

Zlato

ako vzácna surovina, jeho história, súčasnosť a budúcnosť

Doc. Mgr. Peter Koděra PhD



Katedra ložiskovej geológie PriF UK



Prehľad prednášky

- *vlastnosti zlata, jeho ťažba a využitie vo svete*
- *ako a kedy vznikalo zlato*
- *história ťažby na území Slovenska*
- *najvýznamnejšie ložiská a výskyty na Slovensku*
- *vyhl'adávanie a ťažba na Slovensku*
- *environmentálne a legislatívne problémy s prieskumom a ťažbou*



Jedinečné vlastnosti

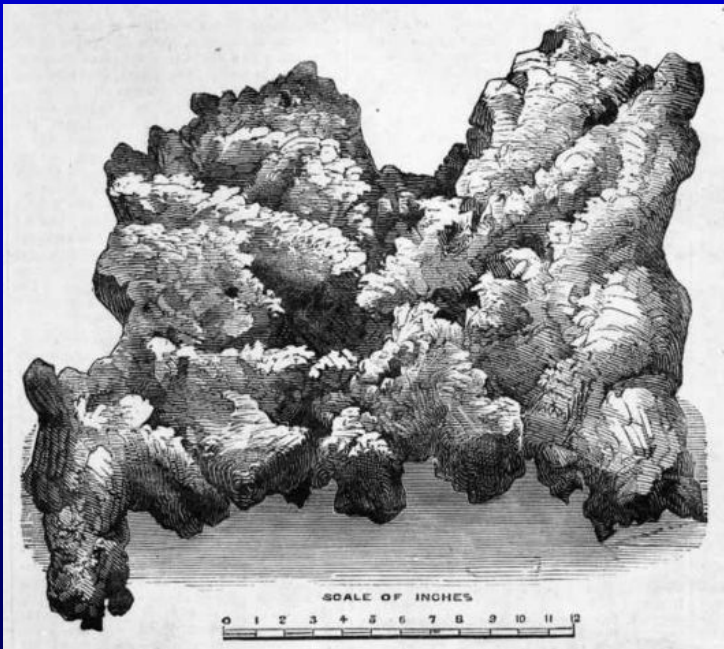
- názov z latinského *aurum* – úsvit
- **vzácný** prvok v zemskej kôre (0,34 mg/t) i vo vesmíre
- jasne **žlté**, veľmi vysoký **lesk**
- najlepšie **kujný a ťažný** kov ($1\text{ g} \rightarrow 1\text{ m}^2$)
- najmenej chemicky reagujúci kov
- veľmi dobrý vodič elektriny a tepla
- vysoká hustota $19,3\text{ g/cm}^3$



Výskyt

- najčastejšie ako **rýdze Au s prímiesou Ag** (nad 20 % Ag – minerál **elektrum**)
- **primárne Au** → zrná, vlákna, vetvičky (dendritické Au), oktaedrické kryštály
- **sekundárne Au** (ryžoviská) → šupiny, zaoblené zrná, **nugety**

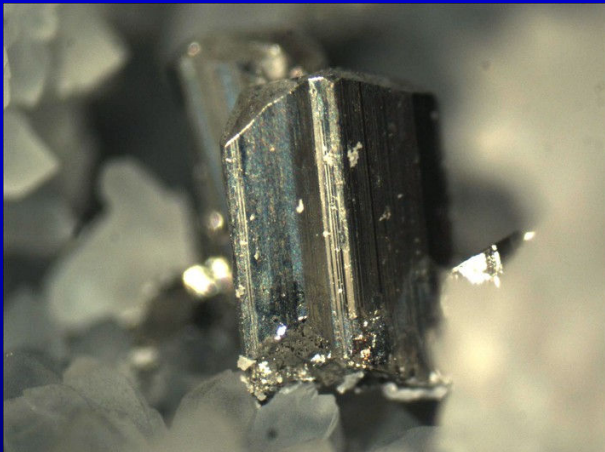
Najväčší nuget „Welcome Stranger“
(1869, Austrália): 70,8 kg, 17x40x70 cm



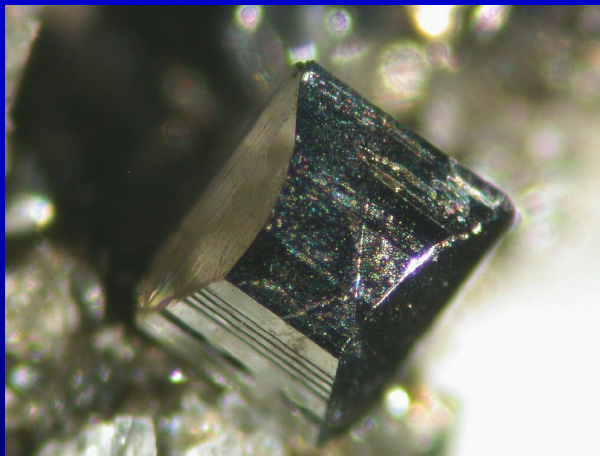
Výskyt

- zriedkavé **teluridy, amalgámy**, prímes v stopových množstvách **v bežných sulfidoch** (napr. FeS_2 , FeAsS , PbS)

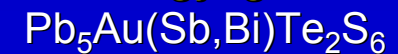
calaverit



sylvanit



nagyagit

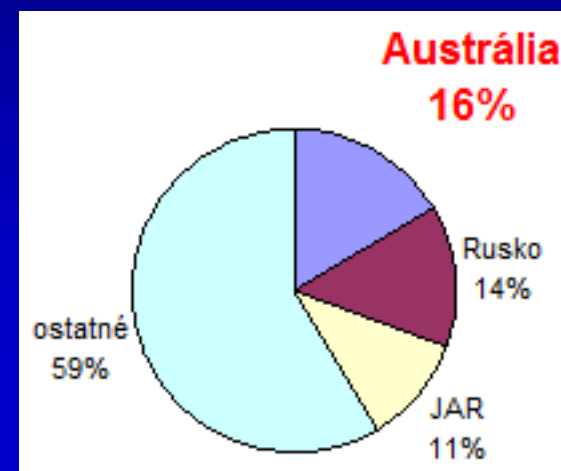


Zlato (Au) – Zásoby a těžba

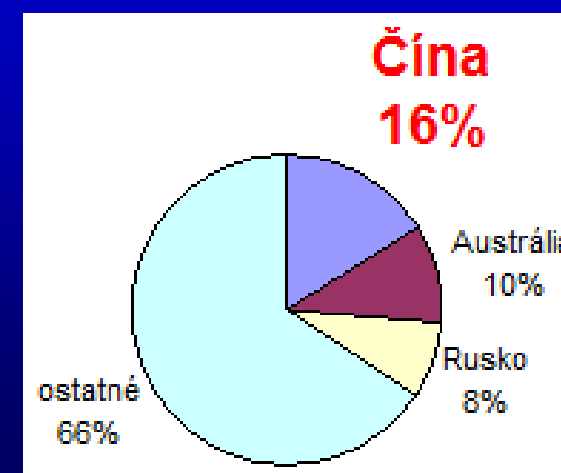
- Svet. zásoby: 56 000 t
- Svetová těžba: 3000 t
- Mierny nárast svetovej produkcie (najmä v Austrálii a Číne), těžba dlhoročného svetového producenta JAR klesá
- Súčasná cena zlata je 36,36 EUR/gram



