**Ranské anortozity na hvězdárně v Hradci Králové Miloš Boček**

Od roku 2019 je v planetáriu a na hvězdárně umístěno pro didaktické účely několik vzorků pozemského anortozitu, horniny vyskytující se hojně na Měsíci. Již před patnácti lety byl v lesním komplexu na nejjižnějším okraji Železných hor, jižně od obce Staré Ransko v okrese Havlíčkův Brod, objeven balvan vhodné velikosti (obr. 1), který by navíc nebylo nutné pro potřeby vystavení dále upravovat. Tento balvan se však po tolika letech nepodařilo znovu nalézt, přestože místo, kde byl naposledy viděn, bylo jasně identifikováno. V záloze však naštěstí zůstalo několik málo dalších podobných balvanů a kamenů, z nichž některé byly nakonec pro expozici vybrány, dovezeny a rozlomeny na několik dílů, aby na čerstvém lomu vyniklo jeho minerální složení.[[1]](#footnote-1)

Anortozity[[2]](#footnote-2) a jim blízce příbuzné horniny (noritické anortozity, gabroanortozity; anortozitická gabra, anortozitické gabronority a anortozitické nority)[[3]](#footnote-3) jsou převládající horniny svrchní měsíční kůry. Při pohledu na povrch Měsíce je vidíme jako prastaré světlé „pevniny“, obklopující plošně méně rozlehlá mladší tmavá „moře“ (jež jsou tvořená bazalty). Anortozity představují nejstarší měsíční horniny krystalizované z původního globálního magmatického oceánu brzy po samotném vzniku Měsíce před 4,5 až 4,4 miliardami roků. Proto se jim také říká *primordiální* anortozity. Z mineralogického hlediska jsou anortozity budovány z více než 90 % sodnovápenatými živci, tzv. plagioklasy[[4]](#footnote-4), na Měsíci konkrétně silně bazickým a silně vápenatým anortitem (pravděpodobně vlivem ztráty volatilních prvků včetně alkalických kovů před nebo během měsíční akrece). Zbytek jejich složení tvoří tmavé minerály, zejména pyroxeny (převládají železnato-hořečnaté kosočtverečné nad vápenatými jednoklonnými) a olivín. Vtroušeně (stopově) se v měsíčních anortozitech objevují spinel, ilmenit, chromit, ryzí Fe–Ni kov, troilit.

Na Zemi jsou anortozity velmi vzácné, jen v některých oblastech starých štítů tvoří plošně rozlehlejší intruzivní tělesa. Bývají obvykle o dost mladší než na Měsíci a také jejich geneze je značně odlišná.

Rozlišujeme dva hlavní typy pozemských anortozitů, pocházející z různých geologických období. Málo zastoupené *archaické* (prahorní), jež vznikaly ponejvíce před 3,2 až 2,6 miliardami roků, se chemickým složením blíží těm měsíčním.[[5]](#footnote-5) Hojnější *proterozoické* (starohorní) anortozity vznikaly v širším časovém rozmezí, v období před 2,5 miliardami až 550 milióny roků, valná většina však mezi 1,8 až 1,1 miliardou roků. Chemicky mívají obecně méně bazický charakter: z plagioklasů v nich často převládá labradorit; někdy dokonce andezín, který je ještě kyselejší — takové anortozity tedy už bazicitou neodpovídají gabrům, ale dioritům. Známe je jednak v podobě malých plutonů, ale zejména coby rozsáhlé intruze v kontinentální kůře, o rozloze až několik tisíc km2.

Anortozity rozličného stáří tvoří v menších objemech také různě mocné kumulátové polohy ve zvrstvených mafických komplexech (stratiformních intruzích) nebo koncentricky zonálních mafických komplexech. Kromě toho se vyskytují jako ostře ohraničené tenké vrstvičky v gabrech oceánských ofiolitů[[6]](#footnote-6) a drobné inkluze v jiných vyvřelých horninách (ať už jako xenolity dříve zmíněných typů, nebo jako plagioklasové akumulace geneticky spjaté s hostitelskou horninou, tj. vzniklé z téhož původního magmatu).

Rozdílů mezi měsíčními a pozemskými anortozity je ovšem více. Stručně je shrnujeme v následujícím přehledu:

**měsíční anortozity** **pozemské anortozity**

**stáří:** velmi staré (téměř jako Měsíc) různé, prekambrické (archaické a proterozoické) až kenozoické (terciérní = třetihorní a patrně i kvartérní = čtvrtohorní)

**chladnutí magmatu:** od povrchu magmatického oceánu v různé hloubce zemské kůry

**makroskopické znaky:** jemnozrnnější; vždy světlá barva (daná čistotou anortitu);

většinou jako součást regolitových impaktních brekcií se znaky šokové přeměněny

po intenzivním meteoritickém bombardování (zachovaná původní vyvřelá

struktura je spíš vzácná) hrubozrnnější; obecně tmavší barva (daná inkluzemi oxidů železa a titanu v plagioklasech a tmavými minerály)

