



Kroužek Elektronové mikroskopie na Biskupském gymnáziu Brno.

Svědkové dávných věků



*Na začátku našeho pátrání byl článek z roku 2014 o tom, jak je snadné najít mikrometeorit (Collection and observation of metal micrometeorites, in <https://www.microbehunter.com>). Odhaduje se, že na zemský povrch ročně dopadne 37 000 až 78 000 tun meteoritů. To se může zdát trochu vysoké číslo, ale drtivou většinu tohoto materiálu tvoří **mikrometeority**, což jsou prachové částice o průměru asi 50 μm až 2 mm. Odhaduje se, že na každý metr čtvereční dopadne ročně asi jeden mikrometeorit. To znamená, že přímo na vaši zahrádce, balkonu či terase se nachází pravděpodobně spousta mikrometeoritů!*

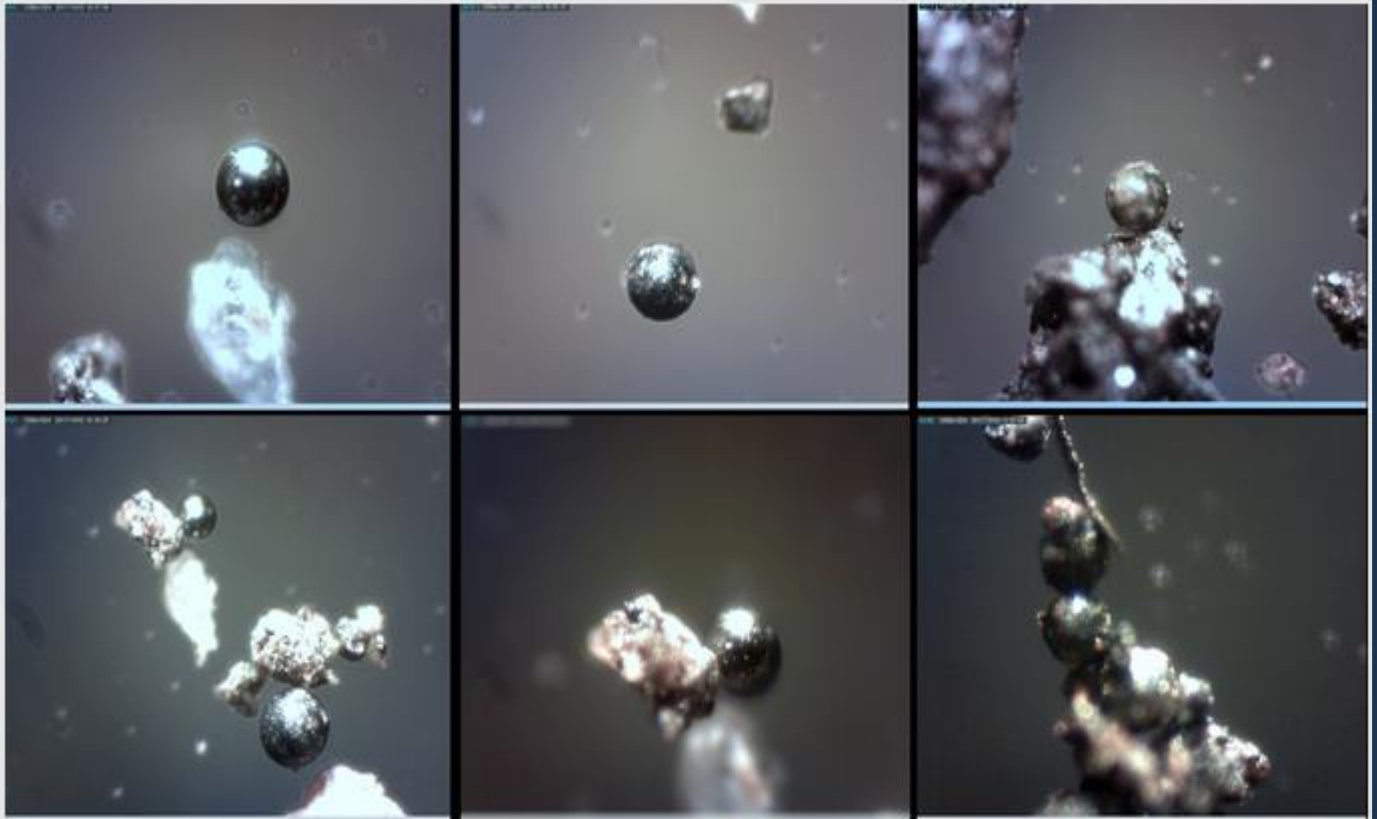


*Jon Larsen z projektu **Stardust** vybízí, aby se všichni pokusili nalézt svůj mikrometeorit.*

*Hledání mikrometeoritů začíná použitím dobrého magnetu. Potřebujete extrémně silný magnet (např. neodymový). A pak už je postup velmi jednoduchý. Tak jednoduchý, že jsme si ho hned sami odzkoušeli. Nevěřili byste, kolik magnetického materiálu najdete třeba v prachu na terase. A mezi ním se skutečně objeví řada kuliček. Proč nás zajímají kuličky? Protože při průletu mikročástic atmosférou dojde k jejich roztavení a povrchové napětí se již postará o vytvoření **kulového tvaru**. Takže kuličky jsme našli, ale nastal nový problém. Jsou to skutečně mikrometeority? Stejně kuličky mohou vznikat při svařování, broušení, ve spalovacích motorech a v řadě dalších spalovacích procesů. Jsou tedy naše kuličky původu vesmírného nebo pocházejí z lidské činnosti? Na to jsme nedokázali najít spolehlivou odpověď.*



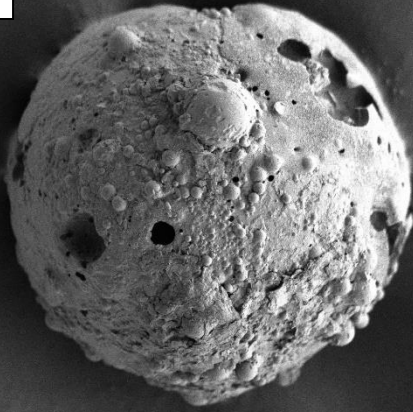
*V roce 2024 jsme získali lepší **elektronový mikroskop Teneo** a ten umí udělat i **prvkovou analýzu** preparátu. Znovu jsme se vrátili k hledání mikrometeoritů. Tentokrát jsme již dokázali říci, jaké je chemické složení nalezené kuličky, ale ani to nám nepomohlo najít odpověď na otázku, co je a co není mikrometeorit. Přemýšleli jsme, kde hledat mikrokuličky, abychom vyloučili částice pocházející z lidské činnosti. Jistě, jsou taková místa, například ledovce v Antarktidě, kde jsou mikrometeority uloženy ještě z dob, kdy lidská činnost nemohla způsobit kontaminaci. Ale kde hledat na místech, která by byla pro nás dostupná? Zkusili jsme i sběr materiálu na nejvyšší budově Brna – AZ Tower.*



Mikrometeority z červených permokarbonských usazenin Zámeckého kopce v Náchodě. Kovové kuličky z čistého železa a niklu představují pozůstatky materiálu z doby formování prvních planetek Sluneční soustavy a jejich stáří se blíží 4,5 miliardám let. Fotografováno mikroskopem při stonásobném zvětšení.

*Nakonec jsme narazili na internetu na článek pana učitele Ježka z Jiráskova gymnázia v Náchodě, ve kterém popisoval, jak se studenty sbírá v okolí Náchodu vzorky hornin (konkrétně **slepence z období permu**), ve škole je rozdrťí a ve vzniklém prachu nacházejí magnetické kuličky. To by mohlo být ono! V období permu (před asi 300 miliony let) určitě nemohly vzniknout lidskou činností.*

NA 5 021



7/8/2024 HV curr WD mag det HFW
10:32:08 AM 1.00 kV 25 pA 9.8 mm 1 500 x ETD 138 µm
Teneo Elmibigly

Barevným pruhem jsou odlišeny kuličky podobného chemického složení (viz tabulka na konci snímků).

NA 6 C



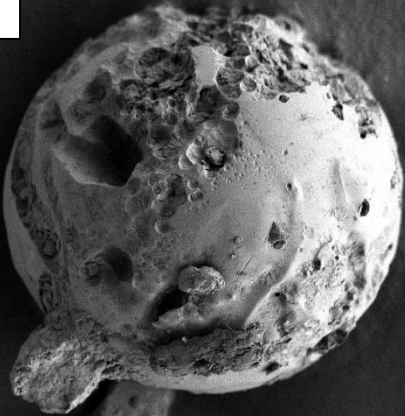
7/24/2024 HV curr WD mag det HFW
12:26:44 PM 1.00 kV 25 pA 9.3 mm 800 x ETD 259 µm
Teneo Elmibigly

NA 6 K



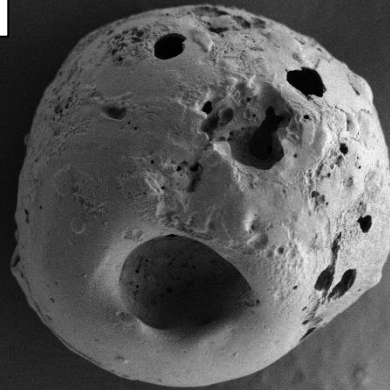
7/24/2024 HV curr WD mag det HFW
11:51:57 AM 1.00 kV 25 pA 9.3 mm 1 075 x ETD 193 µm
Teneo Elmibigly

NA 6 J



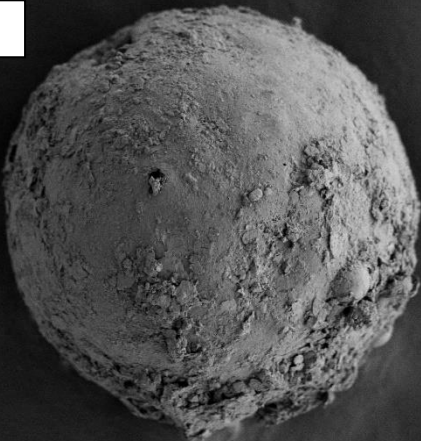
7/24/2024 HV curr WD mag det HFW
11:49:23 AM 1.00 kV 25 pA 9.3 mm 1 091 x ETD 190 µm
Teneo Elmibigly