Zásoby



Ťažba



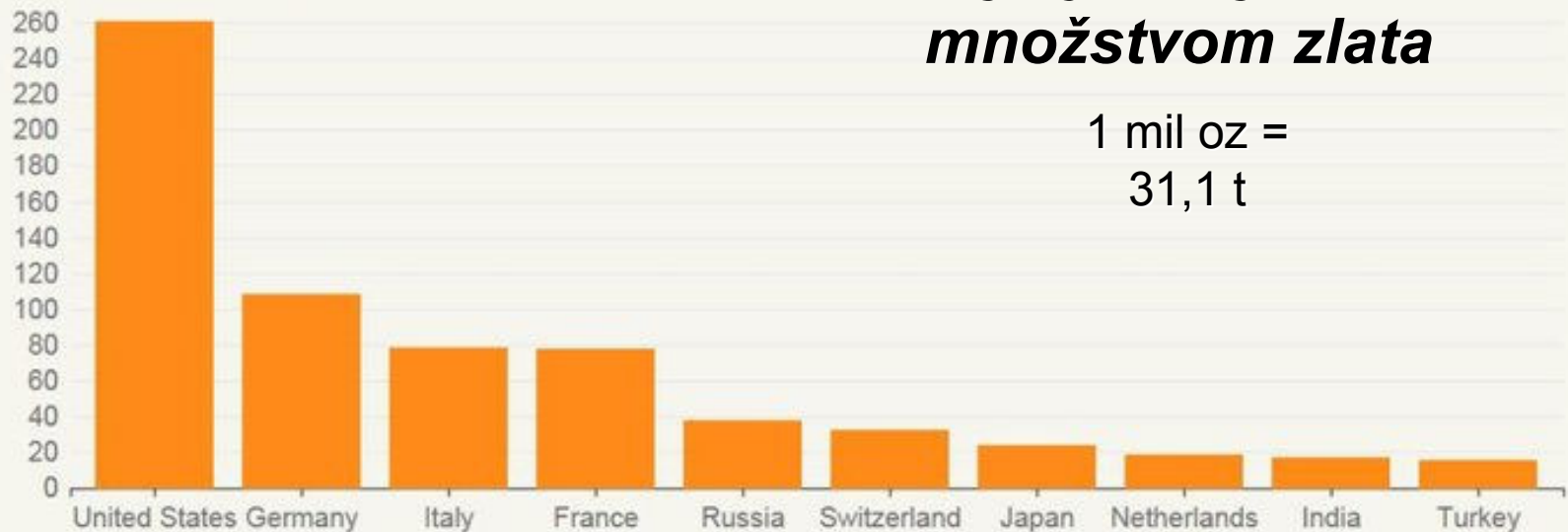
Použitie

- množstvo Au sa vyjadruje **v trojských unciach** (1 unca = 31,103 g)
- **čistota Au** vyjadrovaná v **karátoch (podiel Au)** – rýdze Au je 24 karátové, bežné je 14 karátové (75 % Au), už aj 9 (37,5% Au)
- **klenoty, mince a medaily** (väčšina Au) - používanie **zliatín** (zlepšenie tvrdosti, zmena farby):
 - s Ag – zelená, s Cu – ružová/červená, Zn, Ni, PGE - biela
- **finančníctvo** (1/3 Au): bankové rezervy, medzinárodné platby, krytie papierových peňazí



Top 10 Holders of Gold

In millions of troy oz



Bloomberg, IMF

Bloomberg

Krajiny s najväčším množstvom zlata

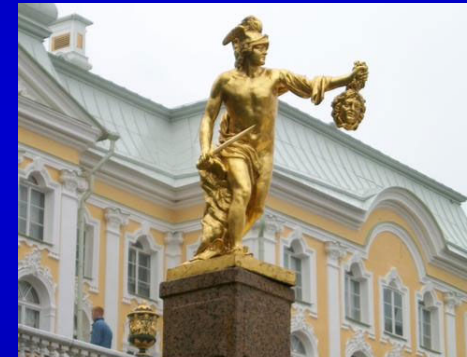
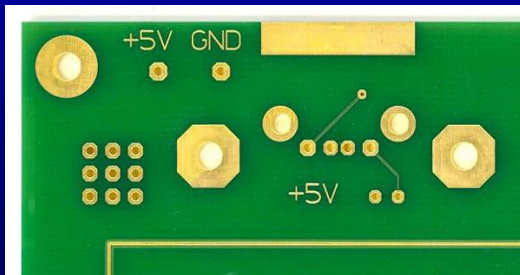
1 mil oz =
31,1 t

Krajiny s najväčšou spotrebou zlata:

10	SAUDI ARABIA	67.9 t
9	UNITED ARAB EMIRATES	68.2 t
8	VIETNAM	69.1 t
7	RUSSIA	70.6 t
6	THAILAND	83.6 t
5	GERMANY	101.4 t
4	TURKEY	123 t
3	UNITED STATES	179.2 t
2	CHINA	813.6 t
1	INDIA	842.7 t

Použitie

- **priemyselné účely:** pozlacovanie, pozlátenie kontaktov, tlačené spoje, polovodiče, povlaky Au na okenné sklá (IČ filter, estetika), stomatológia (zliatina s Pd a Cu)
- **HAuCl_4** – tónovanie pri fotografiách, pozlacovanie, farby, emaily
- **KAuCN** – elektrické pozlacovanie
- rádioaktívny **izotop ^{198}Au** – biologický výskum, liečba



História ťažby vo svete

- asi **prvý používaný kov**, výskyt v rýdzom stave **na ryžoviskách** (pred 6000 r.)
- používané **na ozdoby a klenoty** (Egypt, Čína, India)
- ťažba **zo žíl** už pred **4000 r.** (**Egypt'ania** z ložísk v Sudáne, Sinaji, Egypte)
- **Peržania, Gréci, Rímania** ťažili veľa Au (technológia od Egypt'anov)
- obnovenie ťažby po objavení ložísk v **Alpách, Karpatoch, Španielsku (13. st.)**
- v **J Amerike a Mexiku** Au ťažené už **pred 4000 r.**, **rabovanie Španielmi**, neskôr pokračovanie v ťažbe



pohrebná maska Tutanchamóna



maska Agamemnona
(cca 1400 pred n.l.)

História ťažby vo svete

- veľké ryžoviská **v Rusku** – 2/3 svetovej ťažby pred r. 1848
- v **S Amerike** „**zlatá horúčka**“ v r. 1848 (Kalifornia), 1896 (Klondike na rieke Yukon)
- v **J Afrike** objav veľkých ložísk 1834 pri Witwatersrande → využiteľné až použitím **kyanizácie** (v 90 r. 19 st.)
- koncom **19. st.** objav veľkých žilných ložísk v **S Amerike, Austrálii**



