

*Kroužek Elektronové mikroskopie na Biskupském gymnáziu Brno.*

# ***Srst ledního medvěda***

*(Vzorky chlupů ledního medvěda jsme získali v brněnské ZOO)*

*(Snímky byly pořízeny elektronovým mikroskopem Phenom zapůjčeným firmou FEI)*



*Na první pohled je zřejmé, že bílá srst slouží medvědům k maskování na sněhovém podkladu. Povězme si o ní něco více. Samotné zbarvení srsti medvědů není bílé. Jednotlivý chlup v krycí srsti je ve skutečnosti spíše průhledný a obsahuje množství vzduchových „bublinek“. Teprve v rámci celého kožichu a jeho interakce se slunečním světlem vzniká u celého zvířete výsledný dojem bílé barvy. Dlouhé krycí chlupy (pešíky) doplňuje hustá podsada. Srst medvědů má vynikající vlastnosti a spolu s deseticentimetrovou vrstvou podkožního tuku zvíře v arktické zimě spolehlivě ochrání. Izolační schopnost medvědího kabátu je dokonce taková, že medvědy obtížně rozlišíme na termofotografii pořízené v přírodě – jen minimum zachytitelného tepla totiž uniká medvědům z kožichu ven. S věkem barva srsti ledních medvědů žloutne a může nabývat i zeleného nádechu v souvislosti s řasami vrůstajícími do krycích chlupů (především při chovu v zajetí).*