NA 5 002



6/21/2024 HV curr WD mag det HFW
11:38:06 AM 1.00 kV 25 pA 10.2 mm 1 067 x ETD 194 µm
Teneo Elmibigly

NA 9



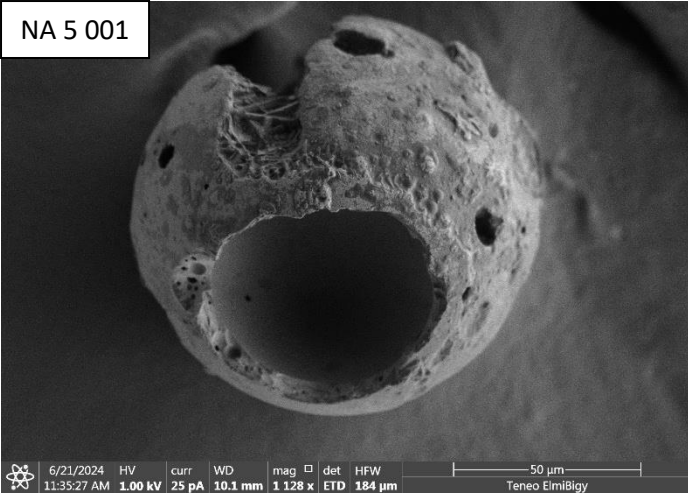
1/8/2026 HV curr WD mag det HFW
12:54:24 PM 1.00 kV 25 pA 9.5 mm 700 x ETD
Teneo Elmibigly

