutečně co do činění s válečným zločincem Walterem Stahleckerem, byli to bratři). Další průzkumy pokračovaly až v 90. letech a zájem o tuto „záhadu“ nepolevil ani ve 20. letech 21. století.

DNO KŘÍDOVÉHO MOŘE

Přesně vzato bychom měli hovořit již o jurském moři. Nejstarší uloženiny totiž ukazují počátek sedimentace v nejvyšší juře, nicméně nejvíc je zde zastoupena křída tvořená převážně vápenci. Kde se tu však vzaly? A proč právě jen tady? Vraťme se hluboko do historie, do obdo-

bí pozdní jury. Právě v místě současných Kapverd, tedy mezi Afrikou a Jižní Amerikou, se začíná otevírat jižní část Atlantického oceánu. Na jeho dně se ukládají hlubokovodní karbonáty a sedimentace pokračuje po celou spodní křídu a dále pak v paleocénu a miocénu. Zlom nastává před 19 miliony lety, kdy v důsledku vulkanické aktivity začíná zdvih oblasti.

Zatímco na ostatních ostrovech zbytky druhohorního oceánského dna nenajdeme, neboť vulkanity těmito sedimenty pronikly a vytvořily typické vulkanické souostroví, na Maiu došlo nejprve k výzdvihu celé oblasti a teprve poté se

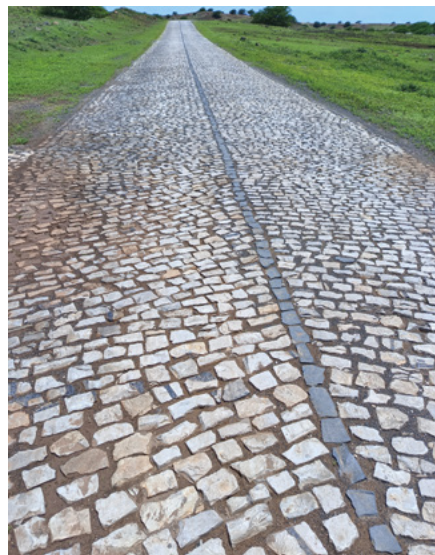
► **Amonit rodu *Phylloceras* (valanginhauteriv) výrazně kontrastuje s okolním světlým vápencem. Při vyvětrávání se na fosilii druhotně vytvářejí povlaky oxidů železa a manganu. Velikost 3 cm.**

Foto Martin Košťák

vulkanismus projevilo naplno. Na úpatí sopek tedy zůstaly mořské sedimenty (meso – i kenozoické) překryté lávovými proudy. Při velkých erupcích navíc docházelo k sesuvům celých bloků sedimentů do kráterů, což ve finále vytváří pozoruhodnou mozaiku různě se opakujících vrstevních sledů.

REZAVÍ AMONITI

Na rozdíl od hlavního ostrova Kapverd Santiago je klima na Maiu výrazně suché. Z vegetace zde dominují akácie, kterými je osázen celý ostrov. Jedná se o velmi zajímavý ekologický experiment kapverdské vlády, jehož cílem je snížit ariditu ostrova a změnit mikroklima. Tím, že je Maio poměrně málo známým a turisty ne příliš navštěvovaným ostrovem, má svá kouzla a specifika. Rozhodně se tu nedá spolehnout na informace generované umělou inteligencí. Velmi hojní ledňáčci by tu podle AI vůbec být neměli, stejně jako velcí pavouci, kteří při odběru vzorků opravdu překvapili... Co však nepřekvapuje, je



obrovské množství několika druhů karet, které dlouhé písčité pláže využívají ke kladení vajec.

Pokud chceme studovat odkryté křídových hornin, musíme se ovšem vypravit do vnitrozemí ostrova. Výchozy vápenců s faunou jsou vázány na tři hlavní oblasti – Ribeira do Morro (na západě ostrova), Monte Esgrovere na jihu a Monte Carqueijevo v rámci masivu Monte Branco na jihovýchodě ostrova. Stejnomená souvrství – tedy morro (stáří valanginu až aptu, tvořené čistými, mikritickými vápenci s rohovci) a carqueijevo (stáří stupně albu, typické střídáním vápenců a slínovců) obsahují fosilie, které jsou klíčové k určení stáří. Kromě mikropaleontologických dat (kalpionely, Ca-nanofosilie) vycházíme hlavně z amonitů. Zachování fosilií je různé, většinou jsou poměrně stlačené, nicméně známe i 3D zachování. Nejlépe zachované exempláře nalézáme v souvrství morro

◀ **Celým ostrovem se táhne dlážděná silnice, kostky jsou převážně z vápenců různého stáří. Podle použitého materiálu v určitém místě lze usuzovat na geologické podmínky dané oblasti.**

Foto Martin Košťák

v lokalitě Monte Esgrovere). Jejich výrazné zbarvení způsobují oxidy a hydroxidy železa a oxidy manganu jako důsledek zvětrávání v aridním klimatu. Kromě stočených schránek amonitů známe z této lokality i jejich spodní a svrchní čelisti. Z další fauny jsou to pak rostra belemitů, úlomky mlžů a gastropodů.

FOSILIE V DLAŽBĚ

Celým ostrovem probíhá jedna hlavní, v podstatě okružní cesta. Její délka je přibližně 40 km a nebylo by na ní moc zajímavého, kdyby nebyla dlážděná, a to zejména kostkami z vápence. Jejich těžba a opracování probíhá ručně v několika malých lomech v oblasti Ribeira do Morro. Dláždění cest má na ostrově dlouhou tradici a pokračuje i v současnosti. Kromě křídových vápenců se používají i paleocénní a miocénní karbonáty, také se zajímavou faunou.