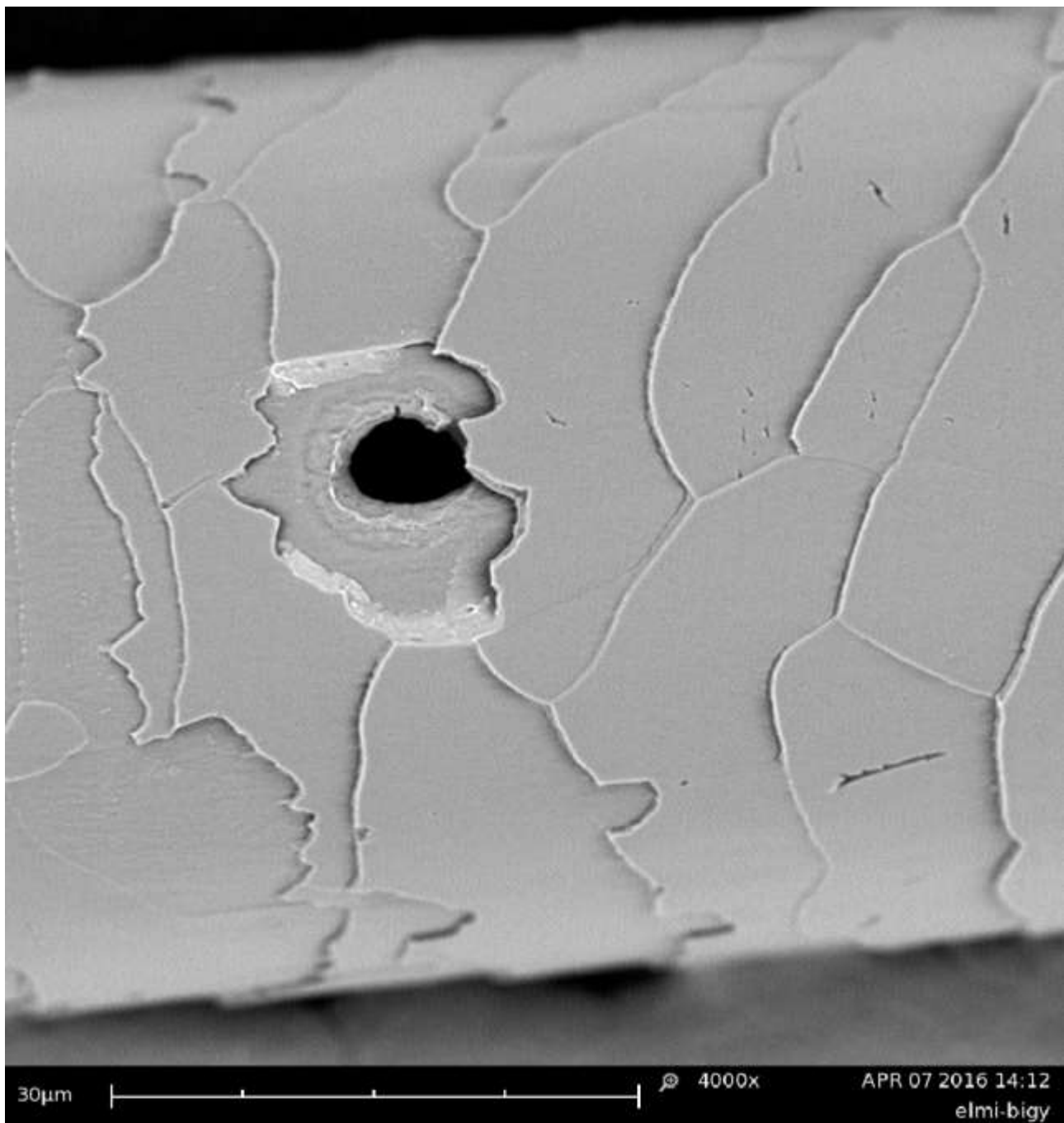




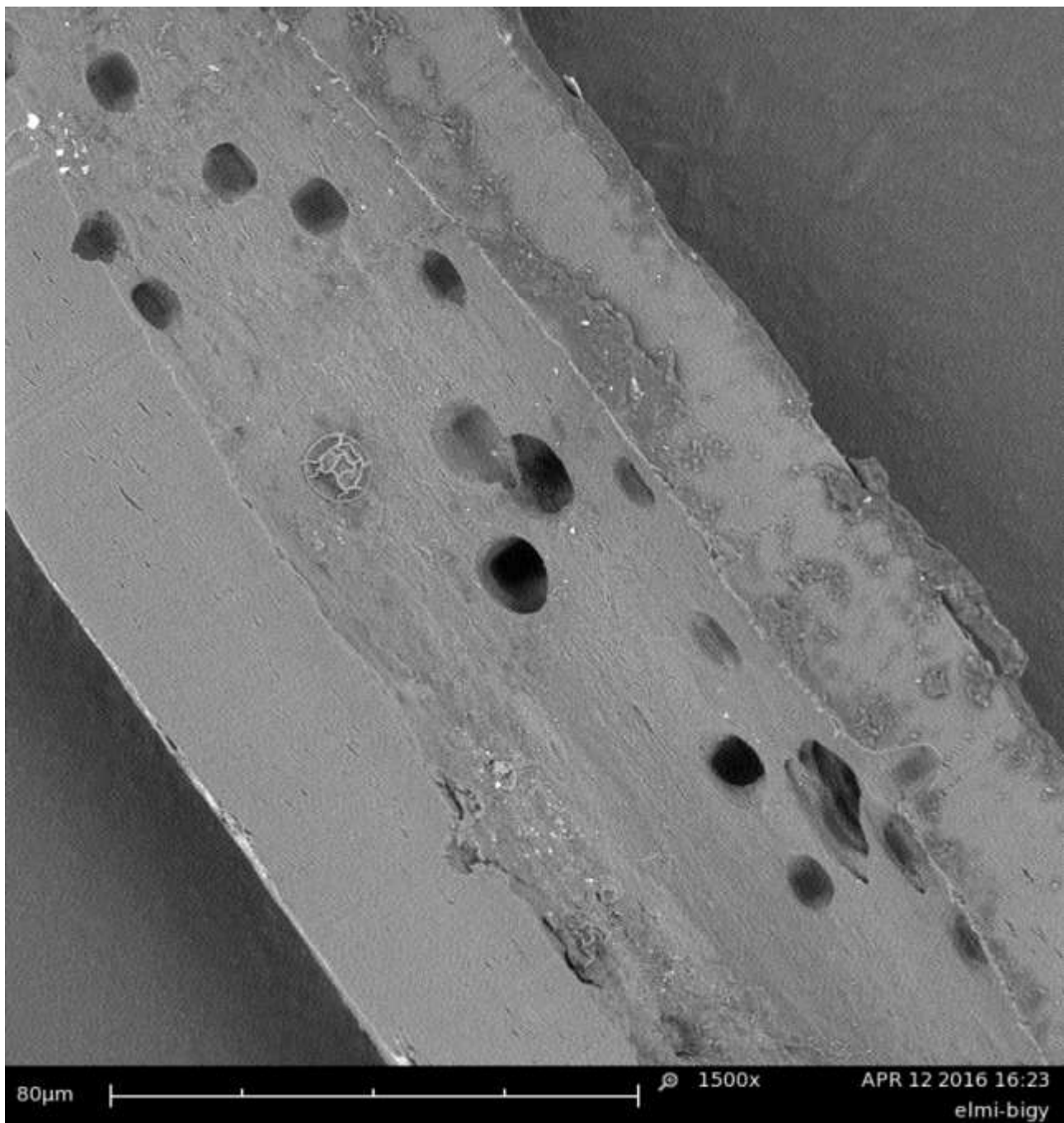
*Možná jste už někdy slyšeli o tom, že chlupy ledního medvěda jsou duté a proto jsou dobrou izolací i v tuhých mrazech. Vzduch uzavřený v dutině chlupu je totiž špatným vodičem tepla. Tutéž funkci mají i drobné bublinky v pěnovém polystyrénu. V odborných pramenech je však uváděno, že dřevina chlupu ledního medvěda (tedy jeho střední část) je tvořena „mnoha malými buňkami“. To by znamenalo, že chlup není jako trubice. Jak to, že na našem snímku je dřevina prázdná? Průměr chlupu na snímku je 0,115 mm, průměr dutiny 0,030 mm.*



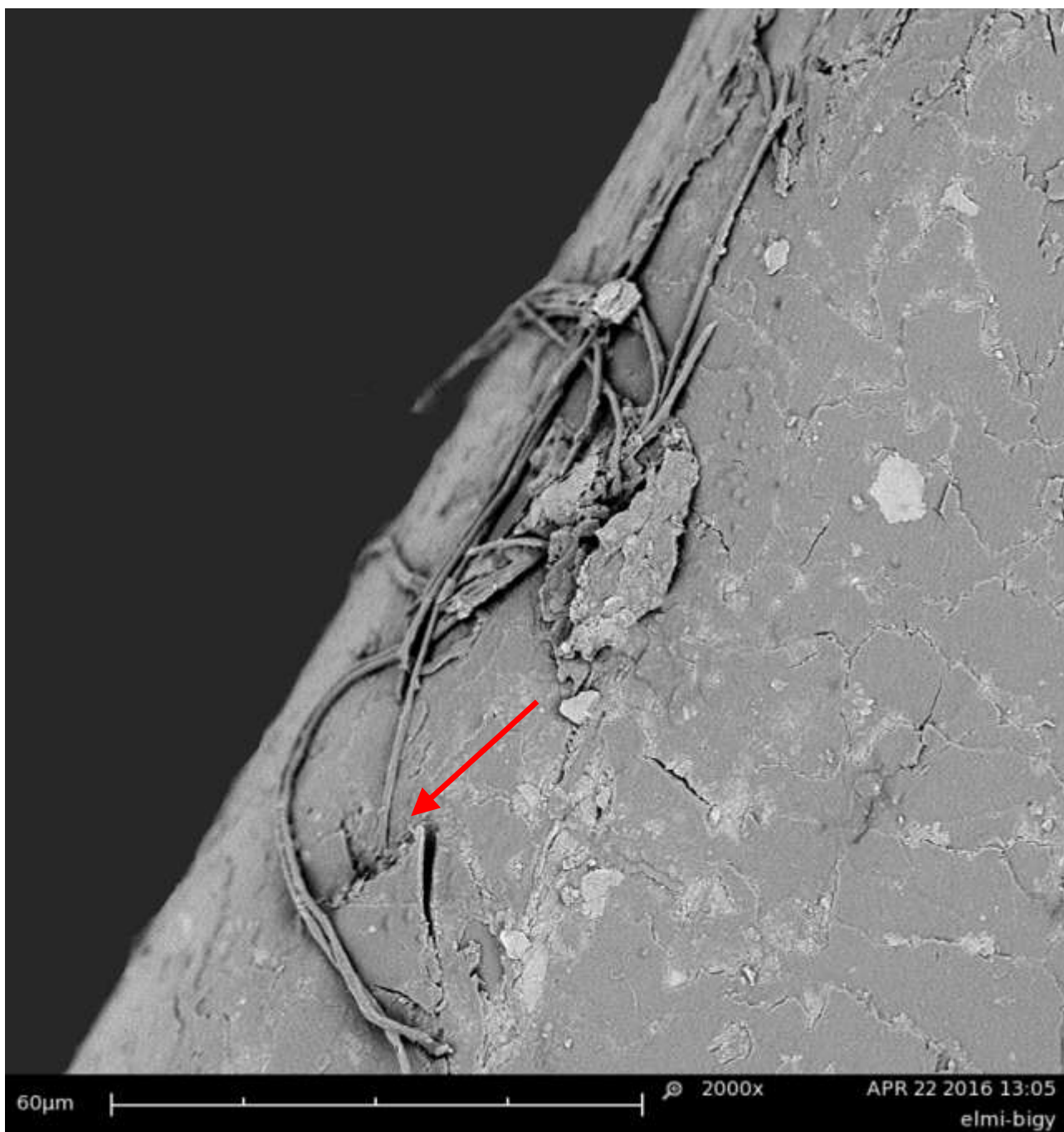
*Na internetu se nám podařilo nalézt snímky průřezu chlupu z ledního medvěda, který byl pořízen rovněž na elektronovém mikroskopu. Na snímku je vidět, že dřev (tzv. **medula**) není prázdná, ale skutečně ji tvoří struktura jakýchsi přihrádek mezi vzduchovými „bublínkami“. Tato struktura, obsahující velké množství vzduchu, bude rovněž dobrým izolačním materiálem. Mezi dřeví a povrchovými šupinami (tzv. **kutikulou**) se nachází tzv. **kortex**. Na snímcích z mikroskopu je to na první pohled hladká plocha příčného řezu. Stavebním materiálem chlupu je keratin. Keratin je mechanicky odolný a chemicky stálý protein vyskytující se u všech vyšších obratlovců. Je hlavní složkou jejich horní vrstvy pokožky a z ní vyrůstajících útvarů, jako jsou vlasy, rohovina, nehty a peří. Keratin rozdělujeme na  $\alpha$ -keratin, který se vyskytuje u savců a  $\beta$ -keratin vyskytující se u ptáků a plazů. Keratin chlupů ledního medvěda je průsvitný. Bělost srsti vzniká rozptylem světla na přechodu mezi kortexem a medulou. Podobně se nám bublinky vzduchu v minerálce jeví jako stříbrné.*