**minerální složení:** téměř monominerální (obsah plagioklasů se blíží 100 %);

tmavé minerály neobsahují vodu, resp. hydroxylovou skupinu OH;

nejsou přítomny sekundární minerály vzniklé hydrotermální přeměnou pestřejší (více tmavých minerálů); mohou být přítomny tmavé primární minerály (amfiboly, biotit) i různé sekundární minerály nebo jejich směsi (saussurit, fylosilikáty, serpentin) obsahující hydroxylovou skupinu OH

**chemismus plagioklasů:** bazičtější, více vápníku (zcela převládá anortit) kyselejší, více sodíku (od andezínu po bytownit, případně anortit)

V naší republice se anortozity vyskytují zcela ojediněle a jen v nepatrném množství. Nevytvářejí samostatná geologická tělesa, ale objevují se jen jako místní magmatické diferenciáty v jiných gabroidních horninách. Vystavené kameny pocházejí z *ranského gabro–peridotitového masívu*[[7]](#footnote-7) — malého komplexu magmatických hlubinných bazických a ultrabazických hornin o rozloze asi 10 km2. Tento kvazi-koncentricky zonální masív vznikl pravděpodobně zhruba před 500 až 550 milióny roků, čili na začátku paleozoika (prvohor) v období kambria. I v ranském masívu však mají anortozity jen podružné zastoupení – nalézáme je pouze v podobě menších poloh mezi olivínovými gabry a jako lokální magmatické kumulátové odmíšeniny v troktolitech a plagioklasových peridotitech.

Převládající světlejší části horniny (nad 90 % objemu) tvoří středně až hrubě zrnitý bazický plagioklas, jenž je dokonale štěpný: na pohled jeho světle až tmavě namodrale šedá zrna často tvoří skelně lesklé rovné plošky, které se při dopadu a odrazu světla naráz „rozsvítí“. Jde především o bytownit, který se svou bazicitou blíží anortitu (méně často naopak kyselejšímu labradoritu). Hnědé a černé šmouhy a zrna zaujímají bazické tmavé minerály, hlavně olivín (jeho zrna jsou nedokonale štěpná nebo prakticky neštěpná), méně pyroxeny (vápenaté jednoklonné silně převládají nad železnato-hořečnatými kosočtverečnými) a z amfibolů zejména aktinolit (obojí jsou štěpné), někdy biotit. Akcesoricky bývají v ranském anortozitu přítomny oxidy skupiny spinelidů (magnetit, titanmagnetit, spinel, chromit), sulfidy (pyrit, pyrhotin, chalkopyrit), oxidy titanu ilmenit a rutil, aj.

Některá minerální zrna v hornině druhotně podlehla pozdně magmatickým nebo postmagmatickým nízkoteplotním hydrotermálním přeměnám, což na Měsíci nemůže nastat. Tmavý olivín tak v různé míře postihla serpentinizace, takže místy jeho zrna po štěpných trhlinkách prorůstají nebo je až zcela nahrazují minerály skupiny serpentinu. Bazické plagioklasy zase zčásti poznamenala saussuritizace, pročež jsou některé z nich nahrazeny bledě šedozelenou celistvou směsí (vlastně agregátem drobných krystalků, tvořících pseudomorfózy po bazických plagioklasech) jednak minerálů zoisit–epidotové skupiny, jako jsou zoisit, klinozoisit a epidot, a jednak sodného plagioklasu albitu a dále sericitu, kalcitu, křemene a případně skapolitu a aktinolitu. Navětralý světlejší, jakoby zakalený povrch kamenů v místech, kde nejsou čerstvě rozlomeny, vznikl rozkladem plagioklasů na sekundární jílové minerály (kaolinit, illit).

V okrajových partiích některých vzorků, kde tmavé minerály mírně přesahují 10 % objemu, přechází hornina do olivínového gabroanortozitu až olivínového anortozitického gabra.

viz obr. z úschovny

Titulní strana — Anortozitový kámen o rozměrech 20 × 15 × 10 cm, umístěný v planetáriu v Hradci Králové. Foto autor.



Obr. 1 — Pohled zblízka na balvan anortozitu *in situ*, který měl být k expozici v planetáriu nebo na hvězdárně původně použitý a který z ranského lesního komplexu poněkud záhadně „zmizel“. Foto Jiří Smejkal (2008).



Obr. 2 — Ukázka několika dalších vzorků ranského anortozitu. Tmavé minerály zde tvoří především olivín. Foto autor.



Obr. 3 — Větší balvan anortozitu (z různých stran) *in situ* z jihozápadní části komplexu, o rozměrech 1,2 × 0,7 × 0,8 m, vážící téměř dvě tuny. Ten by se ovšem do budovy planetária dopravoval obtížně… Foto autor.

[1] Ashwal, L. D. *The temporality of anorthosites.* The Canadian Mineralogist, **48** (4), s. 711–728, 2010.