Ostrov Maio představuje pro odborníky i cestovatele velkou výzvu: od environmentálních projektů zaměřených na ochranu klimatu a zadržování vody v krajině přes zajímavou biologii a sledování rizik v podobě sesuvů až po fascinující geologickou historii. ●

AUTOR PŮSOBÍ V ÚSTAVU GEOLOGIE A PALEONTOLOGIE

Když hoří v buši

Jak se zkoumají požáry mezi jedovatými hady a pavouky

VERONIKA RUDOLFOVÁ



Foto Matt Plucinski (CSIRO)

Dr. Marek Tuhý z Ústavu geochemie, mineralogie a nerostných zdrojů PŘF UK strávil dva roky na opačné straně naší planety výzkumem, jehož výsledky mohou být s ohledem na klimatické změny užitečné i v našich končinách.

Věnujete se mineralogii a zajímáte se o půdy znečištěné těžbou a v poslední době zejména o požáry. Jak se vlastně geolog dostane k takovému tématu?

Již během magisterského studia jsem se pod vedením profesora Vojtěcha Ettlera začal věnovat chování kovů při požárech. Jeho tým často jezdí

do těžbou a hutnictvím znečištěných částí Afriky, kde se zabývá různými aspekty kontaminace životního prostředí. Africká savana je na periodické požáry ekologicky adaptovaná a oheň významně přispívá k udržování jejího charakteristického krajinného rázu. Při jednom z výjezdů profesora Ettlera napadlo, co se asi během takových požárů děje s rizikovými prvky v půdách.

Postupně se ukázalo, že jde o velice komplexní problematiku. Požár je vlastně jakýsi „experiment v přírodě“, při kterém současně působí velké

množství proměnných. Vysoké teploty mohou vést k mineralogickým transformacím a k dynamickým reakcím, které mění chování prvků v prostředí. Tématem jsem se zabýval v diplomové i dizertační práci a pokračuji v něm dosud.

V rámci grantu jste strávil dva roky ve vědeckém institutu CSIRO (National Bushfire Behaviour Research Laboratory) v Austrálii, kde jste na speciální aparatuře prováděl experimenty s hořením. Jak vaše práce vypadala?

V institutu CSIRO existuje naprosto unikátní zařízení zvané Pyrotron, což je bezmála třicet metrů dlouhý spalovací větrný tunel, který umožňuje simulovat požáry v kontrolovaných podmínkách. Skutečné požáry jsou z experimentálního hlediska velmi obtížně uchopitelné. Jejich průběh ovlivňuje celá řada proměnných, které v terénu nelze kontrolovat ani spolehlivě oddělit. V Pyrotronu lze naopak sledovat šíření ohně i s ním spojené geochemické procesy jakožto řízený, bezpečný a opakovatelný experiment, ve kterém se můžeme zaměřit na konkrétní proměnné, které nás právě zajímají.

Postupně jsem se seznámil s chodem celé laboratoře a během svého pobytu jsem byl zapojen jak do samotného chodu tunelu, tak do projektů v zařízení aktuálně řešených. To pro mě byla asi nejcennější zkušenost, protože jsem získal povědomí o tom, že požár je nejen geochemický, ale též velmi komplexní ekologický a fyzikální fenomén.

Původní představa, že si ve větším měřítku zopakují vlastní drobné experimenty, se ovšem trochu zkomplikovala. Musel jsem se přizpůsobit podmínkám a pravidlům bezpečnosti, ekologie, ale i možnostem samotného sběru materiálu. Hodně času mi zabral rovněž vývoj metodiky plánovaných experimentů s eukalyptovým a borovicovým opadem.

U nás se sice o požárech čas od času hovoří, ale vždy v kontextu jednotlivých lokálních případů. V Austrálii je to naopak obrovské téma, které v posledních letech nabývá na významu. Mohl byste nám přiblížit, jak tamní požáry vypadají?

V Austrálii se jako součást prevence požárů a správy krajiny velmi často dělají řízené výpaly. Tato praxe, založená na redukci hořlavé hrabanky a další biomasy v ekosystému, má dlouhou tradici,

jelikož oheň k údržbě krajiny využívali již Aboriginci. V Austrálii se dodnes propojují tradiční znalosti původních obyvatel s řekněme moderním vědeckým přístupem.

Měl jsem možnost se dvou takových řízených požárů zúčastnit, což pro mě byla naprosto fascinující zkušenost. Pro každý řízený požár existují velmi konkrétní plány a správci krajiny vědí, že daná oblast například deset let nehořela a akumulace suché biomasy tam již dosáhla kritických hodnot. Přípravy probíhají dlouho dopředu. Monitoruje se například, které stromy je nutné chránit, protože na nich žijí konkrétní druhy živočichů.

Jakmile je terén pečlivě připraven a plánovaný výpal oznámen veřejnosti, čeká se na vhodné meteorologické podmínky, tedy především na správnou vlhkost paliva, teplotu a ideálně bezvětří. Vítr totiž může výrazně zhoršit kontrolovatelnost požáru, i když vane směrem od města. Ideální situace nastává tehdy, když zplodiny stoupají převážně vertikálně vzhůru a hasiči mohou intenzitu i průběh požáru dobře řídit.