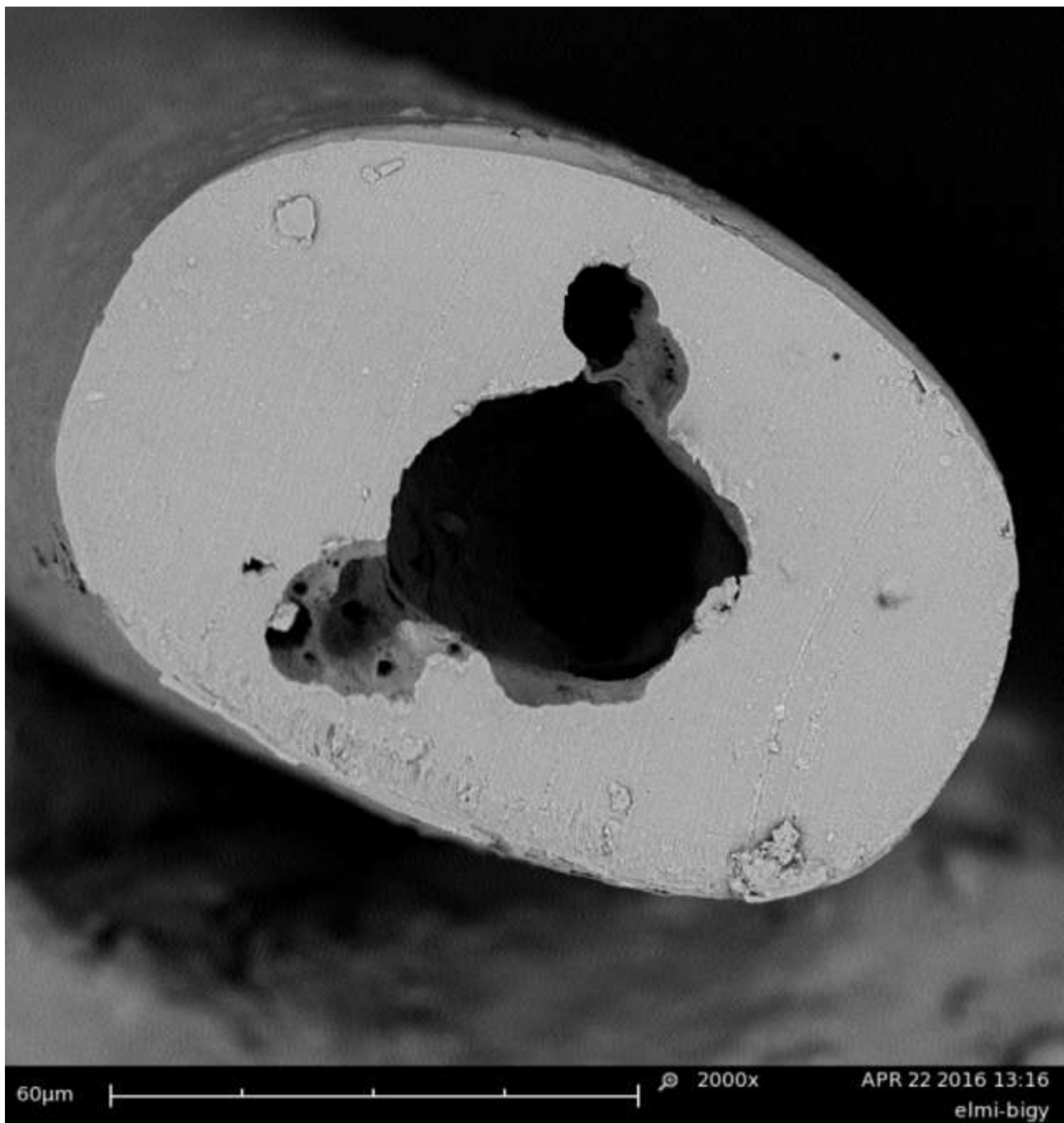
*Při prohlížení medvědích chlupů na nás čekalo další překvapení: na některých chlupech jsme objevili ve stvolu boční otvory. Jako kdyby je něco navrtalo. Obvykle byly okolní šupiny kutikuly jakoby ohlodané. Průměry otvorů byly různé, tento má přibližně 0,005 mm. Průměr stvolu chlupu je 0,050 mm.*



*Potom se podařilo jednomu ze studentů udělat řez chlupem pod velice ostrým úhlem. Získali jsme tak pohled na vnitřní povrch dutiny. Byl to docela šok. Kortex byl navrtán mnoha otvory o různé hloubce. Bylo už zcela jasné, že chlup musel být něčím napaden. Začali jsme hledat v odborné literatuře. Nakonec byl pachatel nalezen. Keratin většina organismů neumí rozložit, je pro ně nestravitelný. Existují však specializované organismy, které využívají keratin jako zdroj živin. Schopnost rozložit keratin mají houby, zvané Dermatofyta.*