NA 6 H1

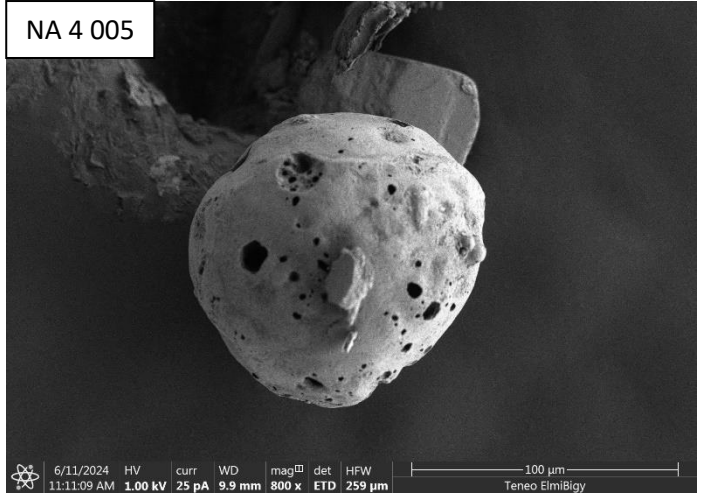


7/24/2024 HV curr det HFW
11:55:36 AM 1.00 kV 25 pA ETD 138 µm
Teneo Elmibigly

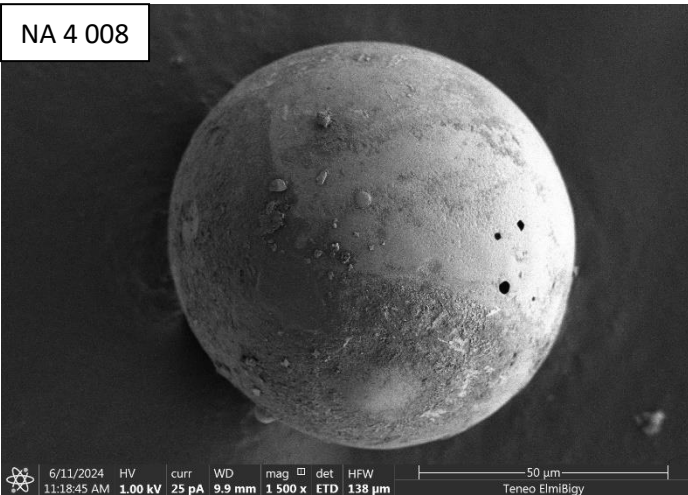
NA 5 001



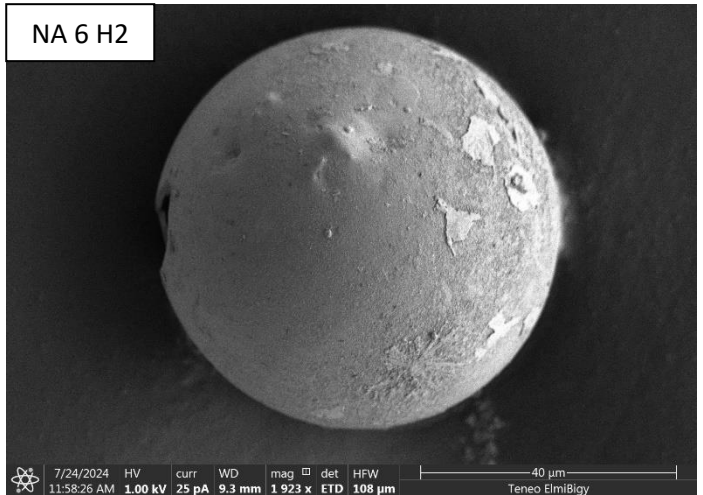
NA 4 005



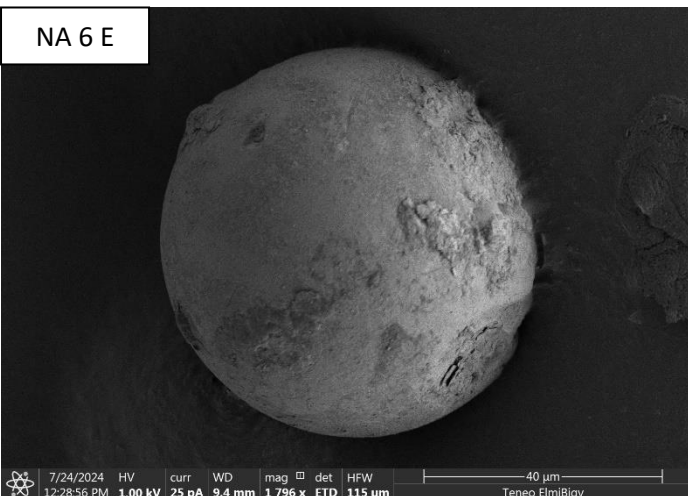
NA 4 008



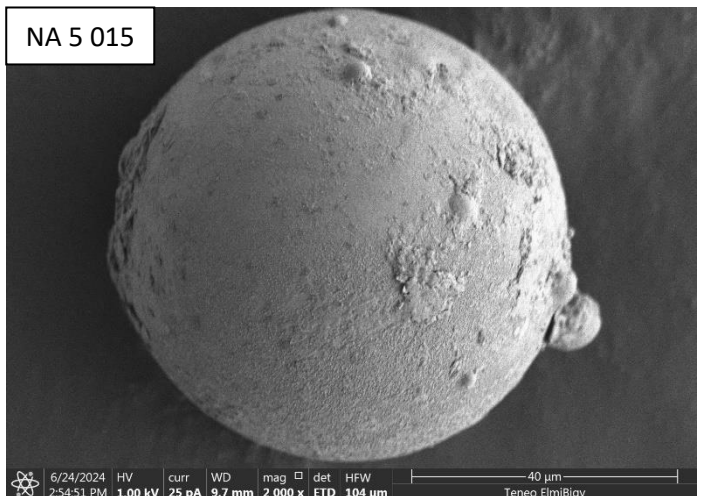
NA 6 H2



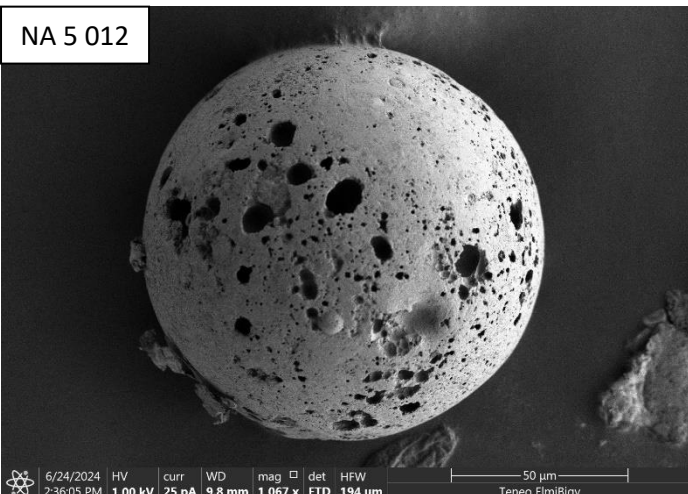
NA 6 E



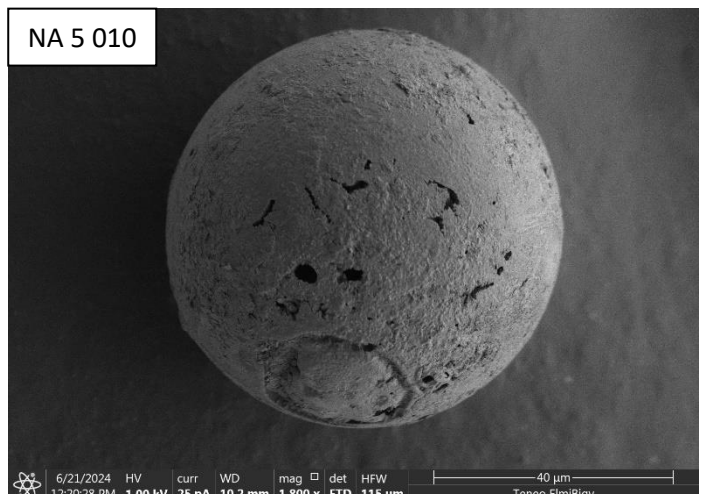
NA 5 015



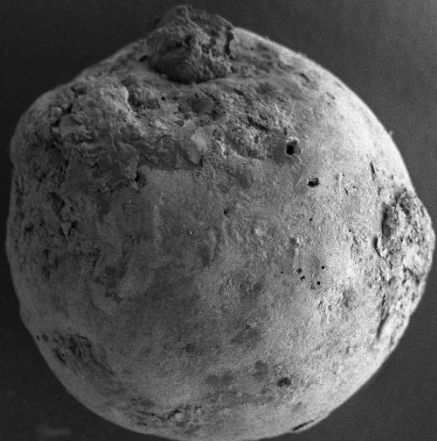
NA 5 012



NA 5 010

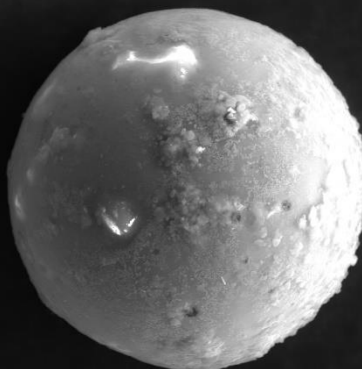


NA 6 F



7/24/2024 HV 1.00 kV 25 pA 9.3 mm 1.444 x ETD 143 μm Teneo ElmiBigy

NA 2 007



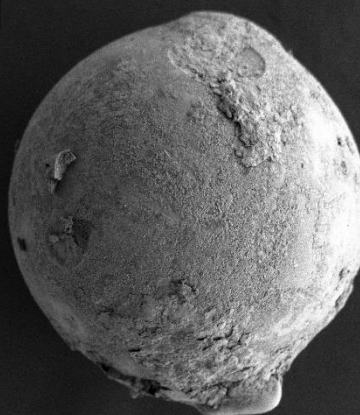
5/28/2024 HV 20.00 kV 6.4 nA 9.0 mm 1.600 x ETD 130 μm Teneo ElmiBigy

NA 5 008



6/21/2024 HV 1.00 kV 25 pA 10.2 mm 858 x ETD 241 μm Teneo ElmiBigy

NA 6 L



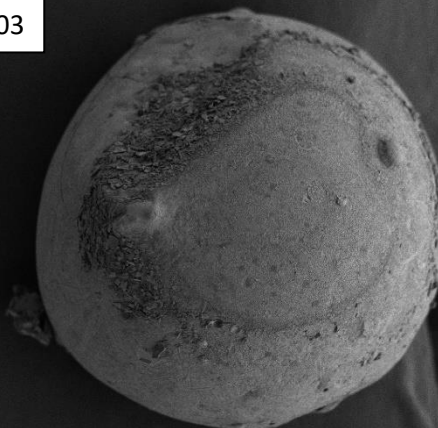
7/24/2024 HV 1.00 kV 25 pA 9.3 mm 1.600 x ETD 130 μm Teneo ElmiBigy

NA 5 014



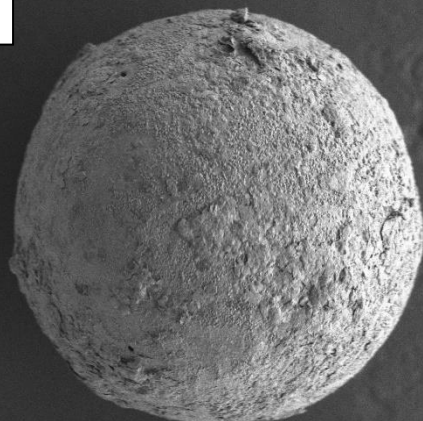
6/24/2024 HV 1.00 kV 25 pA 9.7 mm 1.000 x ETD 207 μm Teneo ElmiBigy

NA 5 003



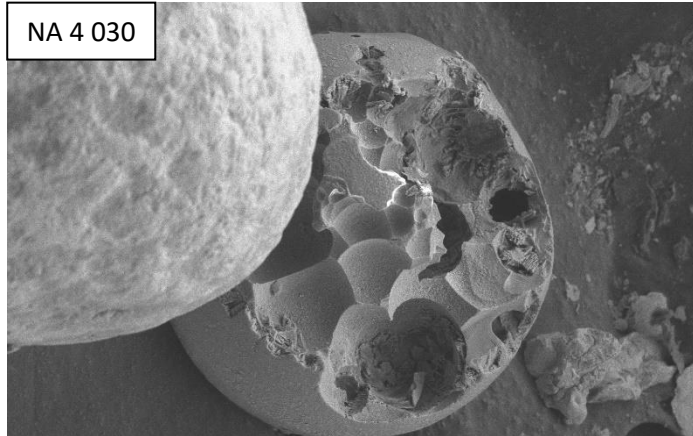
6/21/2024 HV 1.00 kV 25 pA 10.2 mm 1.200 x ETD 173 μm Teneo ElmiBigy

NA 5 016



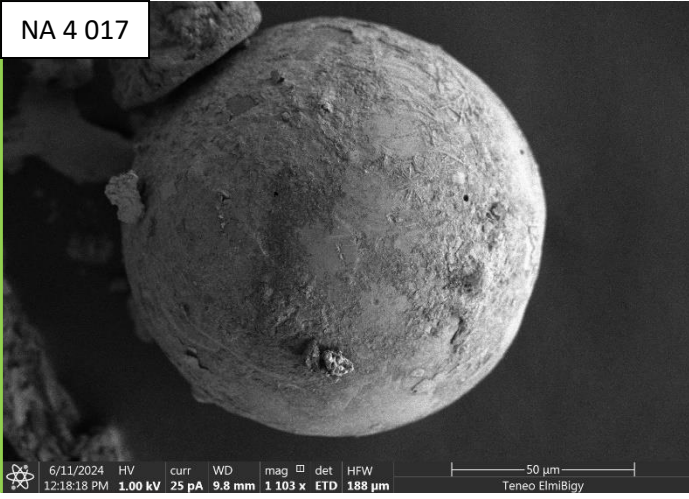
6/24/2024 HV 1.00 kV 25 pA 9.7 mm 2.197 x ETD 94.3 μm Teneo ElmiBigy