Klondike



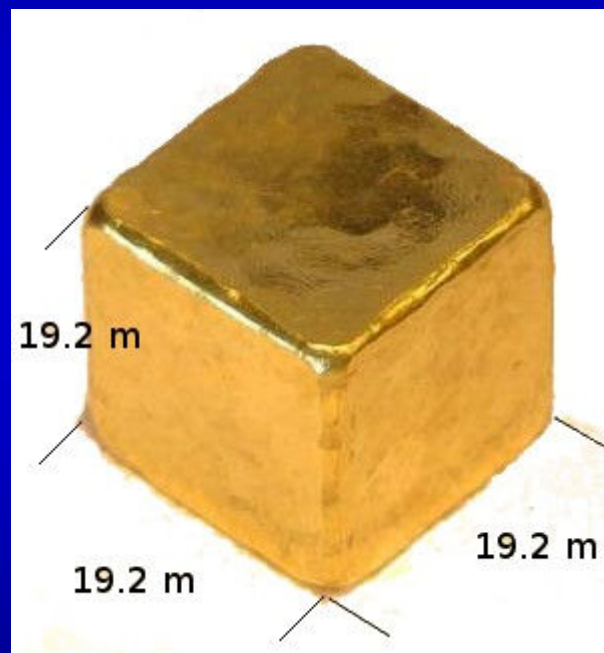
zlatá horúčka



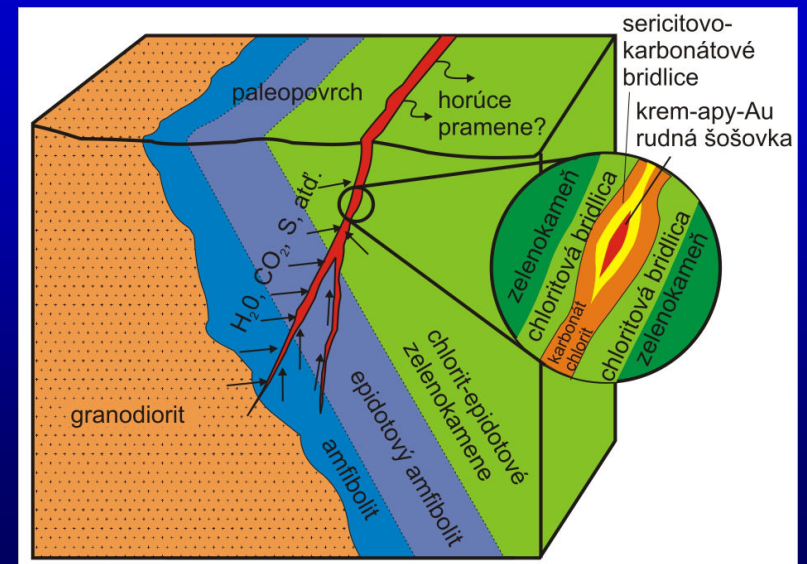
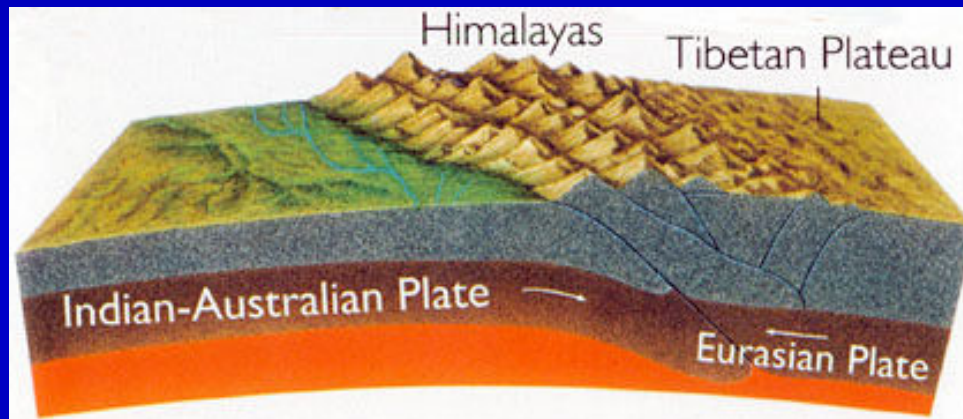
J Amerika

História ťažby vo svete

celkovo vyťažené **165 000 ton** – kocka o strane 20 m (75 % po roku 1910)

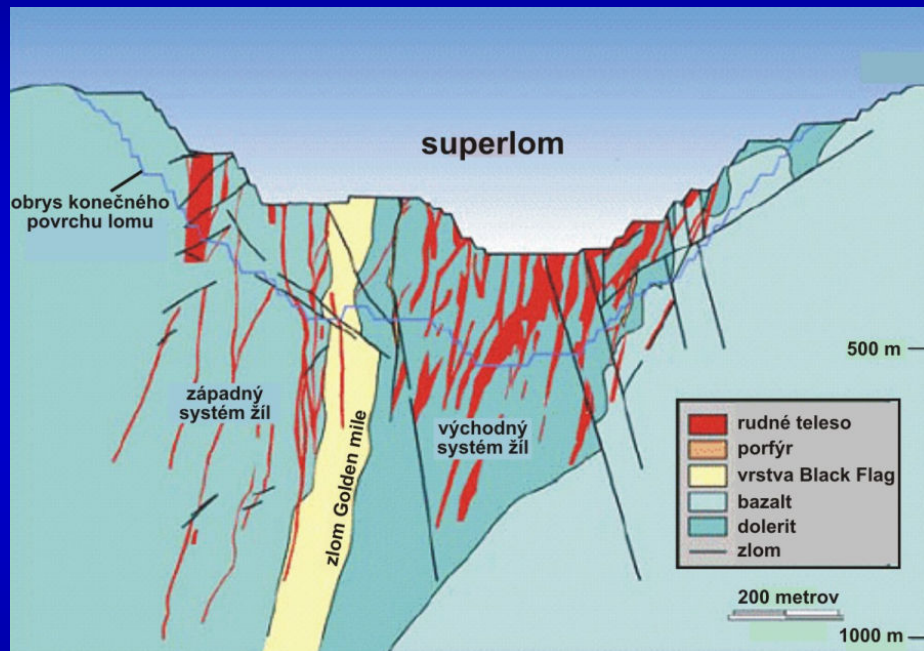


Ako a kedy vznikalo zlato



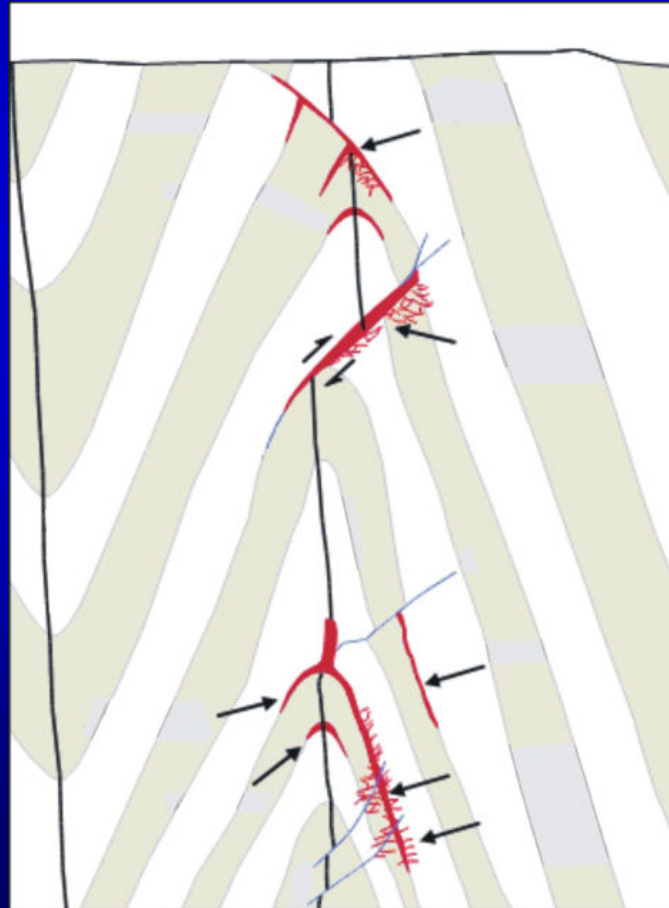
Ložisko Au Golden Mile, Kalgoorlie (Z Austrália)

- od r. 1893 vyprodukovalo **1200 t Au** podzemnou ťažbou **z bohatých žíl**, v súčasnosti sa ťaží povrchovo rozsiahla **zóna premien s chudobnou mineralizáciou** (ťažba 24 t Au ročne)



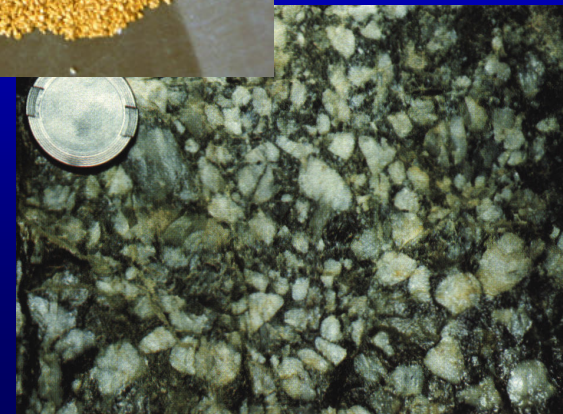
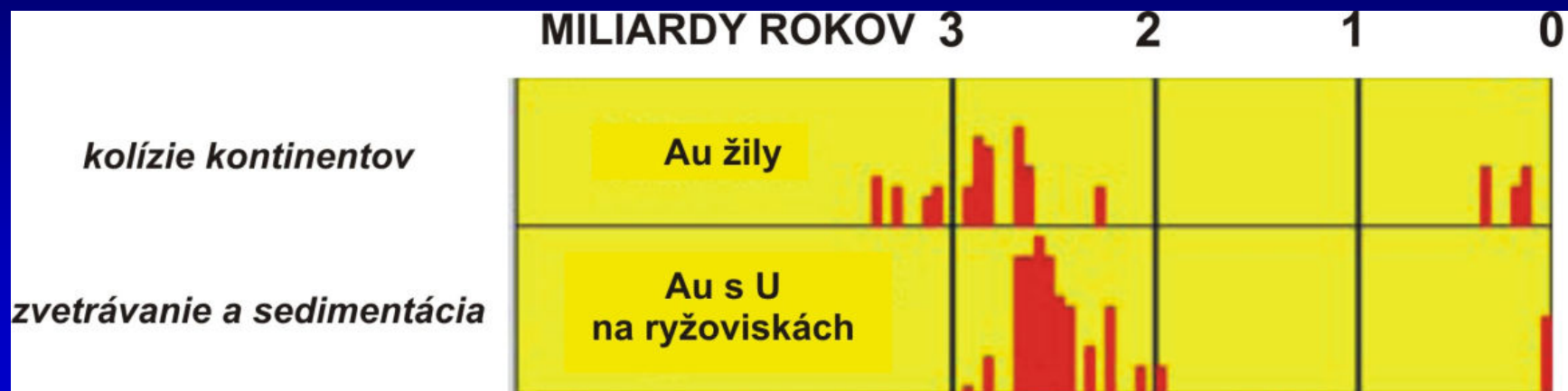
Ložisko orogénneho Au Bendigo (JV Austrália)