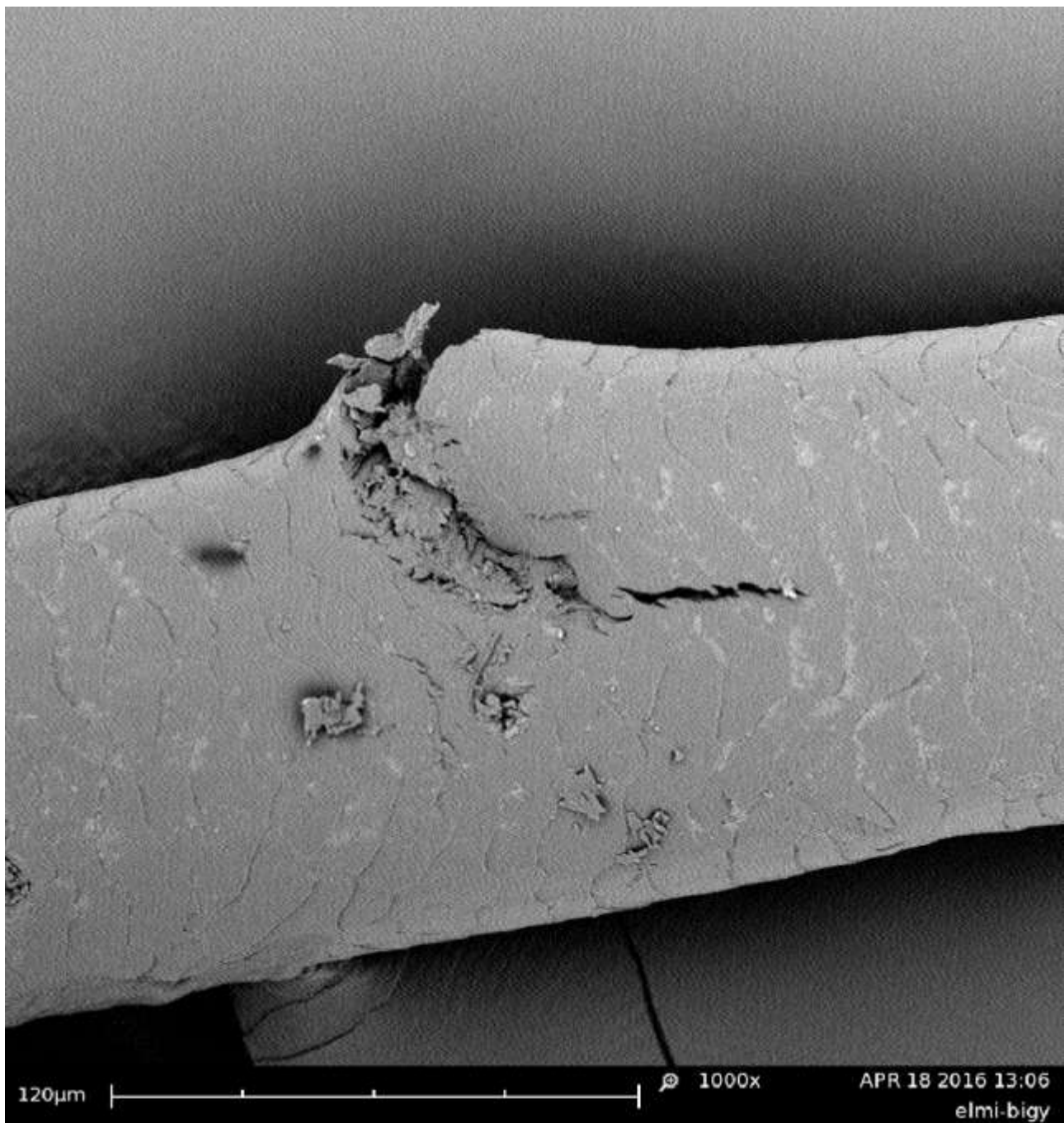


*Houba napadne povrch chlupu. Její vlákna se plazí po povrchu, až najdou slabé místo: dostanou se pod šupinu kutikuly (viz červená šipka na obrázku). Jakmile se vlákno dostane pod kutikulu, začne se provrtávat kolmo k povrchu kortexem, až se dostane do měkčí dřeně. Vrtací schopnost vlákna je dána chemií. Na špičce má vlákno schopnost rozkládat chemicky keratin (jako kdyby ho rozpouštělo) a tím se nejen živí, ale postupuje dál. Jednodušší je postupovat dřevem, která není tak tvrdá. Proto byl chlup na našem prvním snímku dutý!*

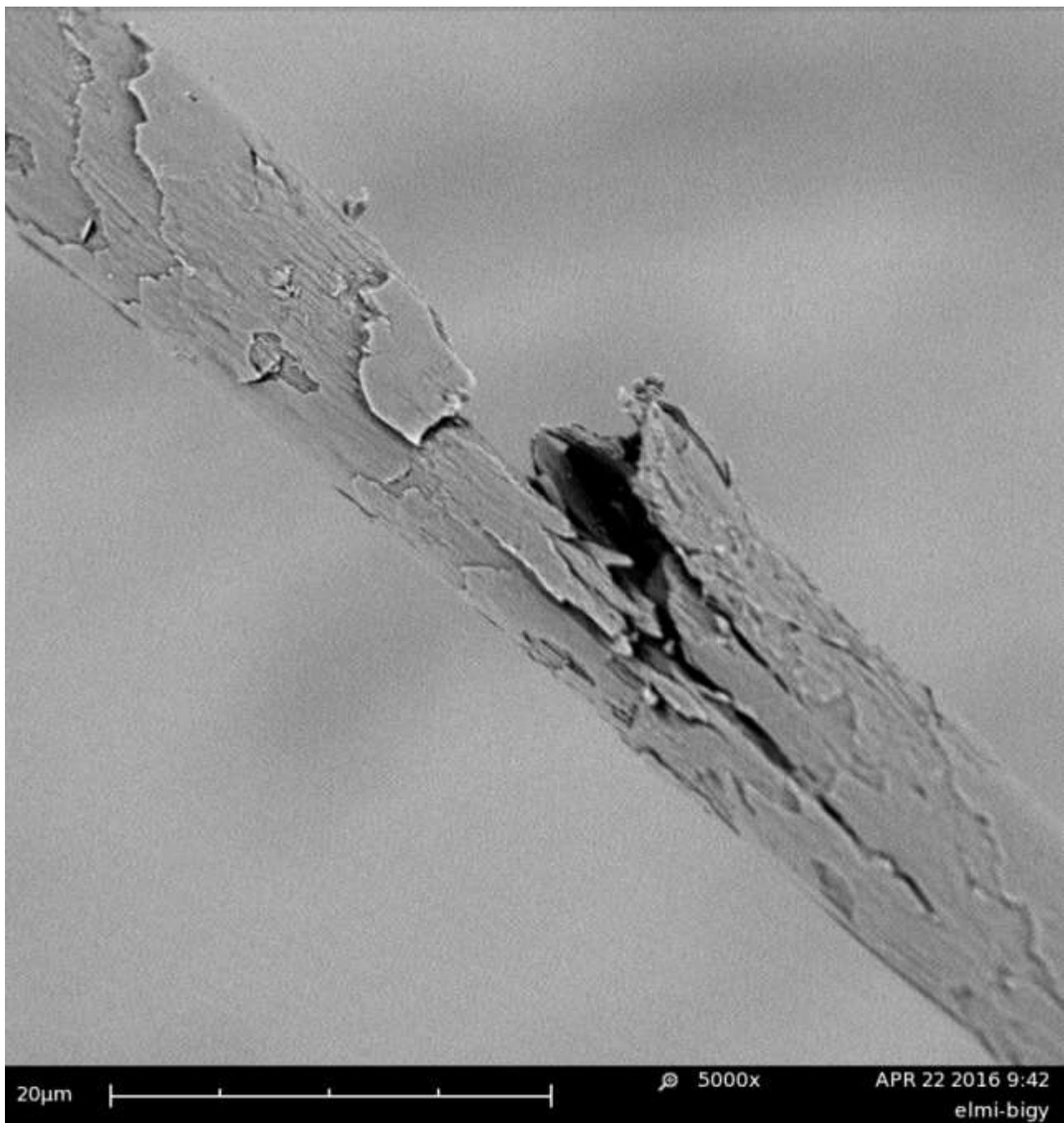


*Houba se ale nespokojí pouze s dřevem a začne vysílat další vlákna do stran. Tentokrát jim padne za oběť tlustá vrstva kortexu. Vlákna se mohou provrtat až na povrch chlupu a vznikne tak otvor, v jehož okolí chybí šupiny kutikuly.*