NA 4 030



6/18/2024 HV 5.00 kV 25 pA 9.5 mm 1.500 x ETD 138 μm Teneo ElmiBigy

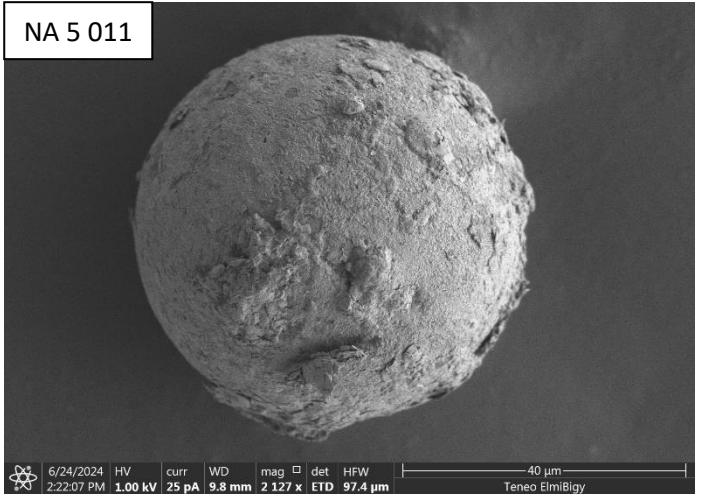
NA 4 017



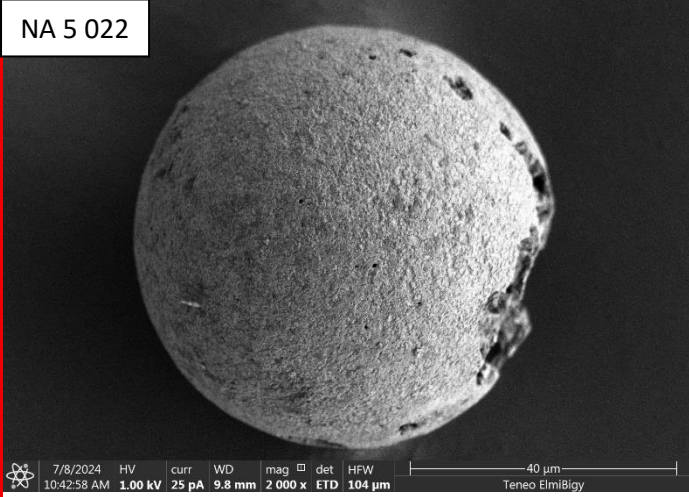
NA 3 011



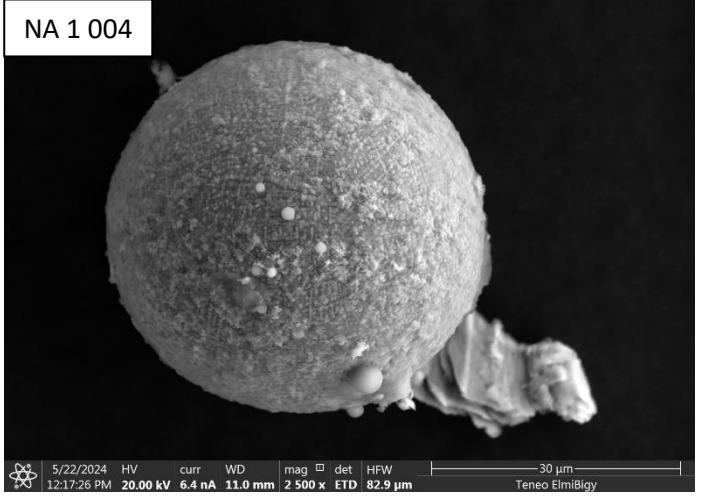
NA 5 011



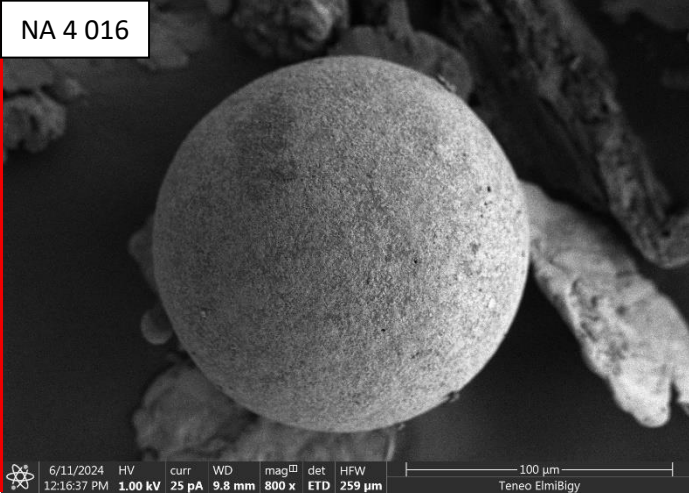
NA 5 022



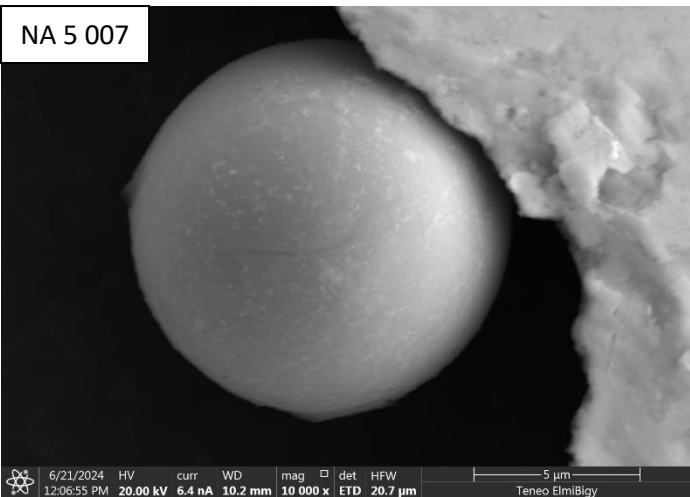
NA 1 004



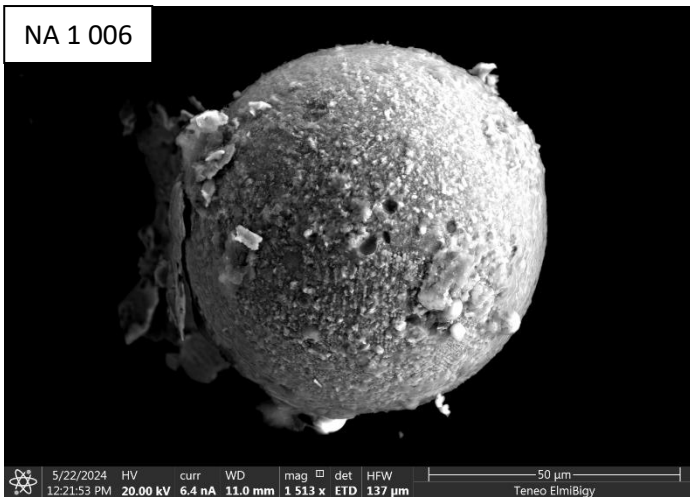
NA 4 016



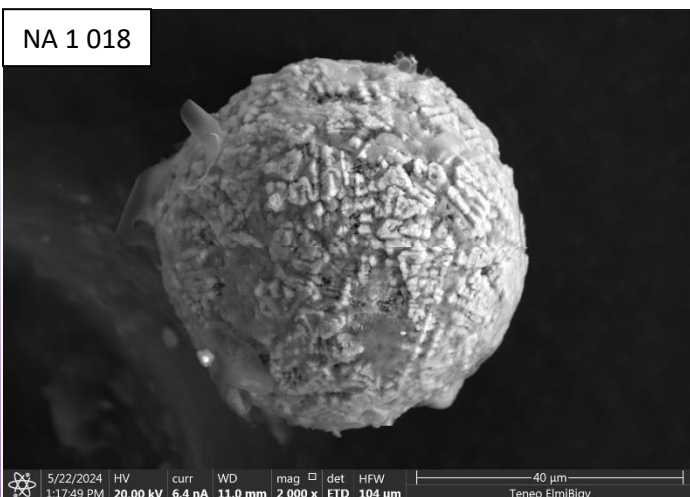
NA 5 007



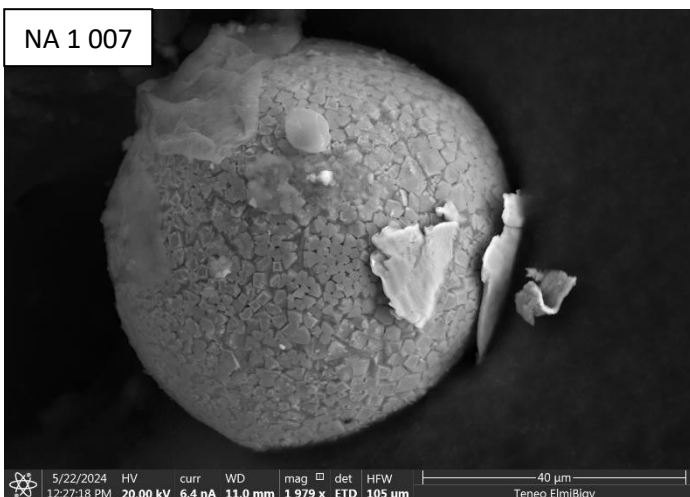
NA 1 006



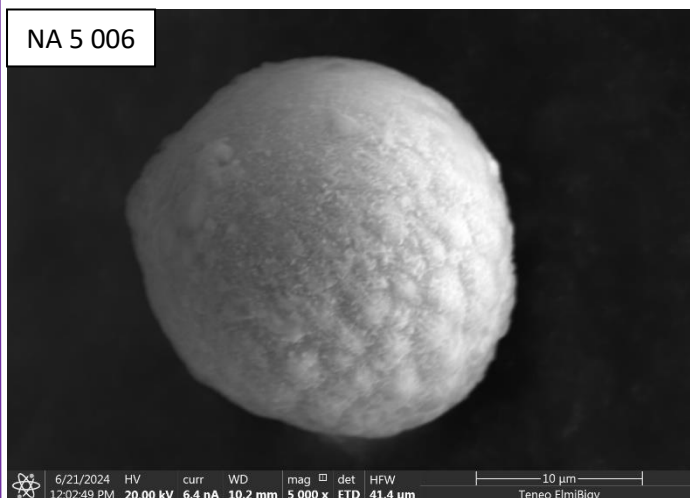
NA 1 018



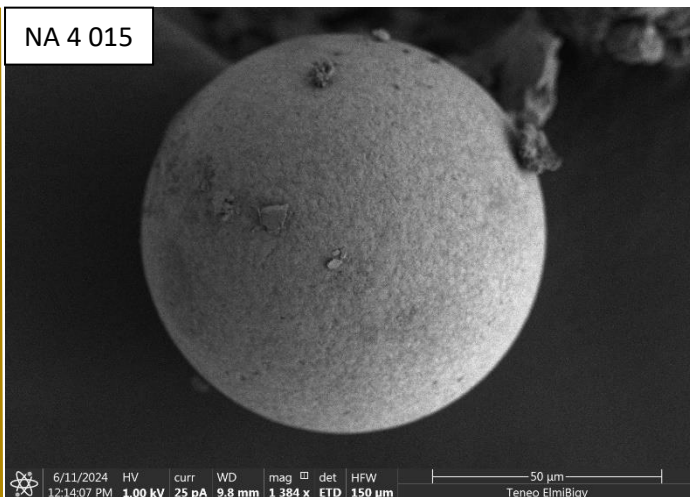
NA 1 007



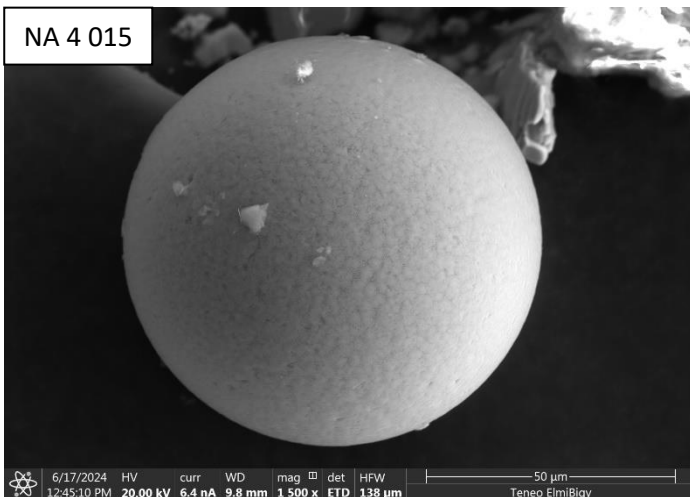
NA 5 006



NA 4 015



NA 4 015



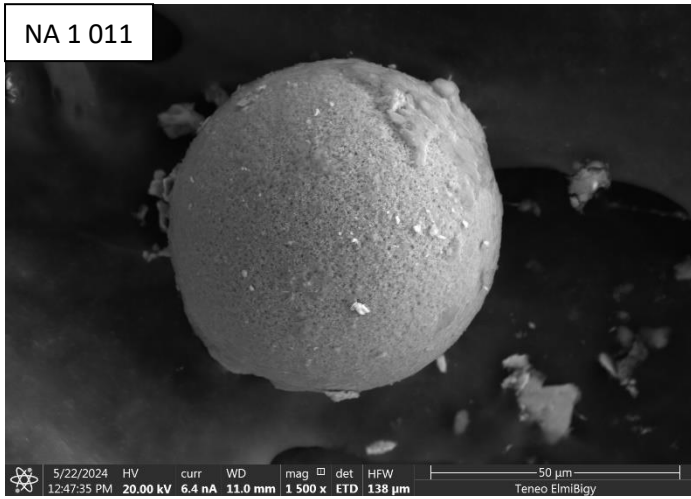
NA 1 017



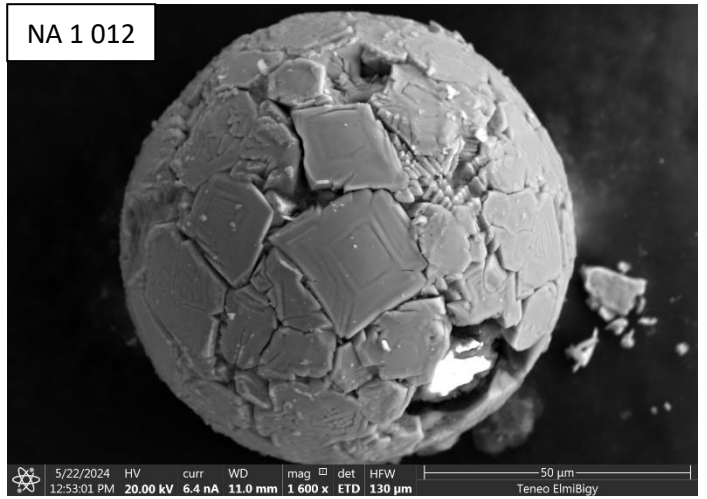
NA 3 001



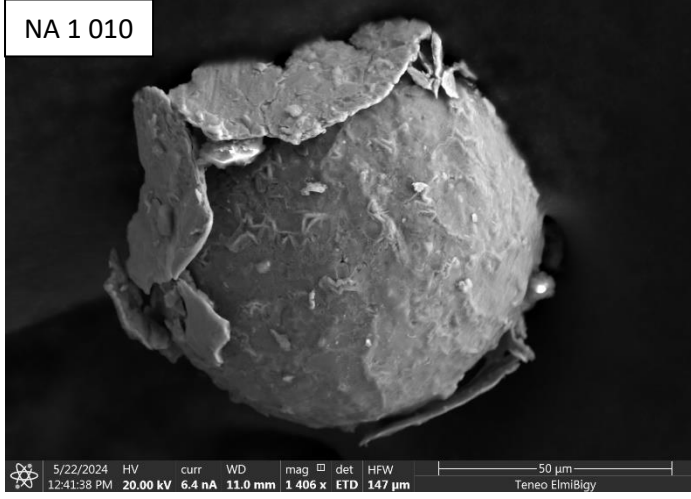
NA 1 011



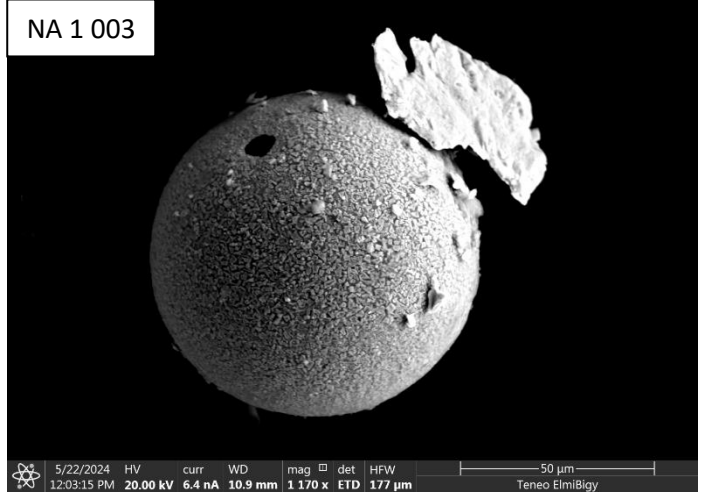
NA 1 012



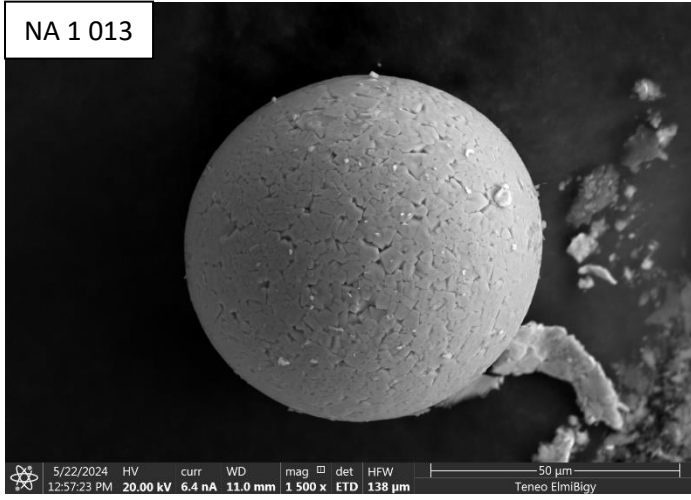
NA 1 010



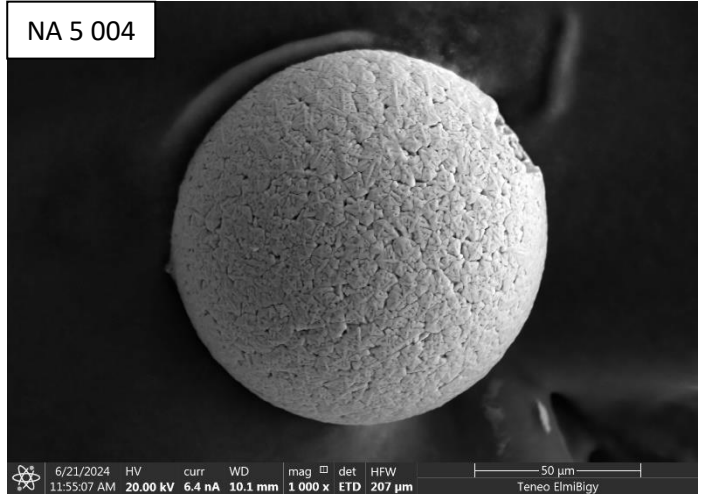
NA 1 003



NA 1 013



NA 5 004

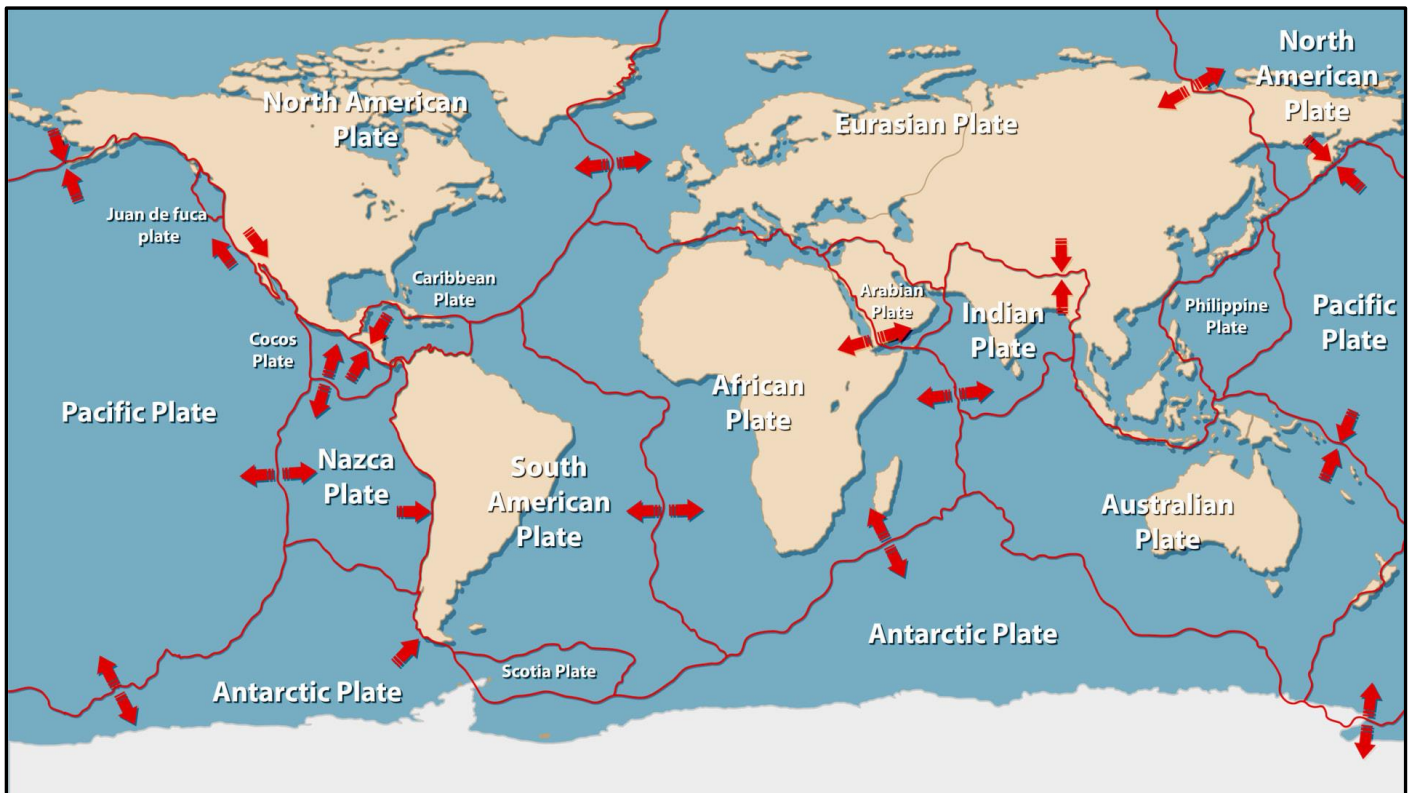




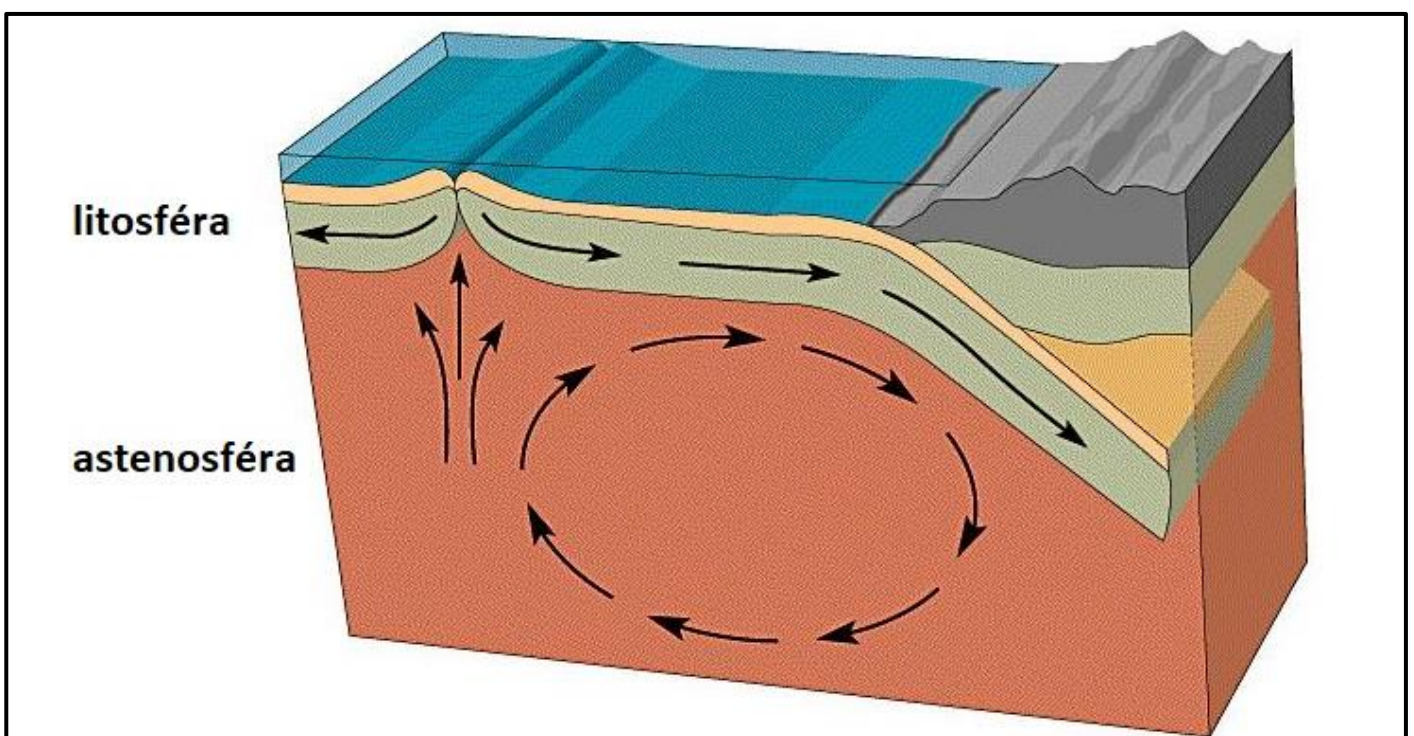