[2] Hawke, B. R., Peterson, C. A., Blewett, D. T., Bussey, D. B. J., Lucey, P. G., Taylor, G. J., Spudis, P. D. *Distribution and modes of occurrence of lunar anorthosite.* Journal of Geophysical Research, **108**, E6, s. 5050, 2003.

[3] Cháb, J., Breitr, K., Fatka, O., Hladil, J., Kalvoda, J., Šimůnek, Z., Štorch, P., Vašíček, Z., Zajíc, J., Zapletal, J. *Stručná geologie základu Českého masivu a jeho karbonského a permského pokryvu.* Praha: ČGS, 2008.

[4] Mísař, Z., Duda, J., Holub, M., Pokorný, J., Weiss, J. *The Ransko gabro–peridotite massif and its mineralization (Czechoslovakia).* Praha: Univerzita Karlova, 1974.

[5] Mísař, Z., Dudek, A., Havlena, V. *Geologie ČSSR I. Český masív.* Praha: SPN, 1983.

[6] Namur, O., Charlier, B., Pirard, C., Hermann, J., Liégeois, J.–P., Auwera, J. V. *Anorthosite formation by plagioclase flotation in ferrobasalt and implications for the lunar crust.* Geochimica et Cosmochimica Acta, **75**, s. 4998–5018, 2011.

[7] Warren, P. H. *Lunar anorthosites and the magma–ocean plagioclase–flotation hypothesis: Importance of FeO enrichment in the parent magma.* American Mineralogist, **75**, s. 46–58, 1990.

[8] *Wikipedia.* *Anorthosite* [online]. [cit. 2019-01-01]. < <https://en.wikipedia.org/wiki/Anorthosite> >.

1. Původní úmysl rozštípnout jeden větší balvan jen na dva díly a instalovat se vedle sebe se nepodařil uskutečnit vinou jeho značné rozpraskanosti. Rozpadl se na spoustu drobných kamenů a zbyl pouze jeden o přijatelné velikosti (viz titulní obr.). [↑](#footnote-ref-1)
2. Jde obecně o horninu magmatickou (vyvřelou) intruzivní (plutonickou, hlubinnou), leukokrátní (s převahou světlých minerálů), bazickou, patřící do skupiny gabra (pozemské anortozity však mohou zasahovat i do skupiny dioritu, neboť mohou být až intermediálního chemismu – viz dále). [↑](#footnote-ref-2)
3. Podrobnější informace o těchto a dalších horninách, zmíněných níže v textu, si čtenář připomene ve speciálu Povětroně S1/2006. [↑](#footnote-ref-3)
4. Plagioklasy představují skupinu trojklonných sodnovápenatých alumosilikátů, které z chemického pohledu tvoří izomorfní řadu (tj. takřka neomezeně či dokonale mísitelnou směs jednotlivých minerálů) s koncovými členy sodným albitem (90–100 % NaAlSi3O8, 0–10 % CaAl2Si2O8) a vápenatým anortitem (0–10 % NaAlSi3O8, 90–100 % CaAl2Si2O8). Přechodovými členy jsou oligoklas (70–90 % NaAlSi3O8, 10–30 % CaAl2Si2O8), andezín (50–70 % NaAlSi3O8, 30–50 % CaAl2Si2O8), labradorit (30–50 % NaAlSi3O8, 50–70 % CaAl2Si2O8) a bytownit (10–30 % NaAlSi3O8, 70–90 % CaAl2Si2O8). Z hlediska bazicity patří albit, oligoklas a andezín mezi živce acidní – kyselé (mají více SiO2), zatímco labradorit, bytownit a anortit mezi bazické – zásadité (mají méně SiO2). To je obvyklé dvouskupinové třídění, méně často se navíc andezín a labradorit vylišují zvlášť mezi minerály intermediální – neutrální. [↑](#footnote-ref-4)
5. Uvažovalo se, že nejstarší z nich, s věkem okolo 3,7 miliard roků, snad dokonce mohou reprezentovat zbytky úplně původní oceánské zemské kůry, není to ale příliš pravděpodobné. [↑](#footnote-ref-5)
6. Ofiolitové komplexy představují zákonitou sekvenci bazických a ultrabazických magmatických hornin oceánské kůry, resp. litosféry; odspodu nahoru zahrnují: deformované, obvykle serpentinizované peridotity (odpovídající už nejsvrchnějšímu plášti), kumulátová až masivní gabra, roj doleritových žil, silně alterované („spilitizované“) polštářové lávy tholeiitických bazaltů. Vznikly převážně na středooceánských hřbetech a jejich relikty nacházíme v podobě tektonických ker (útržků nebo takřka úplných sérií těchto hornin) zapracovaných během uzavírání oceánů a následných kolizí kontinentů do kontinentální kůry (slouží tedy jako doklad zaniklých oceánů). Během orogenních procesů byly často metamorfovány až na serpentinity a zelené břidlice nebo amfibolity. [↑](#footnote-ref-6)
7. Z jeho východního okraje, přibližně 1 km jihojihozápadně od rybníka Řeka. [↑](#footnote-ref-7)