- najväčšie z pásma ložísk 110 km dlhého
- ložisko na ploche 3x12 km, obsahy **12-27 g/t Au**, celková produkcia **>700 t Au**, z toho 157 t **rozsypové Au**
- ostávajúce **zásoby 400 t Au**, ťažba dosiahla **do hĺbky 1400 m**
-



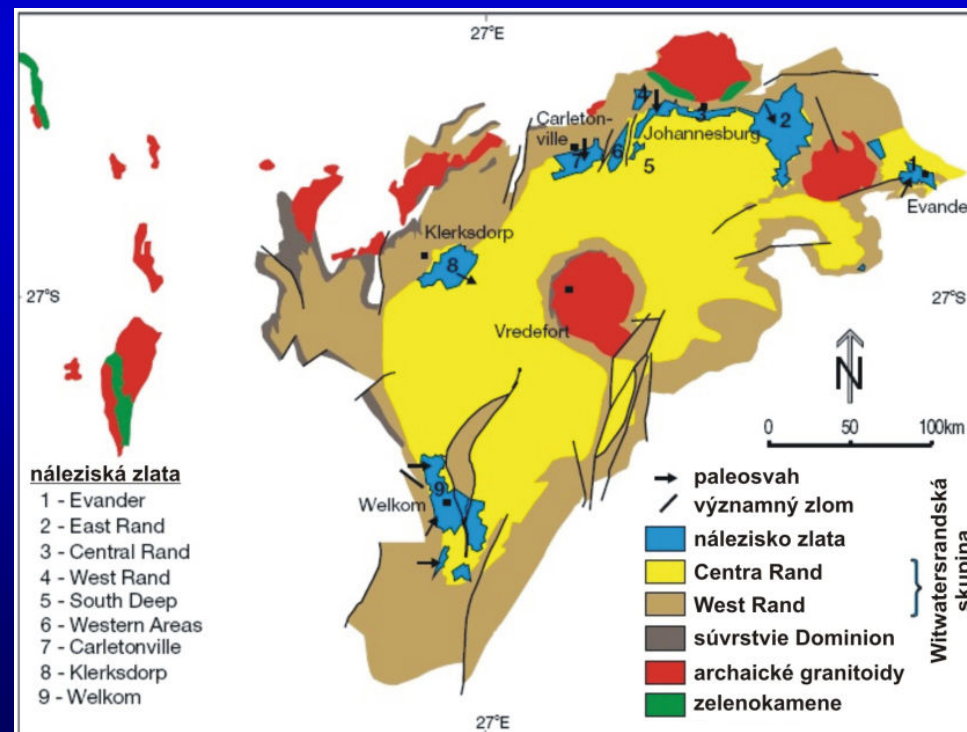
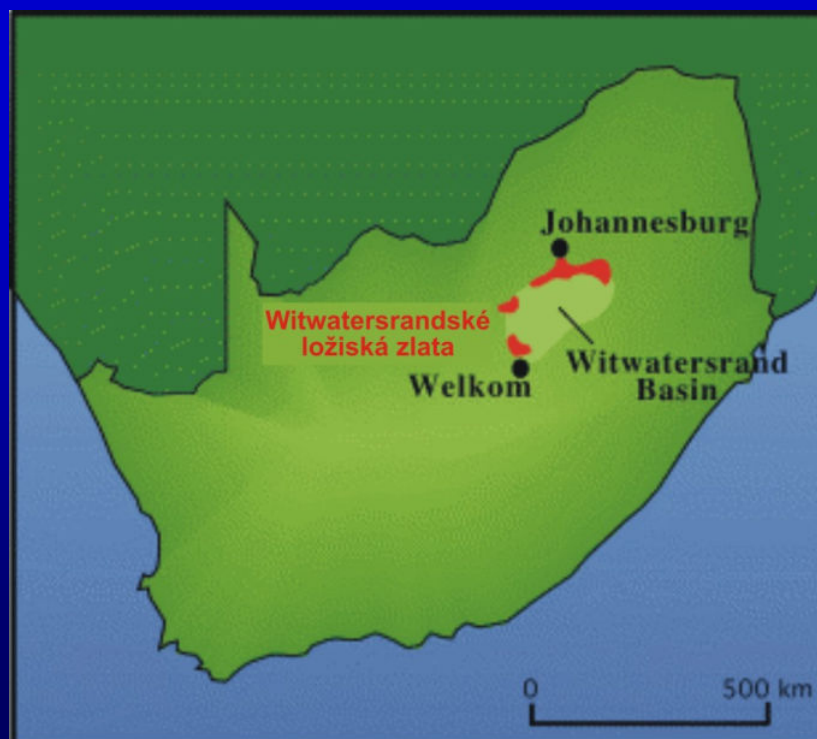
štruktúrna pozícia kremenných polôh na ložisku

Ako a kedy vznikalo zlato

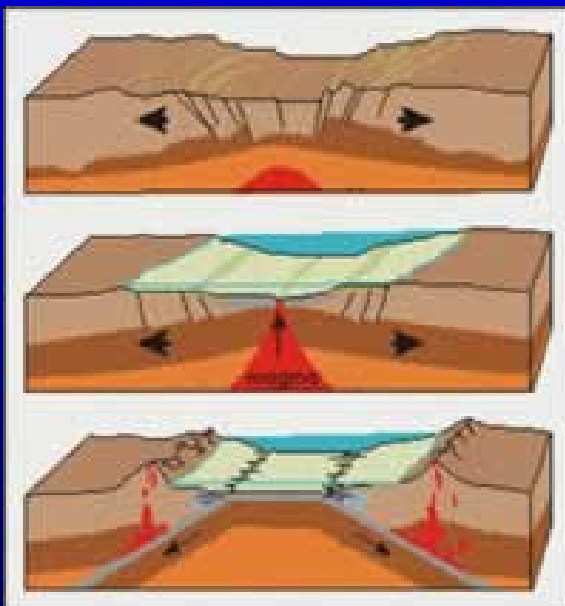
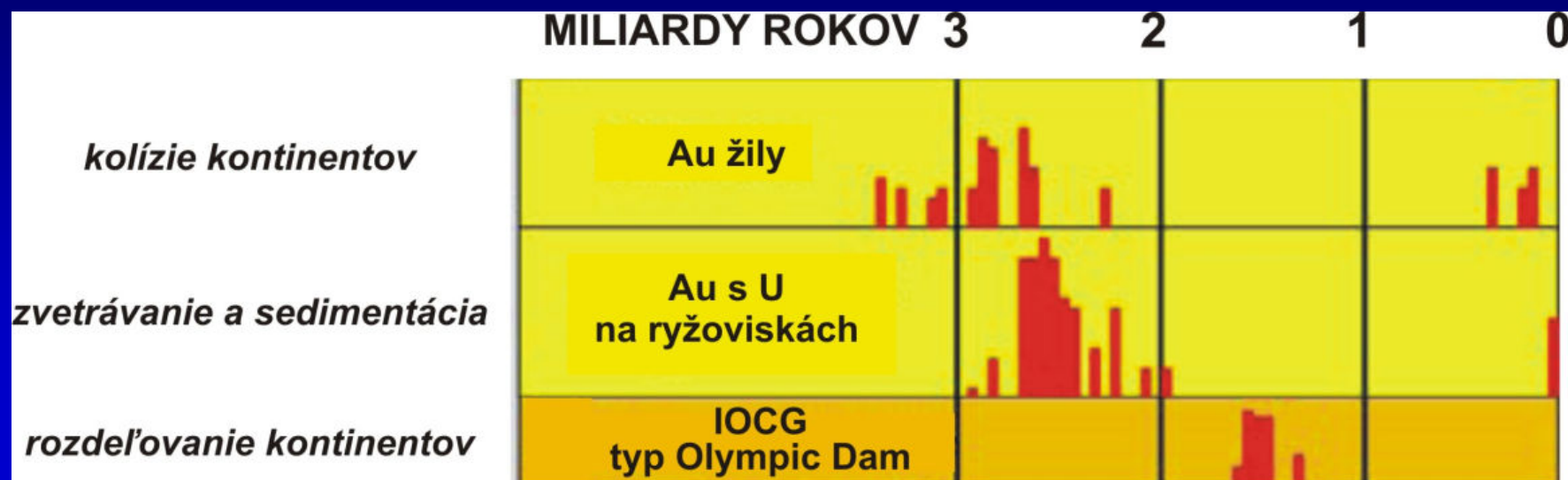