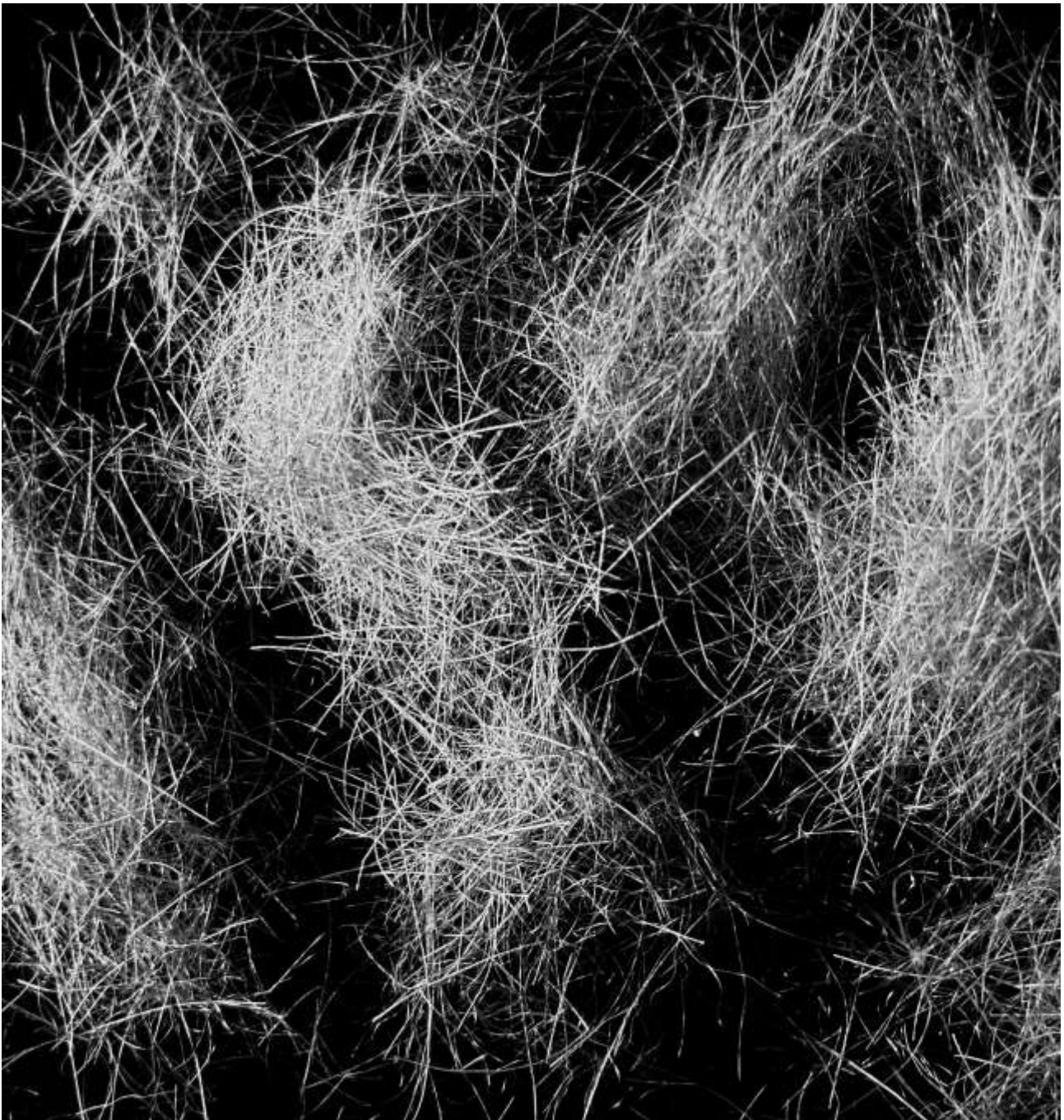
*Pokud jsou stěny chlupu již velmi tenké a uvnitř vyrostle hustá síť houbových vláken, vznikne na chlupu boule, která nakonec praskne. Vyžraný chlup je samozřejmě méně pevný a láme se.*



*A tak to končí. Chlup už tvoří jen povrchová vrstva, je křehký a láme se. A to jsme také u našeho vzorku srsti pozorovali.*