Kromě výzkumu jste měl v Austrálii možnost i cestovat. Jaký otisk ve vás dva roky na opačné straně zeměkoule zanechaly?

Řekl bych, že mě Austrálie změnila ve dvou zásadních ohledech. Geolog má obecně výhodu v tom, že přemýšlí v geologickém čase, což přináší určitý nadhled, který se dá přenášet i do běžného života. V Austrálii jsem ale získal i velmi konkrétní zkušenost s prostorem a rozsahem krajiny. Často jsme přejížděli stovky kilometrů bez jakéhokoli signálu, tedy i bez možnosti tísňového volání.

Druhá věc je, že Austrálie vás opravdu velmi rychle naučí respektu k přírodě. V naší české krajině nás s nadsázkou ohrožuje na životě jen klíště. V Austrálii bychom si spíš ukazovali na zvířata, která nás na životě ohrozit nemohou. Ze začátku jsem třeba počítal setkání s těmi nejjedovatějšími hady. Byla ale tak častá (například v buši mi had prolezl pod nohami), že jsem s tím nakonec přestal. Poměrně běžně se tam člověk setká i s pavouky, včetně australské černé vdovy, kterou jsem měl jednou dokonce v kufru auta.

Australané jsou prý zvyklí, že se musí vždycky pořádně podívat, než někam sáhnou. Je to pro vás teď také automatické?

Je to tak. Některé úplně běžné životní úkony si musí člověk zautomatizovat. Když ráno vylezete ze stanu, nejdříve si pořádně vyklepete boty. Co pro mě bylo složitější – když je v laboratoři třeba něco přenést z venku dovnitř, je nutné vše ometat, protože kdo ví, jestli na tom nesedí třeba ta drobná černá vdova. Podobných situací je celá řada. Když sedíte u někoho na zahradě a chcete si posunout židli nebo křeslo, neberete ji zespu, protože i tam se může pavouček skrývat. Člověk tam žije s přírodou opravdu v každodenním kontaktu. ●

Barevný mikrosvět hornin

Soutěž pro studenty, putovní výstava i ukázka mikroskopie pro střední školy

JAN KULHÁNEK



Putovní výstava Šutroskopu na Gymnáziu Kadaň. Foto archiv Jana Kulhánka

Kámen může na první pohled působit jako něco obyčejného a nehybného. Stačí jej však správně rozříznout, vybrousit do tenké průsvitné destičky, vložit pod polarizační mikroskop a před očima se otevře pestrý svět struktur, barev a tvarů. Právě tuto nečekanou krásu geologie představuje Šutroskop, projekt Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy, který propojuje studentskou fotografickou soutěž, putovní výstavu a praktické ukázky mikroskopie pro školy.

První ročník soutěže byl určen studentům bakalářských, magisterských i doktorských programů PŘF UK a jeho organizátorem byl Geologický Art Spolek. Účastníci mohli zasílat fotografie libovolných geologických materiálů a do soutěže se sešlo 69 snímků. V soutěži ovšem nešlo jen o estetický dojem.

Snímky hodnotila nezávislá odborná porota složená ze zástupců fakulty a dalších vědeckých institucí. Vítězné práce byly představeny na slavnostní vernisáži v Chlupáčově muzeu historie Země a následně vystaveny v Knihovně geologie. Snímky si můžete prohlédnout po načtení QR kódu vpravo.

Šutroskop ale nekončí u jedné soutěžní výstavy. Fotografie zároveň dobře fungují jako vstupní bod pro školní práci s geologickými tématy. Putovní výstava přibližuje žákům neživou přírodu tak, jak ji běžně nevidí: jako mozaiku minerálních zrn, textur a barev, které odráží vznik daných hornin, minerálů nebo i zkamenělin. Výstava je proto vhodná pro střední i základní školy, které chtějí obohatit výuku přírodopisu nebo geologie o vizuálně atraktivní a zároveň odborně ukotvený obsah.

Na tuto myšlenku navazuje i nabídka workshopu pro školy s názvem Pozorování hornin polarizačním mikroskopem. Program probíhá na Albertově a trvá 60 minut (viz QR kód vlevo). Žáci se při něm seznámí s tím, jak geologové zkoumají horniny ve formě velmi tenkých výbrusů. Ty jsou natolik tenké, že jimi může procházet světlo, a proto je pod mikroskopem možné pozorovat jednotlivá minerální zrna, jejich tvary, vzájemné vztahy i vnitřní stavbu. Polarizační mikroskop využívá polarizované světlo, díky němuž se projeví optické vlastnosti minerálů. Při pozorování mezi zkříženými polarizátory se některé minerály rozzáří charakteristickými interferenčními barvami, které pomáhají při určování minerálů a při interpretaci složení i vývoje horniny.

Šutroskop je pro učitele atraktivním doplněním výuky přírodopisu a geologicky zaměřených témat. Nabízí konkrétní ukázkou toho, jak se z pozorování detailu dá odvodit širší příběh formování hornin z magmatu, při sedimentaci nebo při metamorfóze hluboko v zemské kůře. Zároveň žákům ukazuje, že geovědy jsou mnohdy vizuálně působivé a přístupné i těm, kteří se s geologií setkávají i poprvé. Budoucí účastníci se navíc mohou těšit na další ročníky soutěže, které by měly být rozšířeny také o kategorie pro studenty středních škol. ●



Se spolkem SGA za poklady Země

Geologický spolek otevírá studentům dveře do světa

JAN MRÁČEK



◀ **Návštěva ložiska mědi Aitik v severním Švédsku, 2025.**

Foto Jan Mráček

Kromě činných dolů byly cílem výpravy také doly historické a rovněž řada významných geologických a mineralogických lokalit. Jednou z nejzajímavějších zastávek byl starý živcový důl Ytterby, který sehrál zásadní roli v rozvoji chemie 18. a 19. století. Zdejší minerály vědcům poprvé odhalily celou řadu dosud neznámých prvků: skandium, yttrium, gadolinium, terbium, holmium, erbium, thulium, ytterbium a tantal. Ytterby se tak zapsalo do dějin jako místo s vůbec nejvyšším počtem nově objevených chemických prvků na světě.