Ložiská Au-U Witwatersrand Goldfield (JAR)

- **výnimočná ložisková oblasť** vo svete - **vyťažené** už **50 000 t Au** (40% všetkého zlata vyťaženého v histórii ľudstva), **zásoby** ~ **6 000 t Au** (11 % svetových zásob)
- ťaží sa v **7 hlavných oblastiach** ruda s priemernou kovnosťou **7 g/t** do hĺbky až **3,6 km** z **tabuľovitých polôh** („reef“) hrubých do niekoľkých metrov **rozsahu stoviek km²**
- ložiskové telesá sú lokalizované **v konglomerátoch s kremennými obliakmi**, ktoré sú bohaté na **pyrit** a lokálne na **uraninit**
- **zachovali sa** vďaka **pochovaniu** pod hrubými **plató-bazaltami**

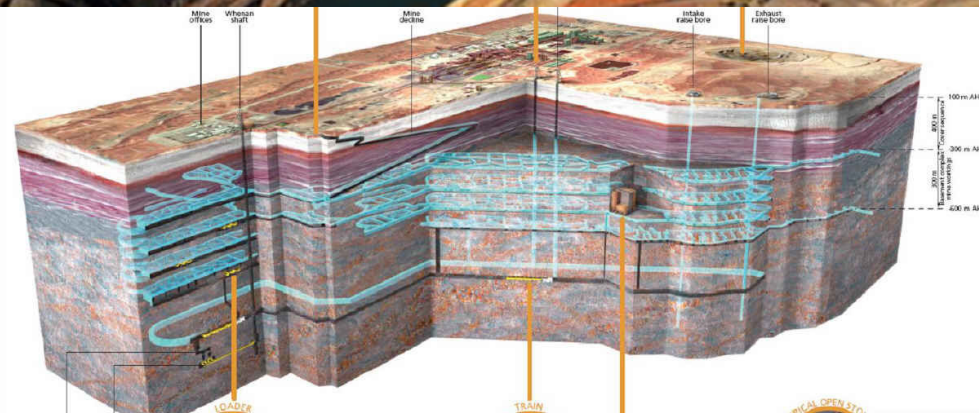


Ako a kedy vznikalo zlato

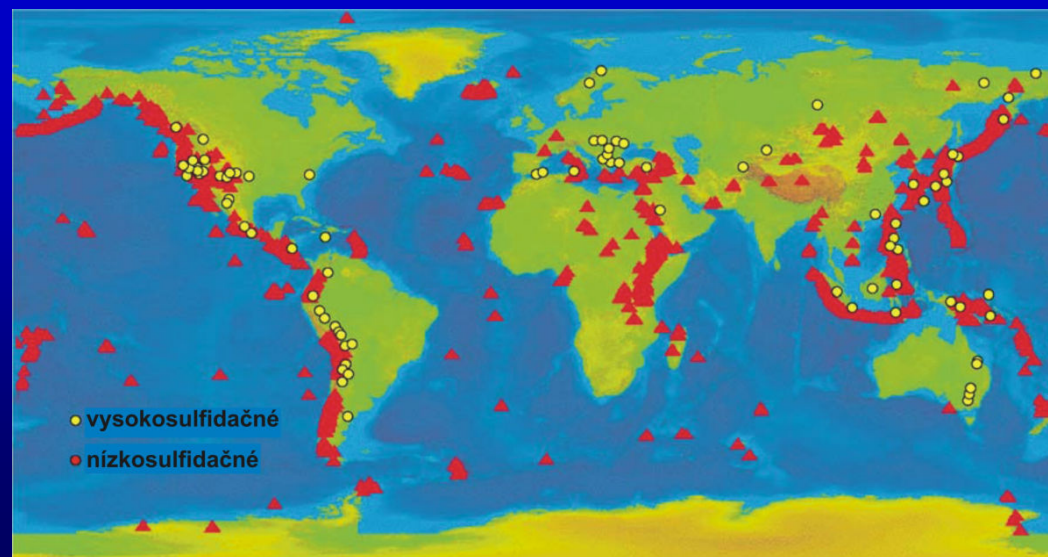
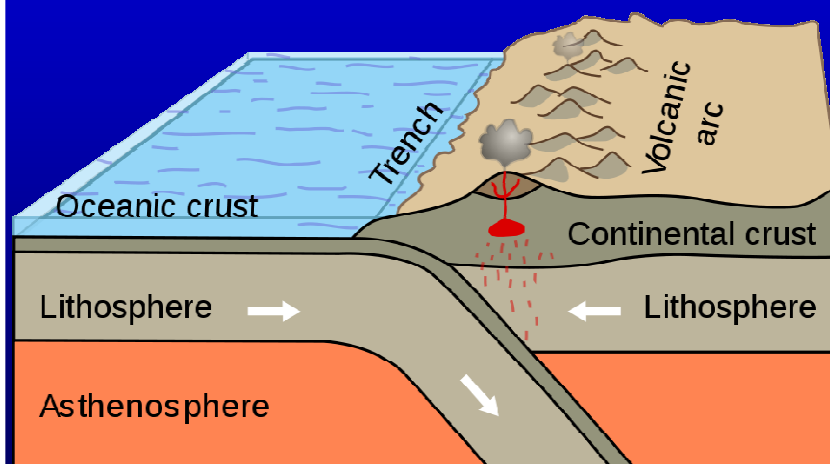
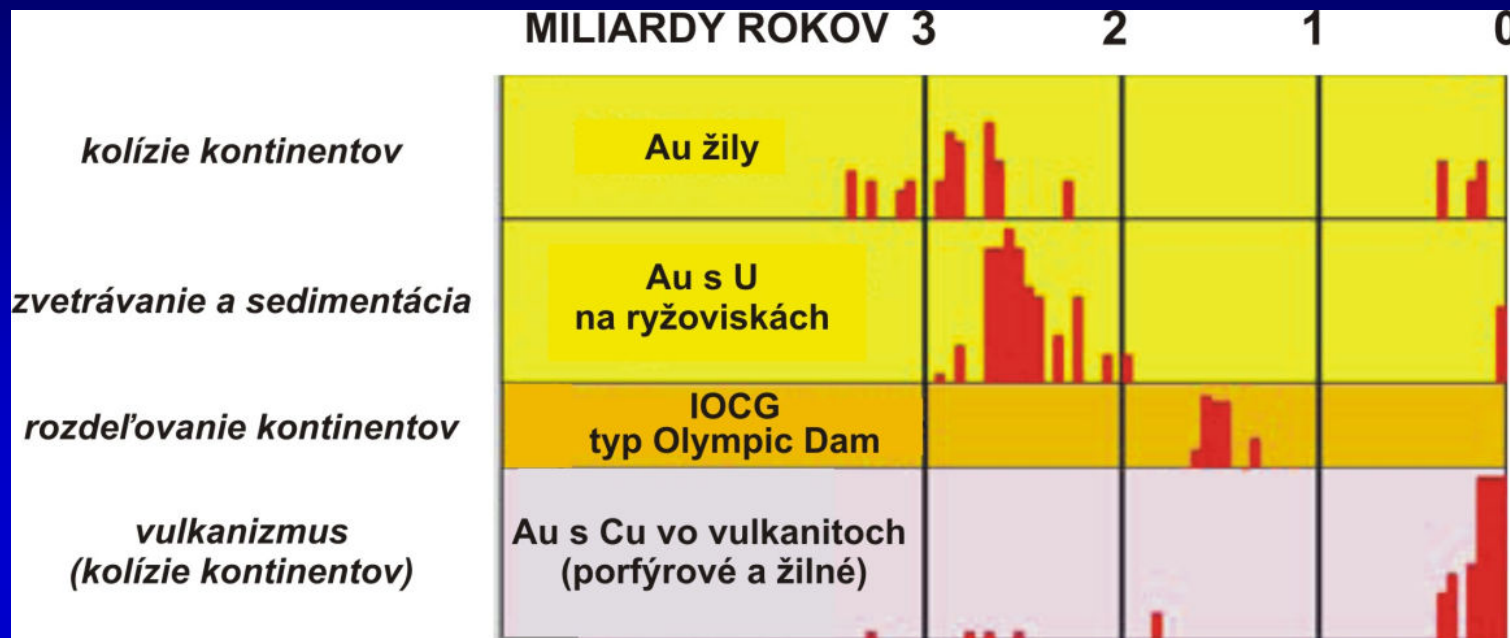