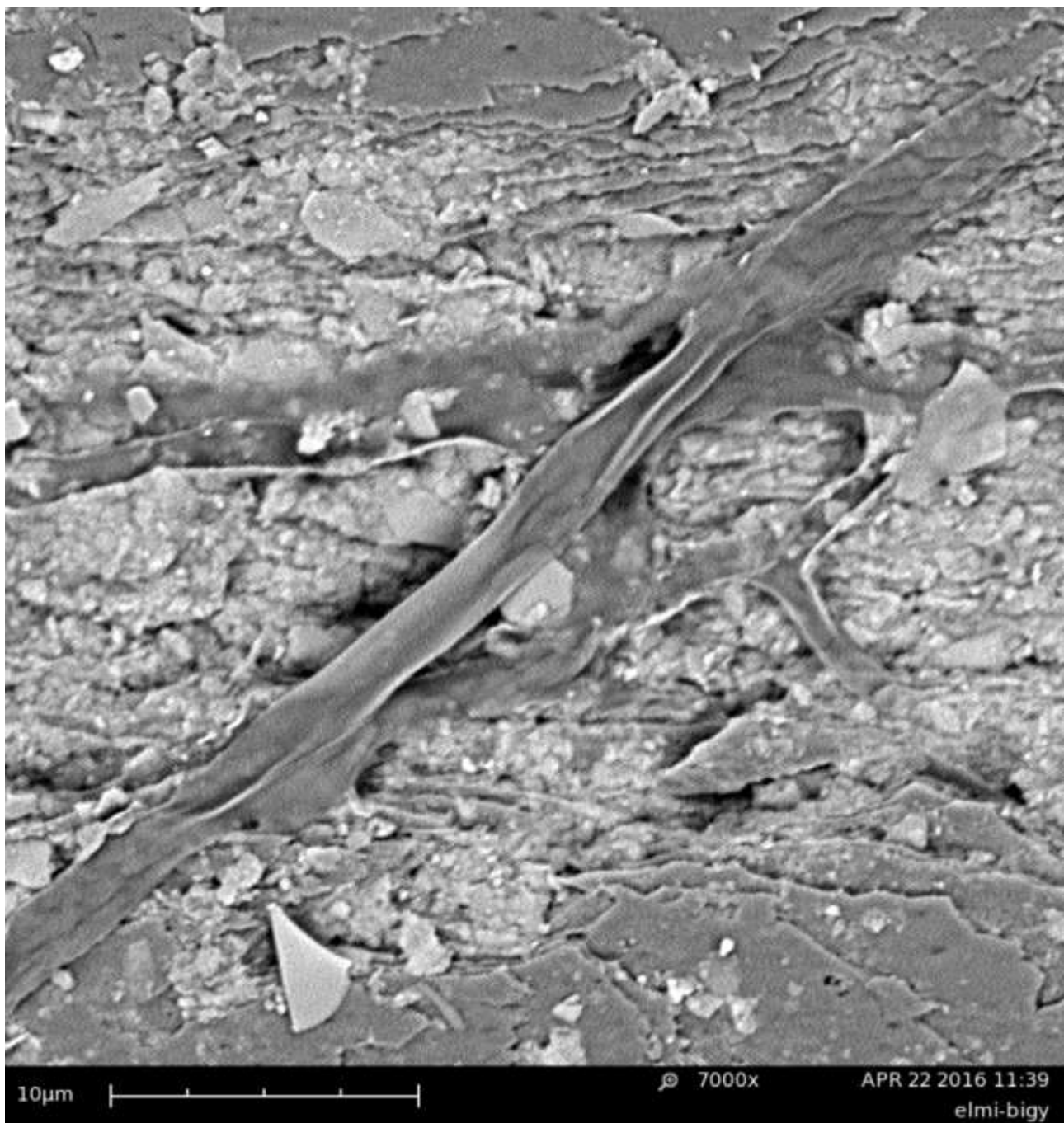
*Toto je běžná černobílá fotografie srsti zdravých chlupů bílého teriéra. Všimněte si, že chlupy jsou docela dlouhé a nevypadají, že by se lámaly.*



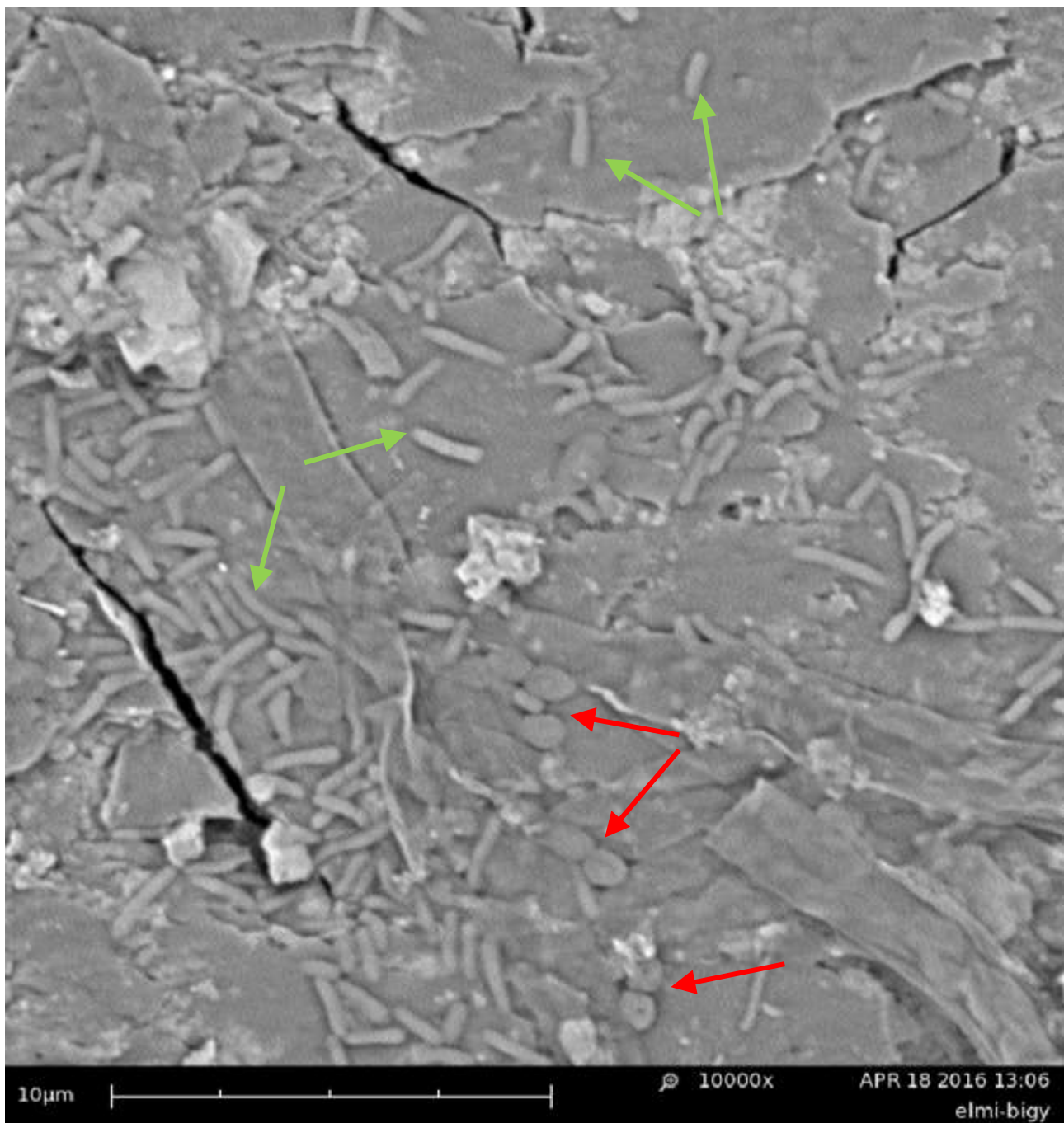
*A zde je náš vzorek srsti z ledního medvěda. Je to pro srovnání rovněž černobílá fotografie. Podle odborné literatury dosahují krycí chlupy medvědí srsti délky až 17 cm. Na tomto snímku bychom našli nejdelší chlupy 3 - 4 cm. Ostatní je doslova drť. Čím víckrát jsme se srstí manipulovali, tím větší drť jsme si nadrobili. Chlupy jsou křehké jak skelná vata.*