Podobné aktivity přispívají k poznání aspektů ložiskové geologie i k budování mezinárodních kontaktů členů skupiny, proto pražská SGA plánuje organizovat a zprostředkovávat zajímavé akce doma i v zahraničí i v následujících letech. Všechny zmíněné aktivity je ovšem možné dlouhodobě realizovat jen díky podpoře mateřské organizace SGA, zázemí Přírodovědecké fakulty UK a aktivitě členů již od bakalářského studia. ●

SGA (The Society for Geology Applied to Mineral Deposits) je mezinárodní vědecká společnost zaměřená na ložiskovou geologii, tedy obor, který zkoumá vznik a získávání nerostných surovin. V současnosti má přes 1300 členů po celém světě a její významnou součástí je také podpora studentských skupin, tzv. chapters. SGA Student Chapter Prague je vůbec nejstarší (2002) a jednou z nejaktivnějších z nich. Dnes má bezmála 70 členů, z nichž většinu tvoří studenti Přírodovědecké fakulty UK.

Pražská skupina vyvíjí celou řadu odborných a společenských aktivit (přednášky, workshopy), k těm nejzajímavějším ovšem patří tuzemské a zahraniční exkurze, o které je mezi členy velký zájem. Největší akcí minulého roku

byla dvoutýdenní terénní exkurze do Švédska, která byla organizována společně s SGA Baltic Student Chapter. Během cesty dlouhé téměř 7000 km se sedmáct účastníků podívalo do činných dolů daleko za polárním kruhem. Navštívili ložiska kritických surovin patřící k největším a nejvýznamnějším nejen ve Švédsku, ale i na celém světě. Jedním z takových byl i impozantní povrchový důl Aitik, kde se těží měď, zlato a stříbro. Výprava dále zavítala do hlubinného dolu na železo a prvky vzácných zemin (lanthanoidy) v Kiruně, který patří bezesporu k nejvýznamnějším ložiskům Evropy. Poblíž měděného ložiska Kristineberg se pak účastníci za asistence místních geologů seznámili s tím, jak v praxi probíhá geologické mapování v subarktických oblastech.



Počátky moderní kartografie

Poznejte život a dílo kartografa J. W. Wielanda

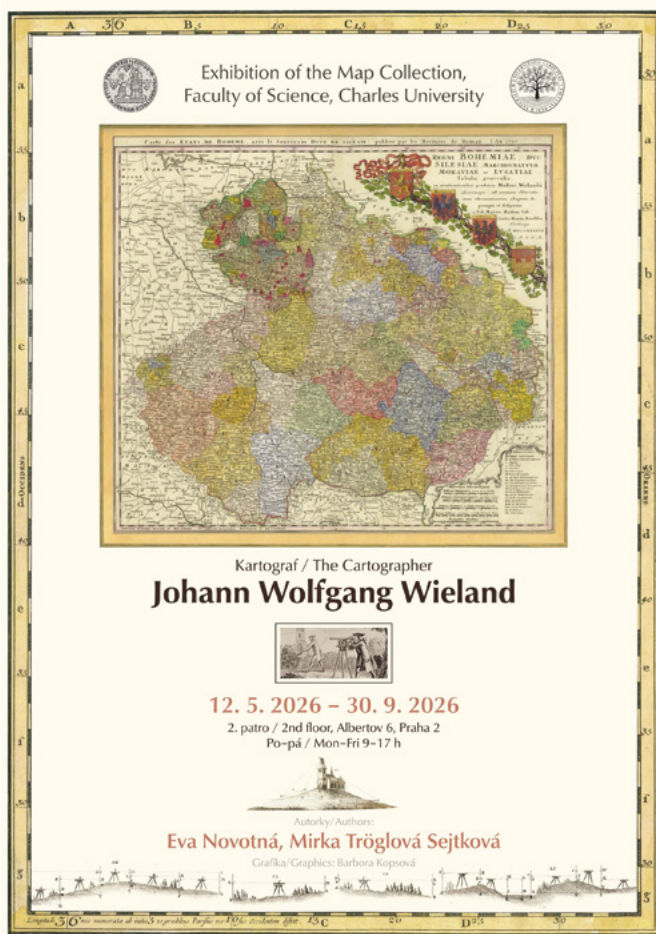
V květnu byla slavnostně zahájena nová výstava v Mapové sbírce PŘF UK, která nese název *Kartograf Johann Wolfgang Wieland*. Její dominantou je Střední mapa Čech z roku 1726, kterou Johann Wolfgang Wieland vytvořil zmenšením monumentálního Müllerova díla (1720), přičemž zachoval původní členění na 25 sekcí i precizní rytecké práce augsburských mistrů. Expozice nabízí jedinečný pohled na technickou, kartografickou i estetickou stránku tohoto díla, které se využívalo další století. Mapa vyniká nejen svou přesností a obsahem, ale i bohatou uměleckou výzdobou, na které se podíleli významní barokní mistři jako byl Václav Vavřinec Reiner.