Cu-U-Ag-Au ložisko Olympic Dam (J Austrália)

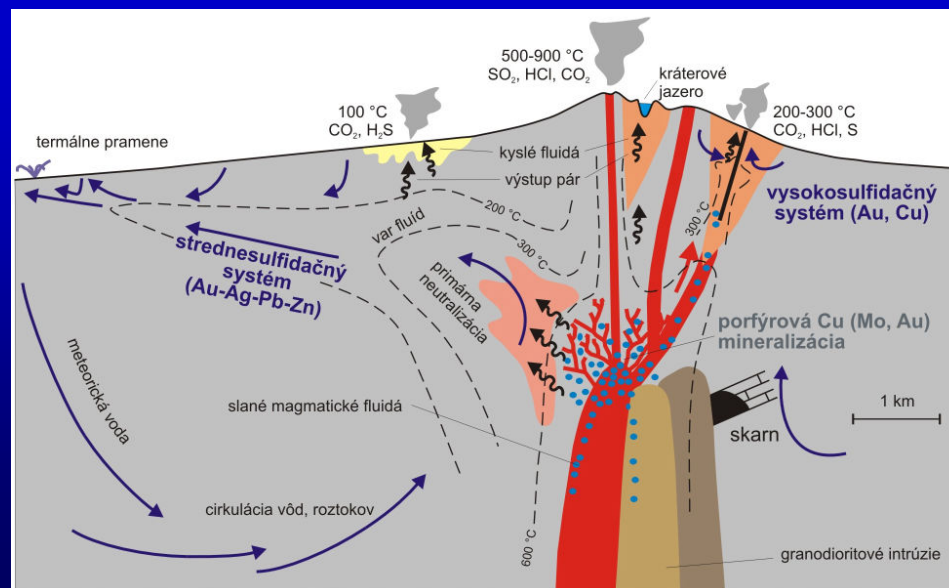
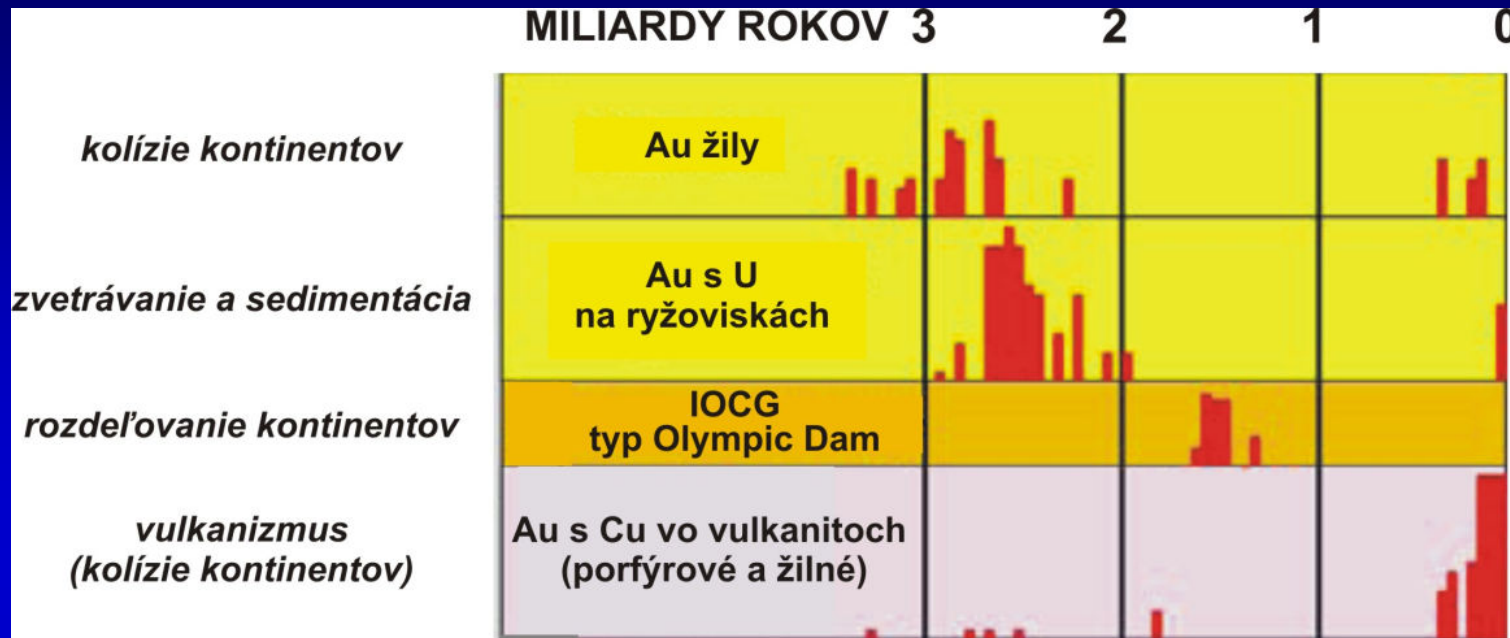
- objavené v r. 1975, skryté **pod 350 m sedimentárneho pokryvu**, dnes jedno z **najväčších ložísk U, Cu a Au** na svete
- **gigantické zásoby 3800 Mt** rúd s 1,0 % Cu, 0,5 g/t Au, 400 g/t $U_3O_8 \pm Ag, F, Ba, LREE$; Fe ~26% (najmä hematit)



Ako a kedy vznikalo zlato



Ako a kedy vznikalo zlato



Cu-Au-Ag-Mo porfýrové ložisko Bingham (USA)

- jedno z **najväčších ložísk porfýrových rúd** na svete, do r. 2004 sa vyťažilo už 16 Mt Cu, 715 t Au, 5900 t Ag, 390 t Mo