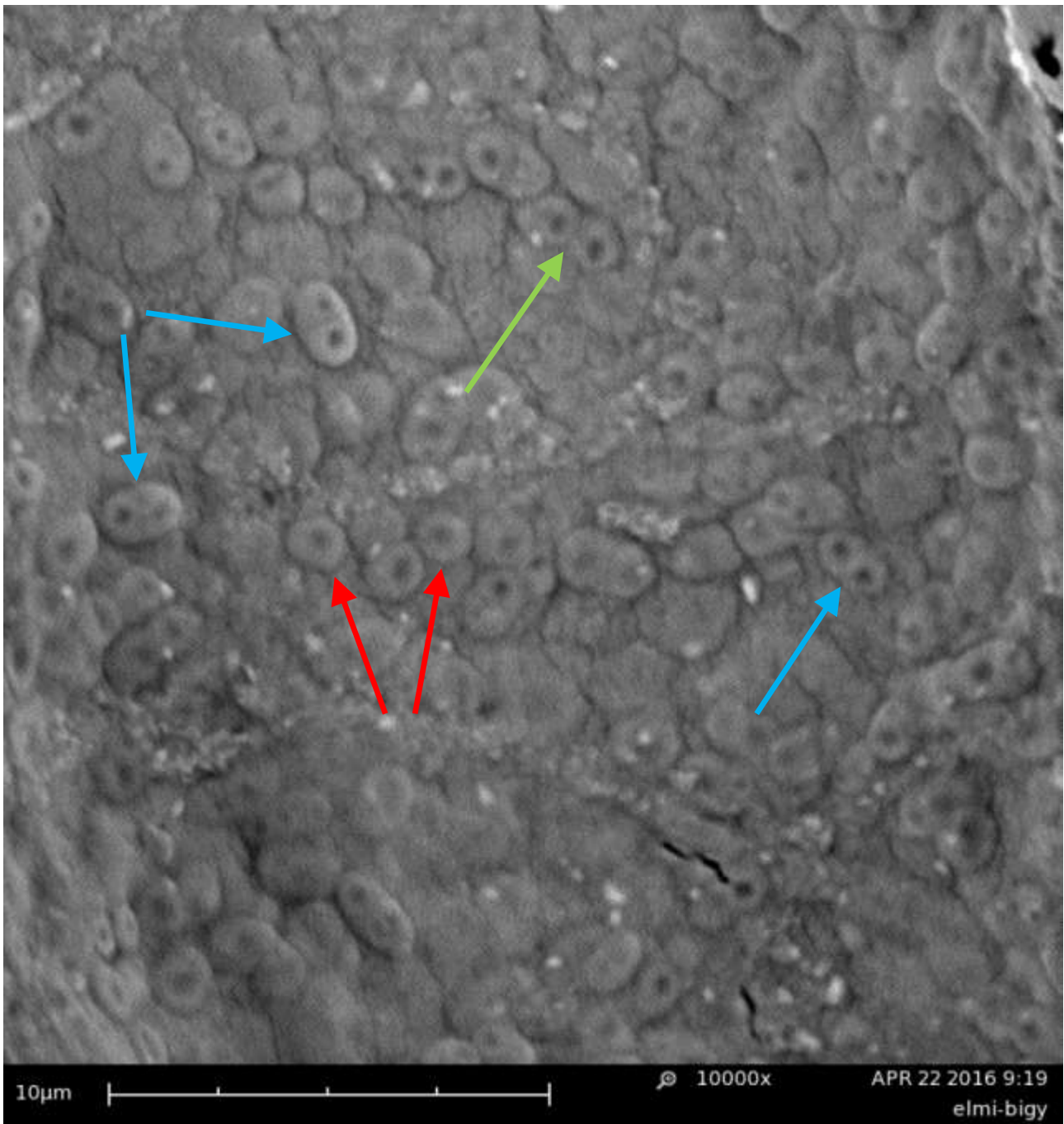
*A tady je znovu ukázka podélného řezu chlupem ledního medvěda. Všimněte si, jak je chlup prožraný a zbytky kortexu tenké. Je jasné, že chlup musí být křehký.*



*Začali jsme tedy cíleně hledat stopy hub. Několikrát jsme na povrchu chlupu našli vlákna, tak zvané hyfy. Šířka vlána se pohybovala tak kolem 0,002 mm (to je 2 μm).*