*Jenže ani tentokrát jsme nenacházeli jednoznačnou odpověď. Kuličky mohly mít svůj původ nejen vesmírný (mikrometeority), ale mohlo se jednat o tzv. **mikrotektity**, tedy částice vzniklé vyvržením roztaveného materiálu při dopadu velkého meteoritu (podobně vznikly známé vltavíny), nebo o částice vzniklé **vulkanickou činností**. Na základě srovnávání vzhledu našich kuliček a jejich chemického složení jsme stále více docházeli k závěru, že se jedná o částice vulkanického původu. Byla někde v okolí Náchodu v období permu nějaká sopečná činnost?*



*Na samých hranicích České republiky se nedaleko Broumova nachází **Javoří hory**. A dá se říci, že tyto hory jsou výtvořem vulkanické činnosti během geologického období **permu** (~ 300 mil. let). Sopky zde bouřily docela dlouho, asi 35 milionů let. Na malém území zde docházelo k různým typům sopečné činnosti a každá z nich dala vzniknout určitým druhům hornin. Souvisí to s obsahem SiO_2 v magmatu a s tekutostí magmatu. Pokud je magma hodně tekuté, doslova se rozlévá z kráteru sopky do okolí. Obvykle nedochází k explozivním erupcím. Takové magma obsahuje nejméně SiO_2 , asi jen do 52 %. Vzniklé horniny se označují jako **bazalty** (čediče). Naopak je-li magma málo tekuté, ucpává kráter sopky a výsledkem toho jsou silně explozivní erupce, které vyvrhují sopečný materiál do širokého okolí. Takové magma obsahuje