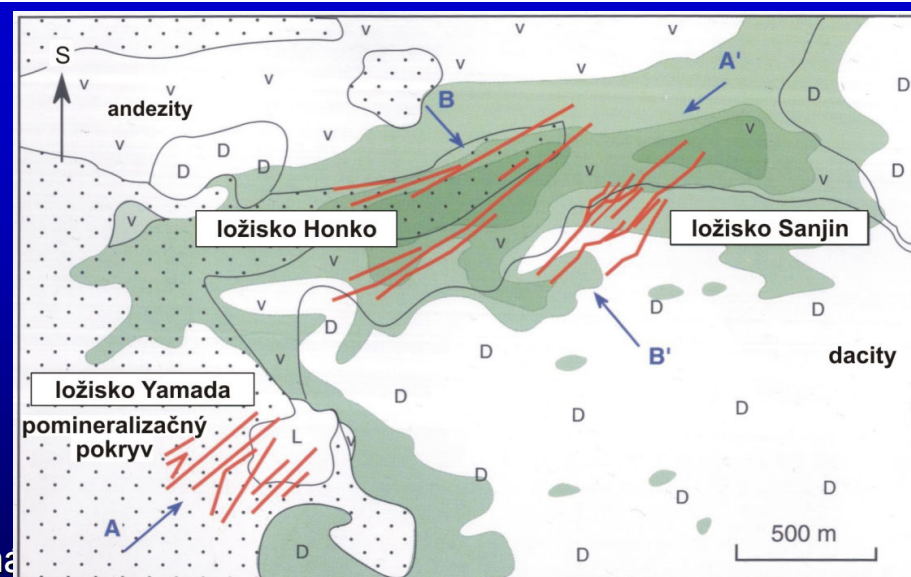
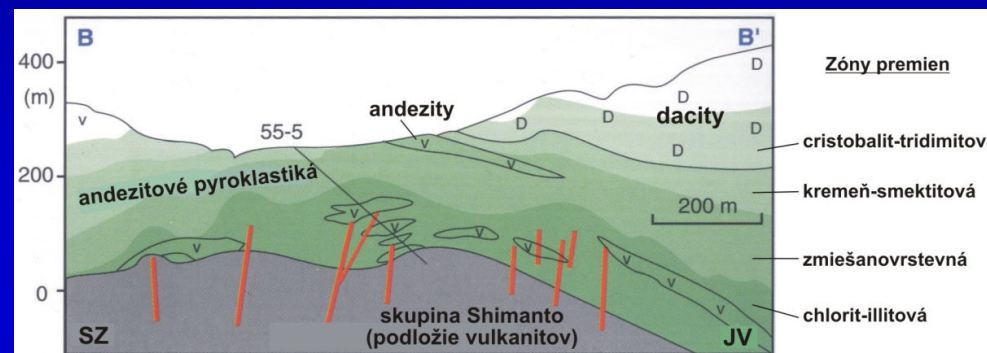
Cu-Au porfýrové ložisko Big Gossan (Indonézia)

- ložisko Big Gossan je **najkvalitnejšie v oblasti** (37 Mt s 2,7% Cu, 1 g/t Au)
- v celej oblasti Ertzberg sú viaceré Cu-Au ložiská, spolu tvoriace **najväčší svetový zdroj Cu-Au rúd** (2600 Mt s 1,1% Cu, 1 g/t Au)



Epitermálne Au-ložisko Hishikari (Japonsko)

- bohaté **žilné ložisko s 260 t ťažiteľného Au** s priemernými obsahmi **25–65 g/t Au**
- **žilné pásmo** 750 m x 2 km s viacerými skupinami žíl najmä **v predvulkanickom podloží**, ale žily **neústia až na povrch**



mapa a rez ložiskom Hishikari, na mape je vynesena pozícia žíl pod povrchom

História ťažby na Slovensku - počiatky

- ~ **3000 p.n.l.** - začiatok **používania kovov** na našom území (Fe, Cu a Au), ozdobné krúžky na pohrebiskách na východnom Slovensku, neznámy pôvod kovov
- **2. st. p.n.l.** - **Kelti** začali raziť vlastné Au a Ag mince (biateky), kovy pravdepodobne získavali aj na území Slovenska – **ryžovanie zlata** z rozsypov
- **3. a 4. st. n.l.** - **ťažba drahokovových rúd** v oblasti **Banskej Štiavnice** už v čase expanzie Rimanov až k Dunaju
- 8. st. - zakladanie **prvých banských osád** (B. Štiavnica, Kremnica)
- od 9 st. n.l. (veľkomoravské obdobie) - začiatok snáh budovať „štátny poklad“ – **organizovaná ťažba drahokovových rúd** predovšetkým ryžovaním **rozsypov** (napr. Banská Štiavnica)



História ťažby na Slovensku – nemecké obdobie

- 11.- 16. st. – 1. etapa nemeckého obdobia baníctva:

- prichádzať začali najmä po tatarskom vpáde (1240-1242), dostávali **privilégiá na rozvíjanie baníctva** od konca 13. st. Nemci už **spravovali všetky bane**, zlepšili **organizáciu** baníctva, priniesli modernejšie **technológie** spracovávania kovov
- postupný **prechod na podzemnú ťažbu**, od 14. storočia sa takto ťažilo v **B. Štiavnicí a v okolí B. Bystrice** – ryžovanie prebiehalo zároveň s podzemnou ťažbou až do 14.-16. st.
- spájanie drobných ťažiarov do väčších spoločností, založené **združenia banských miest**

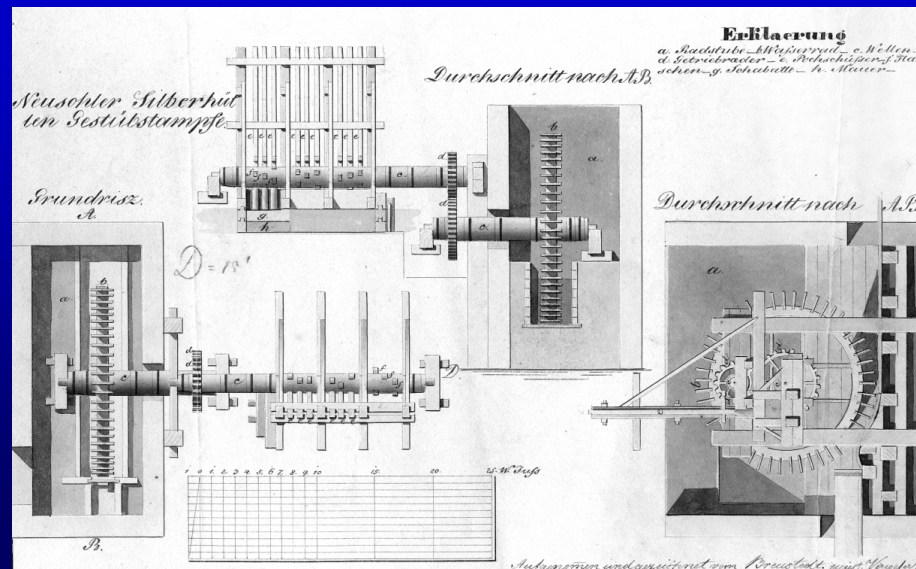
- 17. st. – 1711 – 2. etapa nemeckého obdobia baníctva:

- **pokroky v banskej technike** („zlatý vek“ slovenského baníctva): 1627 – začiatok **používania pušného prachu** (v B. Štiavnicí)
- **ožobračovanie banských miest daňami** do ukončenia uhorských stavovských povstaní (1711)



História ťažby na Slovensku

- 1711 – 1867– 3. etapa nemeckého obdobia baníctva (do Rakúsko-Uhorského vyrovnania)
 - ťažili sa **drahé kovy** v oblasti B. Štiavnice, Kremnice (priemerná ročná ťažba 465 kg Au)
 - vyvinutie výkonných **vodostípcových strojov** na čerpanie banských vôd a ťažných strojov
 - B. Štiavnici **založenie Banskej školy** (1735) a **Banskej akadémie** (1762)
 - nepriaznivé ovplyvňovanie ťažby **zámorskými objavmi** ložísk drahých kovov
 - **narastanie hĺbky dobývania, znižovanie kovnatosti** → znižovanie ťažby, časté dotovanie ťažby štátom