Výstava se soustředí také na Wielandovo úsilí o vytvoření prvního systematického státního mapového díla Slezska. Wieland, jako nástupce slavného J. K. Müllera, byl tímto úkolem pověřen císařem Karlem VI. Navzdory nepřízní počasí, neschůdnému terénu a vleklým finančním sporům dokázal za pouhých jedenáct let zmapovat území o rozloze 43 000 km². Zajímavostí je, že jeho práce narážela na odpor. Místní obyvatelé i úřady totiž měření často sabotovali v obavě, že nové přesné mapy poslouží jako podklad pro další zvýšení daní z jejich pozemků a hospodářských objektů.

Expozice představuje dobové metody měření, od používání měřických řetězců až po pokročilá astronomická pozorování pomocí velkého kvadrantu, který si Wieland sám zkonstruoval. Kromě kartografických skvostů osvětluje i dramatické dějiny Slezska v rámci Koruny české a habsburské

monarchie, včetně dopadů slezských válek na územní celistvost oblasti. Výstavu doplňují vzácné rukopisné kopie a vojenské mapy ze sbírek Přírodovědecké fakulty UK.

Výstava sleduje Wielandovu životní dráhu až k jeho předčasné smrti ve Vídni roku 1736. Nedožil se tedy vydání slavného Atlasu Slezska (*Atlas Silesiae*) z roku 1750, který po desetiletí zůstal nepřekonaným kartografickým standardem. ●



Termín konání: 12. 5. 2026 – 30. 9. 2026

Místo: 2. patro, Albertov 6, Praha 2

Otevírací doba: pondělí–pátek,
9:00–17:00 h (vstup volný)

Autorky: Eva Novotná, Mirka Tröglová Sejtková



Kudy kráčela věda

Česká krajina je obsáhlým a živým archivem poznání

Výpravná kniha *Stezkami přírodovědného poznání* nabízí jedinečný pohled na dějiny přírodních a exaktních věd v českých zemích – prostřednictvím míst, která nesou stopy vědeckého objevování, lidské zvědavosti i kulturní paměti. Publikace navazuje na interaktivní mapu i putovní výstavu z projektu Živá mapa, avšak v tištěné podobě přináší mnohem víc: poutavý experimentující texty a obrazy na hranici kulturní historie, naučné eseje a terénního průvodce.

Dvanáct tematických kapitol zve čtenáře na cesty napříč krajinou a staletími: od rozhleden, z nichž sledujeme proměny kartografie, přes astronomické a kosmologické znalosti na Starém Městě pražském či geologické příběhy pozorované „oknem vlaku“, až po krkonošskou botaniku, aristokratická sídla nebo proměny lednicko-valtického areálu, kde se setkává svět ptáků a lidí. Nechybí ani zastavení u osobností jako byli Barrande, Mendel či vizionáři baťovského



Zlína. Každé z více než stovky zastavení propojuje konkrétní místo se širšími vědeckými, kulturními i civilizačními souvislostmi.

Bohaté ilustrace a mapy spolu s důrazem na různorodé vědecké přístupy činí z knihy inspirativního společníka

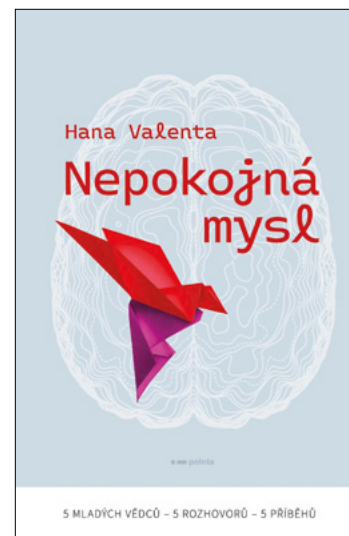
pro čtení v křesle i pro vlastní výpravy do terénu. Stezkami přírodovědného poznání je pozvánkou k fascinujícímu objevování světa, v němž se česká krajina ukazuje jako živý archiv poznání a věda jako stejně samozřejmá součást našeho kulturního dědictví jako literatura, architektura či umění. ●

V hlavě vědce

Bádání, experimenty a to ostatní

Znáte nějakého vědce? Víte, co dělá a co se mu honí hlavou? Nahlédněte do života a myslí pěti mladých vědců z evropských univerzit. Lucas, Alfred, Clara, Pauline a Esmée se s vámi v rozhovorech a příbězích podělí o svou každodenní rutinu, radosti i starosti. Usilují o doktorát v oboru přírodních věd a inženýrství nebo ho čerstvě získali. Jsou chytří a plní nápadů, věda je pro ně vším. Ale není to vlastně málo?