nejvíce SiO_2 , obvykle více jak 63 %. Vzniklé horniny se označují jako **ryolity**. A samozřejmě mohou existovat sopky mezi tím, jejich magma bude více tekuté jak u ryolitů, ale méně tekuté jak u bazaltů. Také jejich erupce bude méně explozivní jak u ryolitů, ale více explozivní jak u bazaltů. Vzniklé horniny označujeme jako **andezity**. Po dávných sopkách se bohužel už sopečné kužely nedochovaly. Eroze dalších stovek milionů let je zahladila, ale zůstaly nám po nich uvedené horniny.*



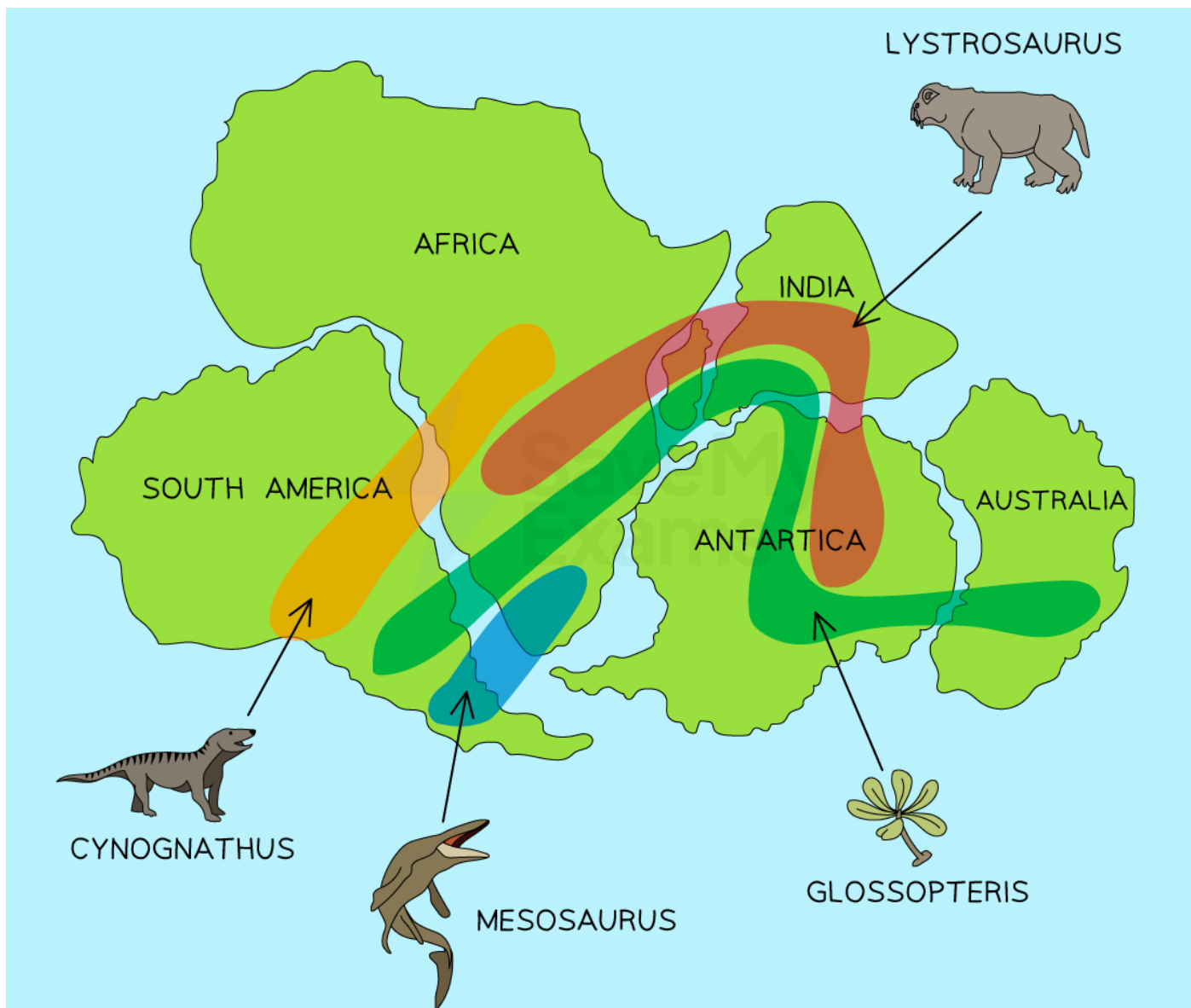
Co víme o sopečné činnosti v období permu? Pojd' me se podívat, co se v tomto období na zeměkouli odehrávalo. Možná jste už slyšeli o vzájemném **pohybu kontinentů**. Například Severní Amerika se od Evropy vzdaluje o několik cm za rok. Je to způsobeno pohybem tuhých ker (říká se jim **litosférické desky**), které doslova plavou na plastické vrstvě Zemské kůry (říká se jí **astenosféra**). Jak kdysi Země jako žhavá koule na povrchu tuhla, nezůstala povrchová vrstva celistvá, ale rozlámala se na menší kry. V astenosféře dochází k tepelnému proudění (asi tak, jako když zahříváte vodu v nádobě) a toto proudění se přenáší na plovoucí litosférické desky. Tento pohyb není nic nového a byl tu vždycky.