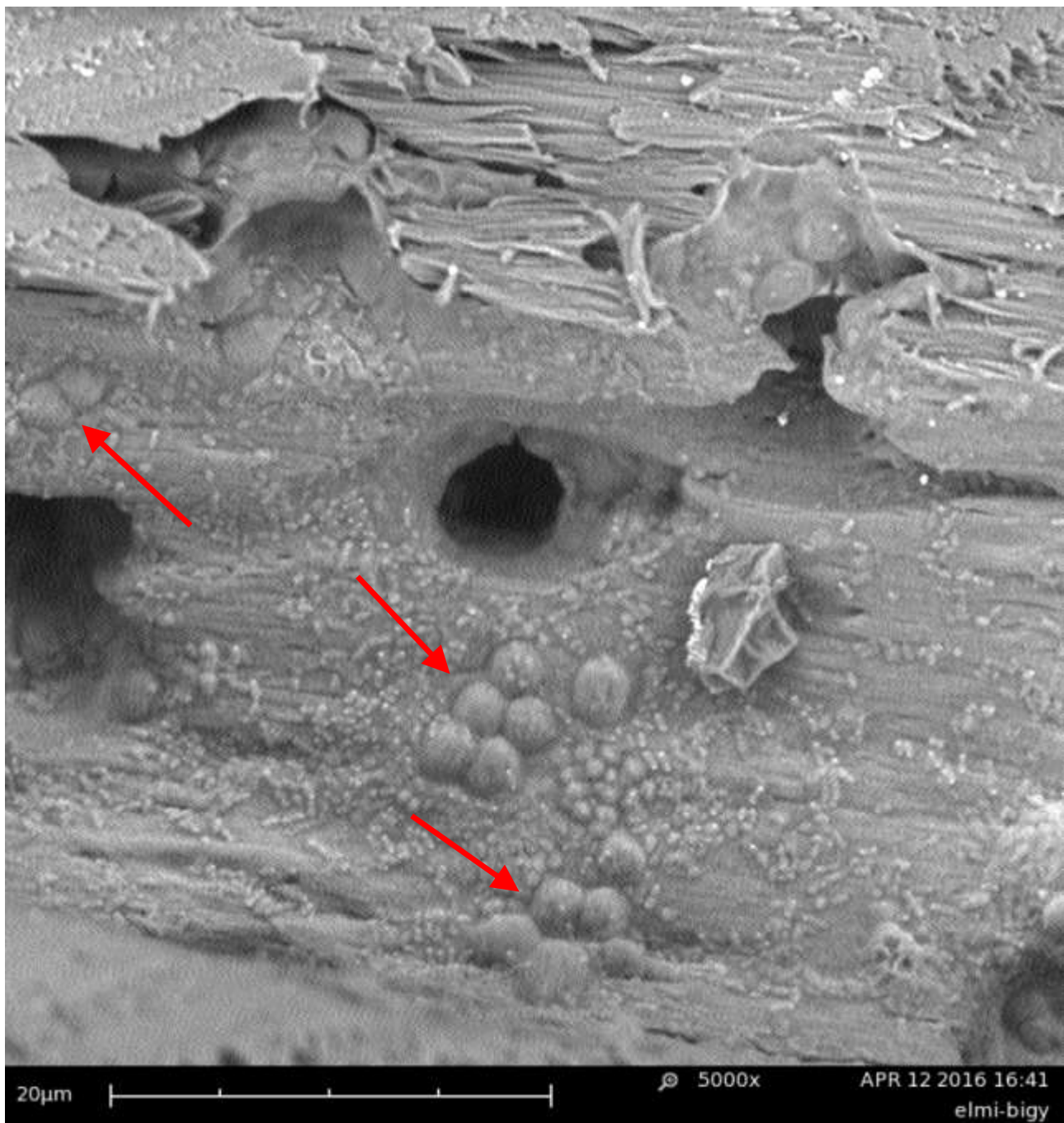


*Kromě vláken jsme na povrchu chlupu našli při extrémním zvětšení ještě jiné útvary. Jedny byly oválné s rozměry asi  $1 \times 0,8 \mu\text{m}$  (viz červené šipky). Druhé byly protáhlé o délce  $1 - 3 \mu\text{m}$  a šířce  $0,5 \mu\text{m}$  (viz zelené šipky). Pravděpodobně se jedná o tyčinkovité bakterie (zelené šipky) a kulovité bakterie (koky) - viz červené šipky. Napřed jsme moc nevěřili, že by se nám podařilo zachytit na snímku tak malé objekty, jako jsou bakterie. Potvrdili nám to odborníci z Akademie věd.*

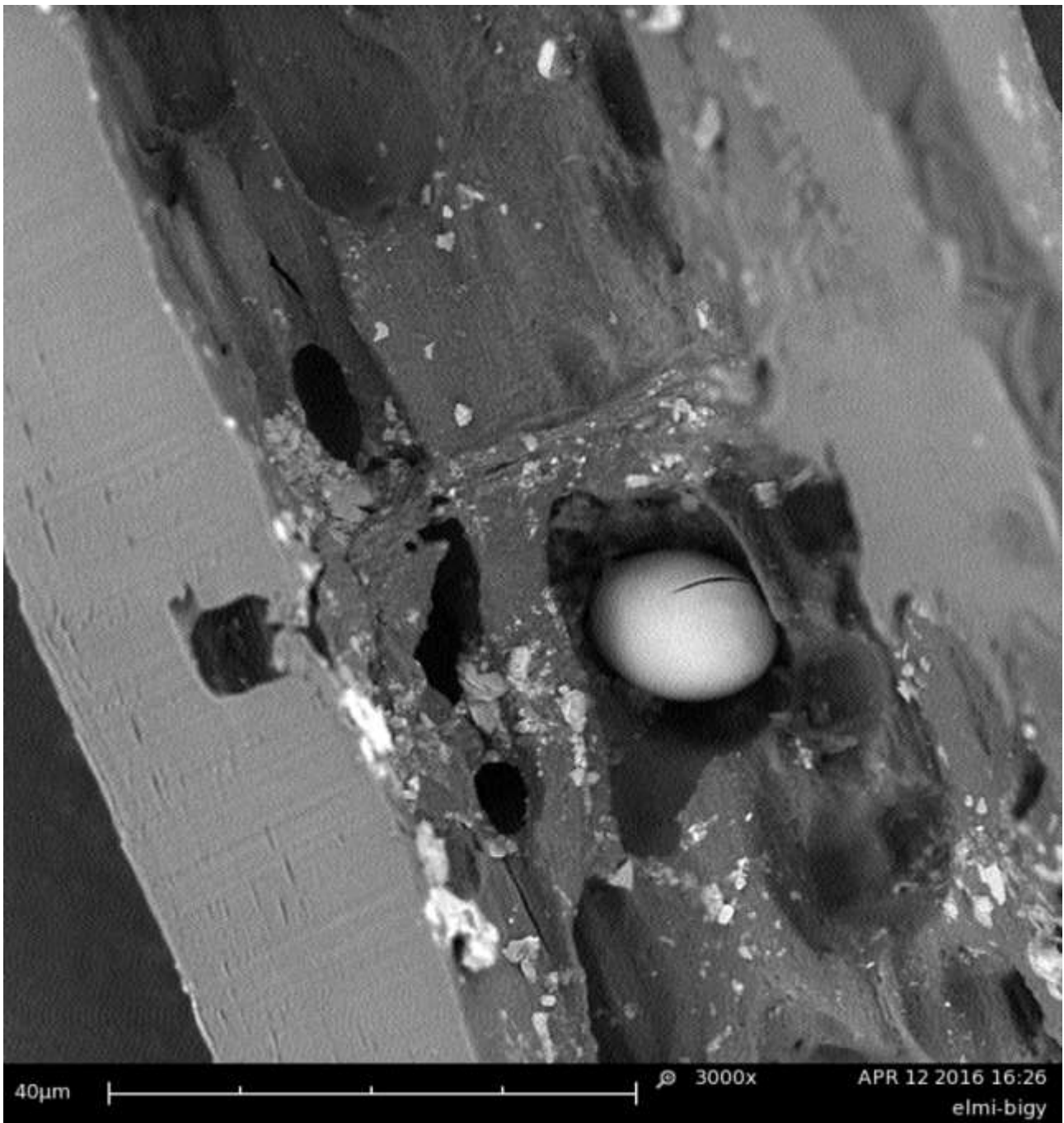


*Ale našli jsme i jiné útvary. Vypadají jako jednobuněčné (viz červené šipky) či dvoubuněčné (modré šipky). Přibližné rozměry jsou  $0,5 \times 0,5 \mu\text{m}$  nebo  $1 \times 0,5 \mu\text{m}$ . Podařilo se snad zachytit i dělení buňky (viz zelená šipka)? Na to zatím neumíme odpovědět. Tyto útvary jsme našli na vnitřním povrchu dutiny po vyžrané dřevě. Podle odborníků by to mohly být spory hub (jsou vidět jádra).*





*Na vnitřní ploše dutiny dalšího chlupu jsme našli jiné mikroskopické útvary. Mají kulovitý tvar a jejich průměr je přibližně 2,5  $\mu\text{m}$ . Opět by to mohly být bakterie. Existují totiž také keratinolytické bakterie. Například některé aktinomycety dokáží atakovat a lyzovat chlupy, jak nám sdělil profesor Hubálek z Akademie věd.*



*Nakonec bychom chtěli ukázat útvary tvaru vajíčka. Jejich rozměr je přibližně 10 x 15 μm. To na snímku je prasklé.*



*Zde máme dokonce jakési dvojevajíčko při extrémním zvětšení. Vypadá to, že z některého z nich vyrůstá vlákno o průměru asi 1  $\mu\text{m}$ . V horním „vajíčku“ je z levé strany vidět otvor. Rozměry vajíček jsou přibližně 10 až 12  $\mu\text{m}$ .*



*A nakonec ještě jedno „vajíčko“, ze kterého skutečně můžeme vidět vyrůstající vlákno. Průměr vlákna je asi 0,5 μm. Co jsou ony vajíčkové útvary, zatím nevíme.*