Autorka knihy Hana Valenta je biochemička, absolventka Přírodovědecké fakulty UK, kterou fascinují fluorescenční mikroskopy či proteiny. Vedle vědeckého výzkumu se dlouhodobě věnuje popularizaci vědy – organizovala Dny vědy na univerzitě, výstavy i výuku dětí v letní škole. *Nepokojná mysl* je její první vydanou knihou. Ta by měla dle jejích slov čtenářům přinést „osobní pohled do zákulisí akademického světa, který není jen o experimentech a bádání, ale především o lidech“. ●



Na mnoha místech se Afrika od dob legendární výpravy Zikmunda a Hanzelky příliš nezměnila. Vulkán Tosa Suca v jižní Etiopii. Foto Š. Dvořák



Afrika snů, těžby a narušeného prostředí

TEXT KRYŠTOF VERNER

FOTO ŠTĚPÁN DVOŘÁK A VOJTĚCH ETTLER

Dny kolonialismu jsou dávno pryč, africký kontinent ovšem stále představuje pro zbytek světa lákavé místo, kde lze s nízkými náklady (často ovšem za nemalého rizika) hodně získat. Dnes už samozřejmě nejde zdaleka jen o slonovinu či rohy nosorožců (byť i ty stále jsou na černém trhu cennými komoditami), bohatství se skrývá pod zemí – kobalt, platina, mangan, lithium, uran, zlato a další nerostné suroviny nezbytné například pro výrobu baterií, přitahují pozornost na západě i na

východě. Moderní průmysl je na těchto surovinách závislý a příliš nehledí na to, odkud a za jakých okolností byly získány. To se týká západních zemí, ale v daleko větší míře Číny, která v některých zemích (např. v Zambii) léta upevňuje svůj vliv a využívá ho k exploataci místních zdrojů. V Africe jsou navíc přednosti těžby a zpracování kromě levné pracovní síly také nízké, ne-li nulové, náklady na ekologická opatření, ať už jde o zplodiny z provozu či sanace a rekultivace. Na některých místech se tak Afrika stále

podobá snovým krajinám slavných cestovatelů, přibývá však míst, které nápadně připomínají Tolkienův Mordor. České geologické expedice mají v Africe mnohaletou tradici. V posledních letech se jejich významným cílem zaměřeným na výzkum aktivního vulkanismu, tektoniky a strategických nerostných surovin stala mimo jiné Etiopie. Zdejší geologické prostředí dobře odráží propojení mezi nerostným bohatstvím, energetikou a rostoucím geopolitickým významem Afriky. ●

Jezero Magadi v jižní Keni má silně alkalickou slanou vodu a je nápadně červeně zbarvené v důsledku vysoké koncentrace řas. Oblast je zároveň využívána k těžbě sody (uhličitanu sodného). *Foto Š. Dvořák*



◀ Struskové kužely jsou jedním z nejčastějších vulkanických úkazů v Etiopii. Vznikají při explozivních erupcích strombolského typu podél Východoafrického příkopu (riftu). Tyto strmé kuželovité kopce jsou tvořeny volně sypanou tmavou lávovou struskou a poskytují vědcům klíčové poznatky o aktivní tektonické činnosti v regionu. *Foto Š. Dvořák*

Solné pláně oblasti Dallol v Etiopii jsou výsledkem opakovaných transgresí moře a následného odpařování minerálně bohatých roztoků v extrémně horkém prostředí. *Foto Š. Dvořák*



► Z odkališť flotačních odpadů v Selebi Phikwe v Botswaně vytéká kyselá voda plná toxických prvků. V těchto místech se nacházejí milióny tun těchto odpadů z těžby nikl-mědných rud. *Foto V. Ettlér*

►► Haldy a trubky: těžba měděných rud pomocí kyselého loužení na hromadách (tzv. „heap leaching“) v Tschudi v Namibii. Měď se z kyselých roztoků získává následnou elektrolytickou rafinací. *Foto V. Ettlér*

►►► Kansanshi – jeden z největších povrchových dolů na měď na africkém kontinentě (Solwezi, Zambie). Měď se zde těží pravděpodobně už od 4. století n. l. *Foto V. Ettlér*



Písečné duny postupně pohlcují opuštěnou těžební oblast Kolmanskop v Namibii, která vznikla během diamantové horečky na počátku 20. století. Foto Š. Dvořák



Kontinenty v pohybu

Kdy začala tektonika planety Země fungovat tak, jak ji známe dnes



2x foto archiv Filipa Tomka

Zemský povrch, ačkoliv se to na první pohled nezdá, je v neustálém pohybu. Litosféra, pevná vnější slupka planety, je rozlámaná do litosférických desek, které se po stovky milionů let pomalu posunují, narážejí na sebe a podsouvají jedna pod druhou. Tento proces, nazývaný desková tektonika, je tím, co pohání sopky, zemětřesení a vznik a zánik hor i oceánů.

Teorie deskové tektoniky se etablovala v 60. letech 20. století. Tehdy vědci konečně pochopili, proč do sebe obrysy kontinentů pasují jako puzzle, proč jsou sopky a zemětřesení soustředěné v úzkých pásech na mapě světa a proč v hloubce oceánů existují gigantické podmořské hřbety. Dodnes se ovšem vedou bouřlivé vědecké spory o to, kdy tento proces vlastně začal. Odhady se pohybují v ohromujícím rozmezí, od doby před více než 4 miliardami let až po zhruba 800 milionů let. Problém je v tom, že klíčové horniny starší než 2 až 3 miliardy let, které tyto procesy

pravděpodobně zaznamenávají, jsou vzácné a silně přepracované právě deskovou tektonikou.

Jedním z důkazů, že se litosférické desky pohybovaly horizontálně, jsou pásy vysokých hor, které vznikají při kolizi dvou litosférických desek. Některá horská pásma jsou navíc kvůli rotaci kolem svíslé osy zakřivena do tvaru písmene U. Vznik této tzv. orokliny nelze vysvětlit jinak než horizontálním pohybem desek, a je tedy přímým dokladem deskové tektoniky.