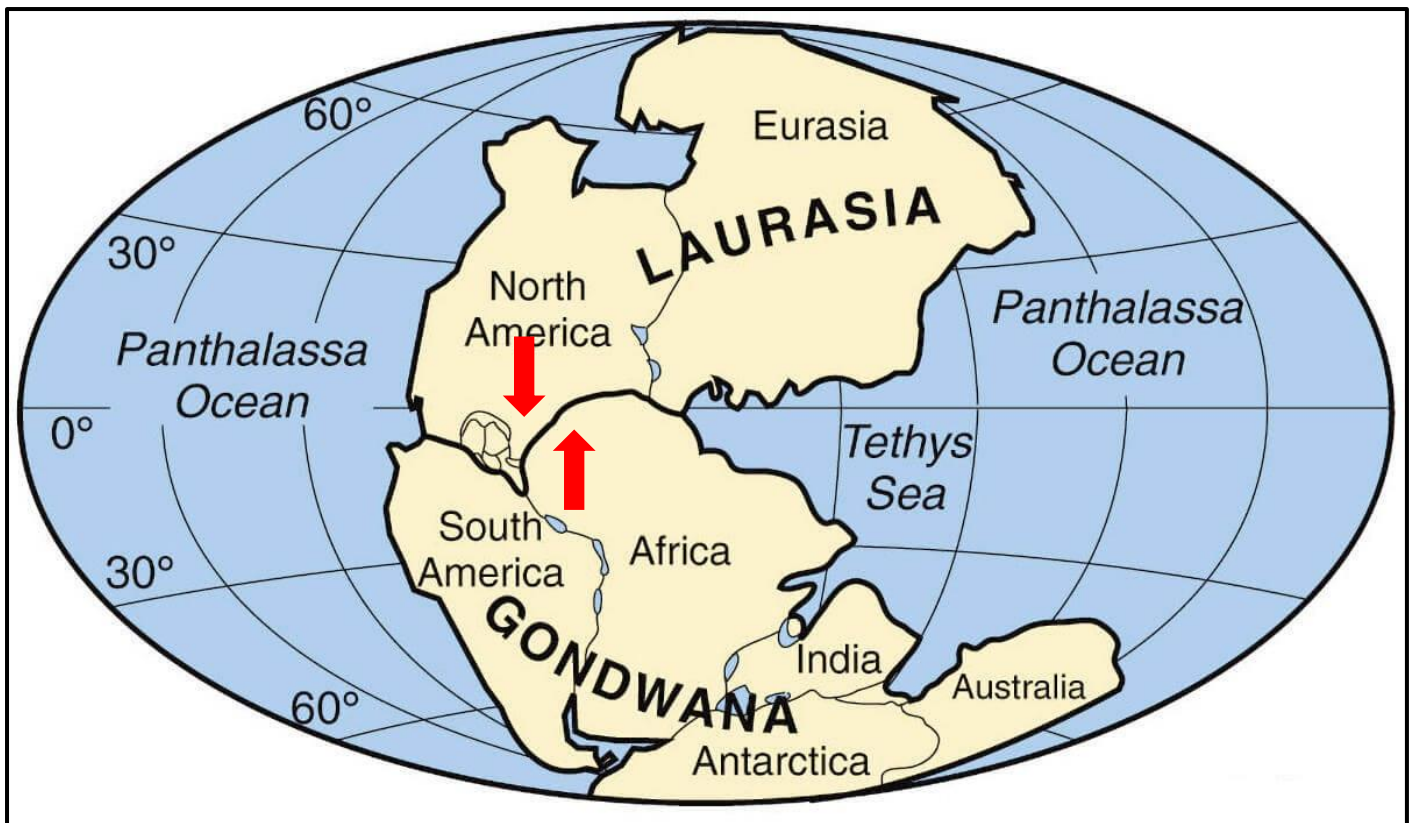
Rodinia



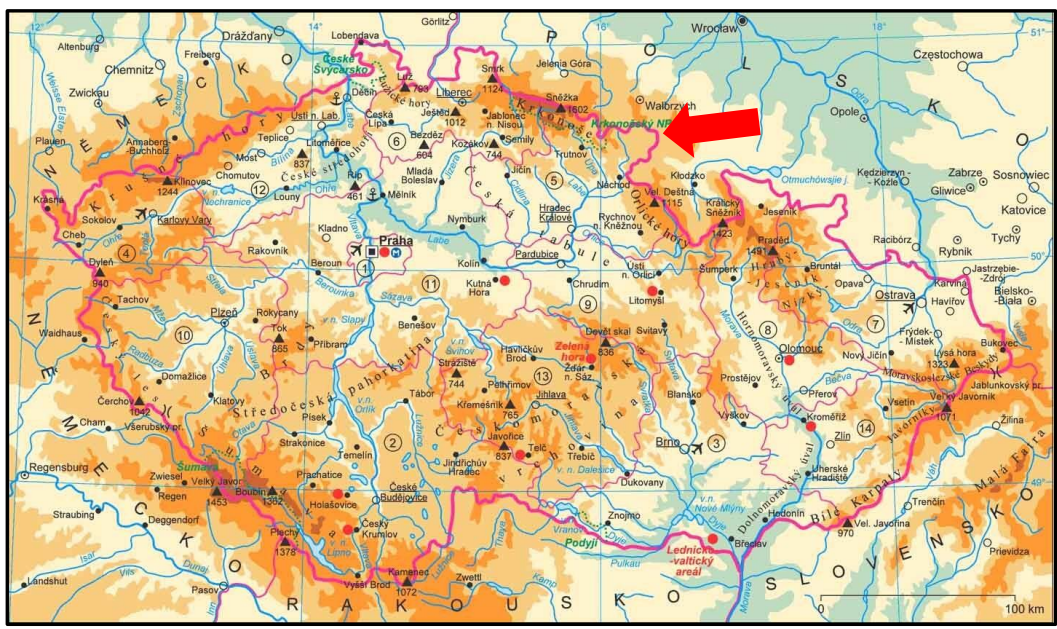
*Litosférické desky se mohou vzdalovat, přibližovat, narážet do sebe či se zasouvat jedna pod druhou. Tak jako ledové kry na řece. Proto se také světadíly, tak jak je známe dnes, mnohokrát změnila a různě se pohybovaly po povrchu Zeměkoule. Několikrát za dobu existence naší Země se pevniny spojily v jakýsi „**superkontinent**“. Tomu nejstaršímu (asi 1 300 mil. let) říkají vědci **Rodinie**, přibližně poloviční stáří (600 mil. let) má **Pannotie**.*

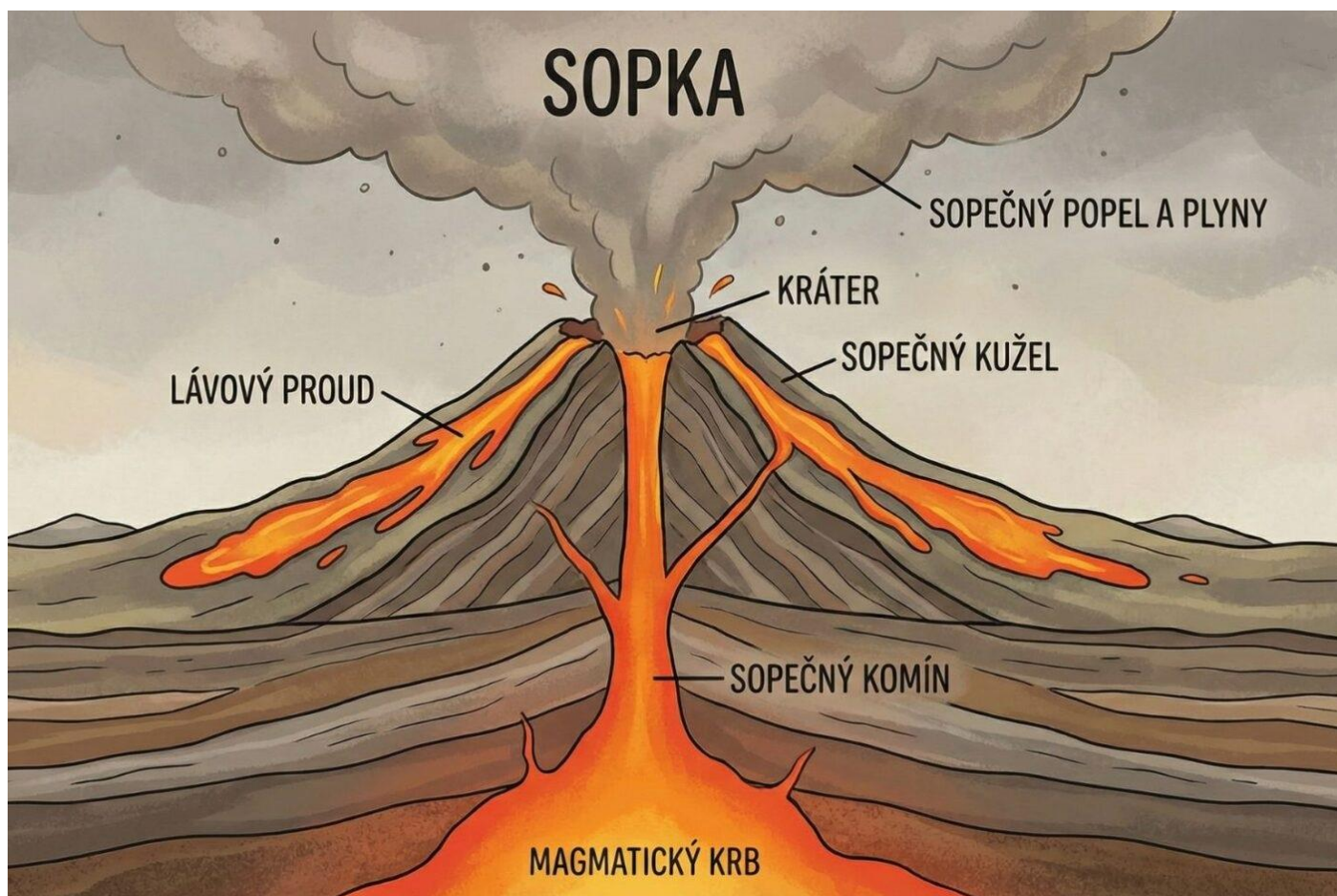


*Jak jsme na to vůbec přišli? Vzájemný pohyb kontinentů je možné dnes docela přesně měřit pomocí **GPS** a **satelitního pozorování**. A to, že kontinenty byly kdysi spojeny docela jinak, dokazují nálezy **fosilií** (zkamenělin) stejných živočichů a rostlin na současných různých kontinentech. Jedná se o zkameněliny druhů, které nemohly překonat současné vzdálenosti mezi kontinenty po vodě. Například fosilie kaprad'osemenné rostliny **Glossopteris** byly nalezeny v Jižní Americe, Africe, Antarktidě, Austrálii a Indii. Nález v Antarktidě dokazuje, že byla kdysi blíže rovníku. Když vědci "poskládali" kontinenty zpět do tvaru posledního superkontinentu **Pangea**, tyto oblasti s nalezišti fosilií do sebe zapadli jako skládačka. Ukazuje to, že v **permu** a **triasu** existovala souvislá klimatická pásma a migrační trasy pro suchozemské a sladkovodní živočichy.*