Tým geologů pod vedením profesora Jiřího Žáka z Přírodovědecké fakulty UK spolu s vědci z Geologického ústavu AV ČR a České geologické služby nyní v mezinárodním časopise *Precambrian Research* publikoval studii, v níž vědci prokázali, že horniny v srdci kanadského štítu Superior Province nesou stopy procesu, jenž je přímým otiskem pohybu litosférických desek a je starý 2,7 miliardy let.

Výzkum se zaměřil na strukturněgeologické mapování a analýzu magnetických vlastností hornin spolu s publikovaným stářím hornin. Výsledky jednoznačně ukázaly, že horské pásy studované oblasti byly postupně ohýbány a skládány kolem svíslé osy v době přibližně před 2,68–2,66 miliony let. Celý proces trval asi 20 milionů let a horniny se během něj posunuly nejméně o 540 kilometrů. Vypočtená rychlost pohybu, zhruba 2,9 centimetru za rok, přitom odpovídá dnešním rychlostem pohybu litosférických desek. Oroklina vznikla jako důsledek podsouvání oceánských pánví a nakonec kolize celých litosférických bloků v rámci postupného spojování prastarého superkontinentu Superia. Jediný dřívější doložený případ orokliny z prekambria se stářím přibližně 1,87 miliardy let pochází ze Skandinávie. Nově popsaná oroklina je tedy o téměř 800 milionů let starší. ●

STUDIE VZNIKLA ZA PODPORY GRANTOVÉ AGENTURY ČESKÉ REPUBLIKY (PROJEKTY Č. 19-08066S A Č. 25-16420S) A PROGRAMU COOPERATIO UNIVERZITY KARLOVY A INSTITUCIONÁLNÍ PODPORY GEOLOGICKÉHO ÚSTAVU AV ČR.

Po stopách jihočeského grafitu

Jižní Čechy mají významnou, ale lehce zapomenutou těžební historii

PETR SOUČEK



horečka). V sedmdesátých letech 19. století pracovalo v jihočeských grafitových dolech na 1 000 havířů a velmi silnou pozici v produkci grafitu mělo Československo ještě ve 20. letech století dvacátého.

Místa těžby grafitu dnes nejsou přístupná – s jedinou výjimkou, kterou je Český Krumlov. Jedná se konkrétně o důl Městský vrch. V nevelké vzdálenosti od turisticky přetíženého centra, poblíž hlavní silnice směrem na Kájov, byla před necelými dvaceti lety zpřístupněna štola, která vznikla vlastně teprve nedávno – těžít se v ní začalo v roce 1975 a dolování trvalo jen necelých třicet let. Během této doby bylo vyraženo přes 13 km chodeb v hloubce 30–60 metrů. Důl je s ohledem na stáří v celkem dobrém stavu a zachovalé jsou i koleje pro důlní vláček, kterým se návštěvníci část trasy (cca 1,2 km) svezou. Zbytek cesty (800 m) pak musí po svých. Důl provozuje společnost Grafitový důl Český Krumlov a pro veřejnost je otevřen od června do září (po domluvě také v květnu a říjnu). Prohlídka trvá zhruba 70 minut a v létě dobře poslouží i k ochlazení – teplota zde nepřesahuje 12 °C a při návštěvě je třeba s tím počítat.

K výrobě tužek by ovšem samotný grafit nestačil. Tuha vzniká teprve smísením s kaolinem, podle požadované tvrdosti v různém poměru. Asi nepřekvapí, že se poblíž Českých Budějovic nachází i bývalý kaolinový důl Orty, který je nejrozsáhlejším kaolinovým podzemním důlním dílem v Česku. Ten veřejnosti zatím z bezpečnostních důvodů přístupný není, nicméně intenzivně se na tom pracuje. Otevřít by se měl v roce 2028. ●

Když se řekne grafit, většinu z nás jako první věc pravděpodobně napadne tužka. To je myšlenka zcela správná, byť z hlediska průmyslového využití již poněkud zaprášená. Dnes je totiž grafit zásadním materiálem například při výrobě lithiumiontových baterií (grafitové anody) a nalezneme ho v jaderných reaktorech (grafitové tyče) nebo v metalurgickém průmyslu (tavicí nádoby, vyzdívky pecí). Je to zkrátka materiál pro technologie budoucnosti, a i proto ho EU už v roce 2011 zařadila na seznam tzv. kritických surovin.

Tužkárenský průmysl byl ovšem prvním, kvůli kterému se grafit začal ve velkém těžít a aktivně vyhledávat. Hlavní centra těžby se nacházela v jižních Čechách – v Českém Krumlově, u Černé v Pošumaví a poblíž Netolic. Není proto náhoda, že si Josef Hardtmuth vybral za sídelní město své firmy Koh-i-noor právě jihočeskou metropoli České Budějovice. V průběhu 19. století se české země postupně staly druhým největším producentem grafitu na světě (po Cejlonu) a největším v Evropě (v roce 1846 propukla dokonce tzv. grafitová

Zákeřné podpovrchové eroze

Čeští geologové odhalili původ nebezpečných trhlin v Etiopském riftu

JAN VALENTA

Unikátní český geologický výzkum v Etiopii objasnil příčiny podpovrchové eroze označované jako sufoze, která vede ke vzniku nebezpečných zemních trhlin v oblasti Etiopského riftu, jedné z nejvýraznějších geologicky aktivních oblastí světa. Na mnoha místech se zde objevují dlouhé a hluboké trhliny v zemi. Některé jsou široké jen několik metrů, jiné se táhnou krajinou stovky metrů až kilometry. Vznikají často náhle a představují vážné riziko pro domy, silnice, pole, stáda i samotné obyvatele. Na první pohled by se mohlo zdát, že podobné pukliny jsou přímým důsledkem zemětřesení. Studie českých a etiopských geologů však ukazuje na mnohem složitější příběh.

Hlavní roli zde hraje kombinace tektoniky, sopečných usazenin a vody. Etiopský rift je oblast, kde se zemská kůra dlouhodobě roztahuje. V horninách proto vznikají zlomy a pukliny, které oslabují podloží a zároveň určují směr, jímž se budoucí trhliny šíří. Samotné náhlé otevření povrchu však většinou nespouští zemětřesení, ale proces označovaný jako „piping“ – podzemní eroze způsobená proudící vodou.

Během období silných dešťů voda prosakuje do málo soudržných sopečných sedimentů. Ty jsou velmi pórovité, propustné a obsahují jen malé množství jílu, který by je jinak zpevňoval. Pod nimi se často nachází pevnější a méně propustná vrstva, například ryolitový ignimbrit nebo bazaltový lávový proud. Voda se proto hromadí a soustředěně proudí právě na tomto rozhraní. Postupně odnáší jemný materiál, vytváří podzemní dutiny a tunely a oslabuje jejich strop.



Foto Kryštof Verner

Na povrchu se tento proces nejprve projeví sérií malých propadů nebo závrtů. Ty se mohou časem propojit do jediné dlouhé lineární trhliny se strmými stěnami. Když se strop podzemní dutiny zhroutí vlivem dešťů nebo i slabšího zemětřesení, může být kolaps velmi rychlý. Právě tato náhlost činí z trhlin nebezpečný přírodní jev.

Významným výsledkem studie je možnost určit rizikové oblasti ještě předtím, než se trhliny otevřou. Vědci zjistili, že nebezpečná místa vykazují vysokou seismickou anizotropii, tedy rozdíly v rychlosti šíření seismických vln v různých směrech. To ukazuje na silně rozpukané a oslabené zóny, kudy může snadno proudit voda. Pokud se taková zóna kombinuje s propustnými

sopečnými sedimenty a nepropustnou vrstvou v podloží, riziko vzniku trhlin výrazně roste.

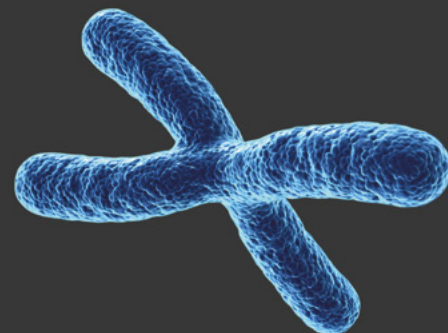
Studie (viz QR kód) tak nepřináší pouze vysvětlení původu etiopských zemních trhlin, ale také praktický návod, jak mapovat ohrožená území. To je důležité zejména tam, kde se rozšiřují sídla, staví silnice nebo vzniká nová infrastruktura. Včasné rozpoznání nebezpečných lokalit může pomoci předejít škodám i ztrátám na životech. ●



Nový workshop v Hrdličkově muzeu člověka



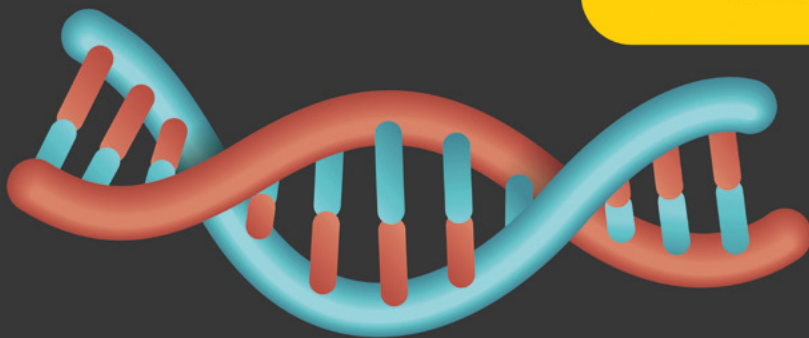
Kód života



Seznamte žáky poutavou formou se základy dynamicky se rozvíjejícího oboru – **genetiky**. Prozkoumejte okem neviditelný základ života – **strukturu DNA v buňce**.

Jak DNA kóduje a umožňuje život na Zemi? Jak se genetika promítá do našeho každodenního života a proč je důležité jí rozumět?

Workshop **Kód života** je edukativně-badatelský program zaměřený na **moderní pojetí výuky genetiky** v kontextu antropologie a preventivní medicíny. Kombinuje teoretické poznatky s kritickým myšlením, aktivizačními metodami a týmovou argumentací.



Spolufinancováno
Evropskou unií



15. JUNIORSKÁ VĚDECKÁ KONFERENCE



Baví tě poznávat, zkoumat a bádat?

Je ti 10-19 let a zajímají tě přírodní nebo technické vědy?
Tak se přihlas na konferenci, kde si vyzkoušíš roli vědce
a podělíš se o své poznatky s dalšími nadšenci.

Registrace od 1. 9. na www.prirodovedci.cz



Přírodovědecká fakulta
Univerzita Karlova



PŘÍRODOVĚDCI.CZ



Neuron
NADACE NA PODPORU VĚDY



Ekologická
výchova v Praze