*Přibližně před 390 – 310 miliony lety se srazily dvě menší litosférické kry **Laurasia** a **Gondwana**. Tato srážka nás bude velmi zajímat. Nejen proto, že po srážce vznikl poslední superkontinent **Pangea**, ale takovou srážku vždycky doprovázely docela zásadní jevy: **vznik pohoří, zemětřesení, sopečná činnost**. Následkem této srážky došlo k tzv. **Hercynskému (nebo Variskému) vrásnění**. To má na svědomí mimo jiné i vznik Českého masivu a okolních pohoří. Nás zajímá především **Broumovský výběžek**, který se nachází v severovýchodních Čechách, přibližně mezi Krkonošemi a Orlickými horami. Tomuto prostoru geologové říkají **Vnitrosudetská pánev**. Asi proto, že pohoří na polské straně se označují jako Sudetská. A jak už jsme řekli, Javoří hory jsou sopečného původu.*

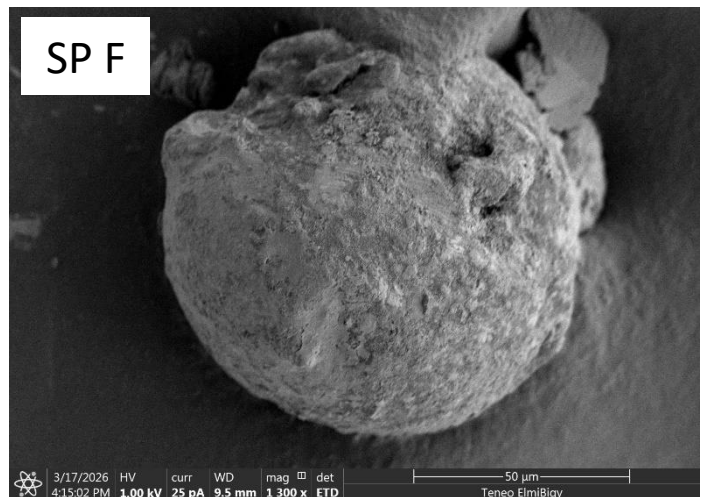
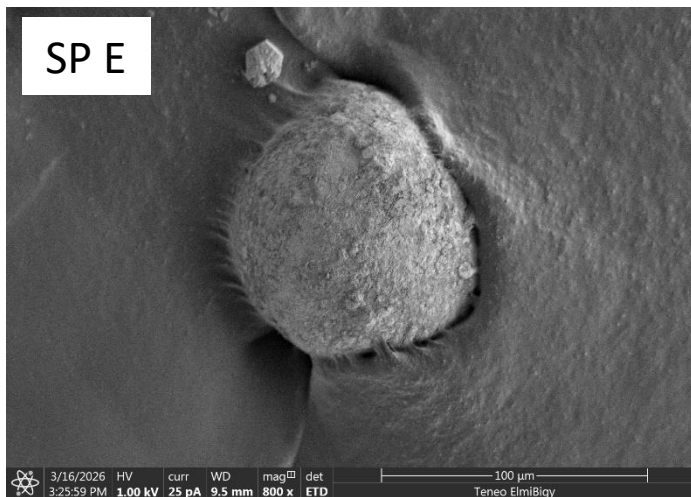
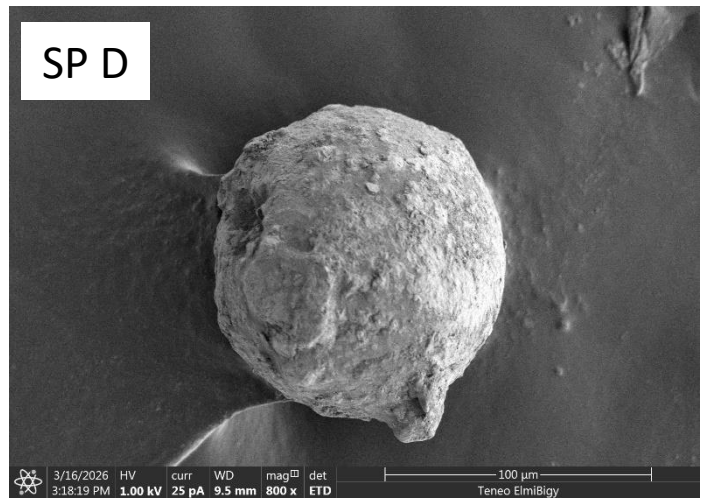
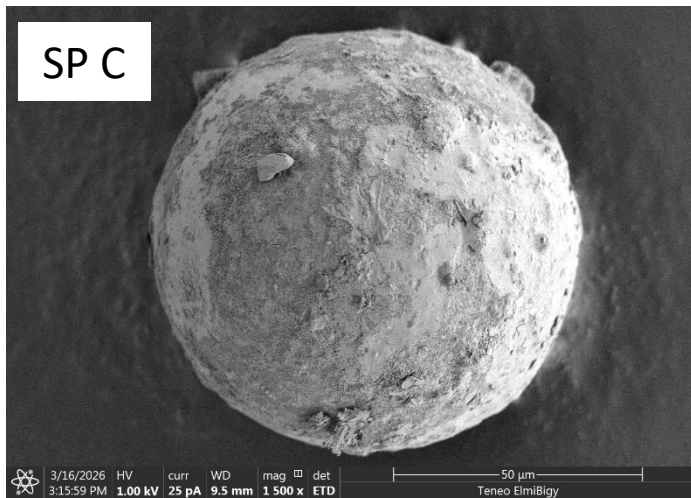
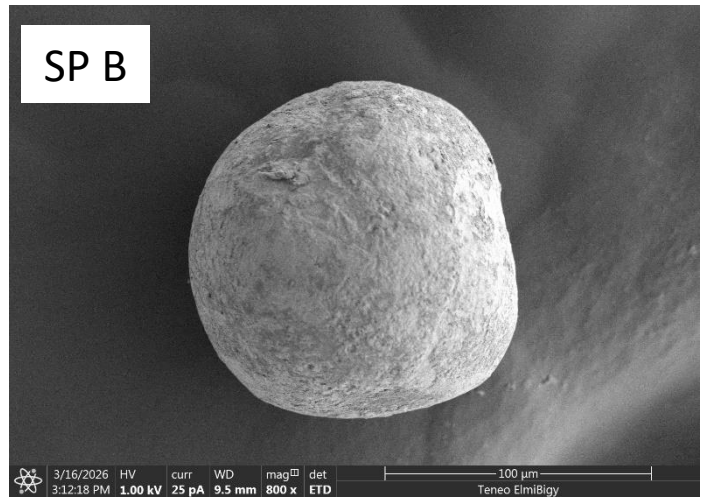
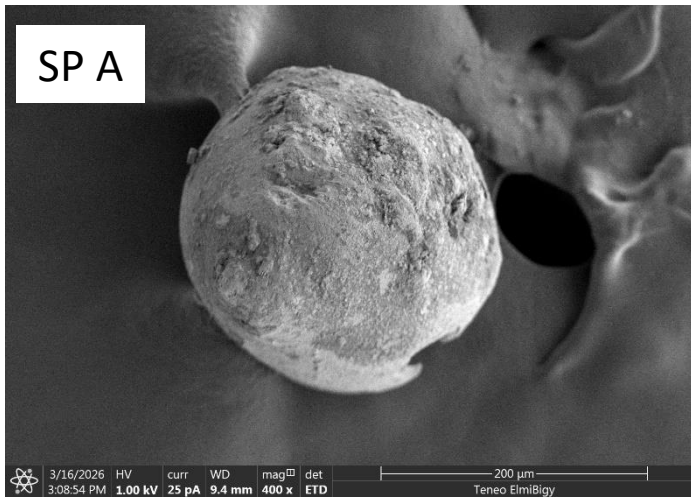




*Pojďme se podívat, co se děje při výbuchu sopky. Roztavená žhavá hornina (říká se jí **magma**) je tlačena k povrchu plyny, které se z ní uvolňují. Z počátku erupce unikají z kráteru plynné látky a teprve poté dojde k samotnému výlevu lávy. Sopky kromě magmatu a plynů vyvrhují i pevné látky. Mohou to být sopečné balvany, o něco menší sopečné pumy či drobný sopečný písek (tzv. lapili). Nejmenší částice tvoří **sopečný popel**, který dolétne až do vzdálenosti několika stovek kilometrů od kráteru. Tento sopečný popel může obsahovat drobné kapičky explozí rozptýleného magmatu. Pokud jsou kapičky v tekutém stavu, povrchové napětí z nich vytvoří kuličky, které si uchovají tvar i po vychladnutí. Takto vzniklé kuličky sopečného materiálu se mohou ukládat v sedimentech vodních toků či jezer. Svým chemickým složením by se kuličky měly blížit složení sopečných hornin (ryolity, andezity, bazalty).*



Získali jsme také sopečný popel z dánského ostrova Fur. I v této hornině jsme našli 6 kuliček a provedli jsme příslušné analýzy. Na klasifikačním diagramu vulkanických hornin jsou označeny černými tečkami. Je zřejmé, že jejich složení odpovídá kuličkám, které jsme našli v permských slepencích. To zvyšuje pravděpodobnost naší domněnky, že kuličky z Náchodu jsou původu sopečného.



	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	K ₂ O	TiO ₂	Na ₂ O	CaO	NiO
SP A	40,31	31,67	16,32	2,33	1,40	1,35	2,56	4,06	0
SP B	51,26	18,73	9,89	5,56	0,78	2,84	2,84	8,10	0
SP C	50,54	16,98	11,26	5,44	0,84	3,52	3,03	8,39	0
SP D	50,51	16,39	12,12	5,61	1,14	3,46	3,35	7,42	0
SP E	50,11	16,44	11,63	4,26	1,03	3,61	2,36	10,55	0
SP F	50,00	18,60	9,06	6,42	0,64	2,75	4,91	7,62	0