História ťažby na Slovensku

- 1867 – 1918 - uhorské obdobie baníctva (do vzniku ČSR)
 - budovanie nových **dedičných štôlní** (Voznická dedičná štôlna v B. Štiavnici)
 - **zmeny v organizácii** ťažby, investície do **úpravnického** procesu
 - pokračovanie **stratovosti** prevádzok
- 1918 – 1945 - 1. slovenské obdobie baníctva
 - po r. 1918 **odchod vedenia baní a Vysokej školy baníckej** do Maďarska
 - pokračovala ťažba existujúcich baní, ukončenie niektorých stratových



kremnické
baníctvo
v r. 1895

História ťažby na Slovensku

- 1945 - 1990 - 2. slovenské obdobie baníctva
 - **ukončenie ťažby drahokovových rúd** (1970 - Kremnica)
 - Au s Ag boli aj vedľajším produktom ťažby farebných kovov (Cu, Sb)
- 1990 - súčasnosť - 3. slovenské obdobie baníctva
 - obnovenie ťažby Au v r. 1992 na bani Rozália v Hodruši, ako **jediná rudná baňa** funguje do súčasnosti
 - príchod **zahraničných prospekčných spoločností**, prieskum zameraný najmä na **Au- a U- mineralizácie**

celková produkcia:

~100 ton Au a 5 000 ton Ag

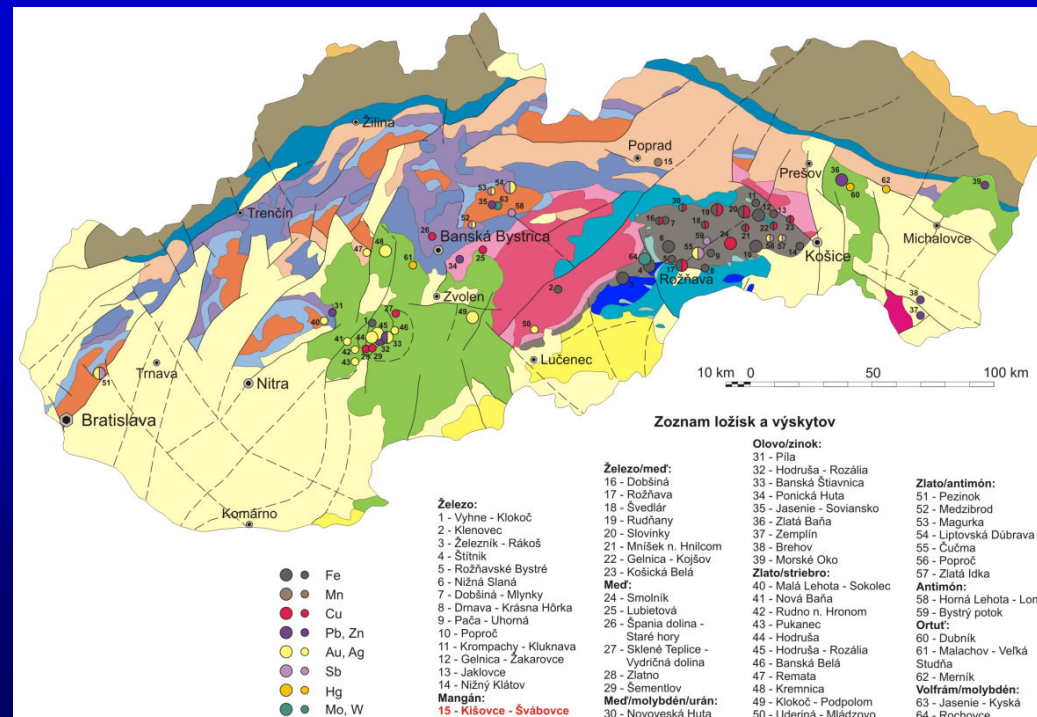


Úspešné prieskumné aktivity na Slovensku

- vyhľadávanie a prieskum v súčasnosti realizujú najmä **drobné zahraničné spoločnosti** („junior companies“):
- úspešné výsledky prieskumu posledných rokov s vyčíslením zásob:
 - Kremnica - Au žilné ložisko vo vulkanitoch (firmy Argosy, Turnigan, Ortac Resources): overenie 17,4 mil. ton rúd s 1,6 g/t Au a 12,8 g/t Ag
 - Detva - Biely Vrch – novoobjavené Au porfýrové ložisko (firma EMED), čiastočne overených 42 mil. t . rúd s 0,8 g/t Au - významné ložisko ťažiteľné so ziskom (33,6 t Au)
 - Hodruša–Svätozár – Au žilné ložisko vo vulkanitoch (firma Slovenská Banská) - vyhľadávanie pokračovania existujúceho ťaženého ložiska, overených ~200 000 t v kategórii s kvalitou 12-14 g/t Au (štátom financovaný prieskumný projekt)

Príklady významných ložísk

- ryžoviská súvisiace so zvetrávaním a sedimentáciou: Zlatníky, Kokava, Magurka, Rožňava
- žilné súvisiace s kolíziami kontinentov (tzv. orogénne zlato, obvykle s Sb): Pezinok, Magurka, Zlatá Idka, Čučma
- žilné súvisiace s vulkanizmom v tret'ohorách: Kremnica, Hodruša-Hámre, Pukanec, Nová Baňa, Zlatá Baňa
- rozptýlená mineralizácia súvisiaca s vulkanizmom (tzv. porfýrová, Au a Cu-Au): Detva – Biely vrch, Vysoká-Zlatno



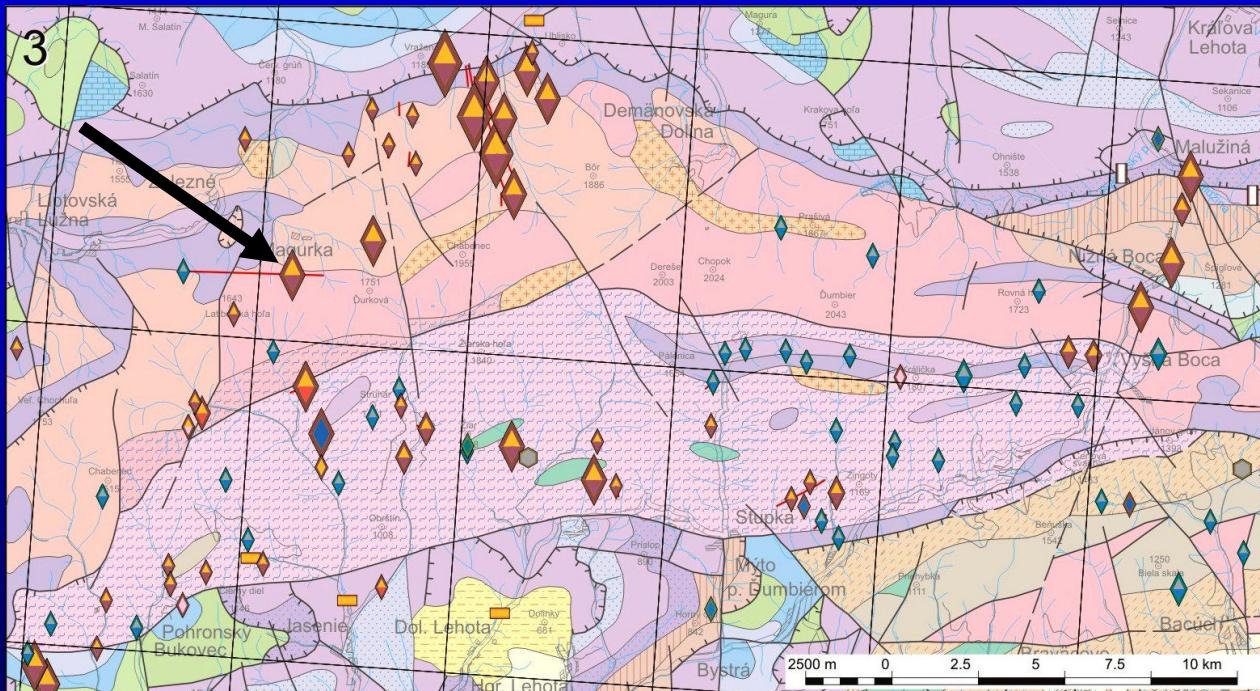
Zlatníky (Považský Inovec) – ryžoviská

- **najväčšie ryžoviská v SR**, ťažené už asi Keltmi, neskôr najmä v stredoveku
- spracovaných ~4-5 mil. m³ materiálu, získaných ~**500-1750 kg Au**
- **riečne sedimenty**, zlatonosné štrkové terasy hrubé do 1 m
- **nejasný pôvod zlata** v rozsypoch, **oderodovaný primárny zdroj?**



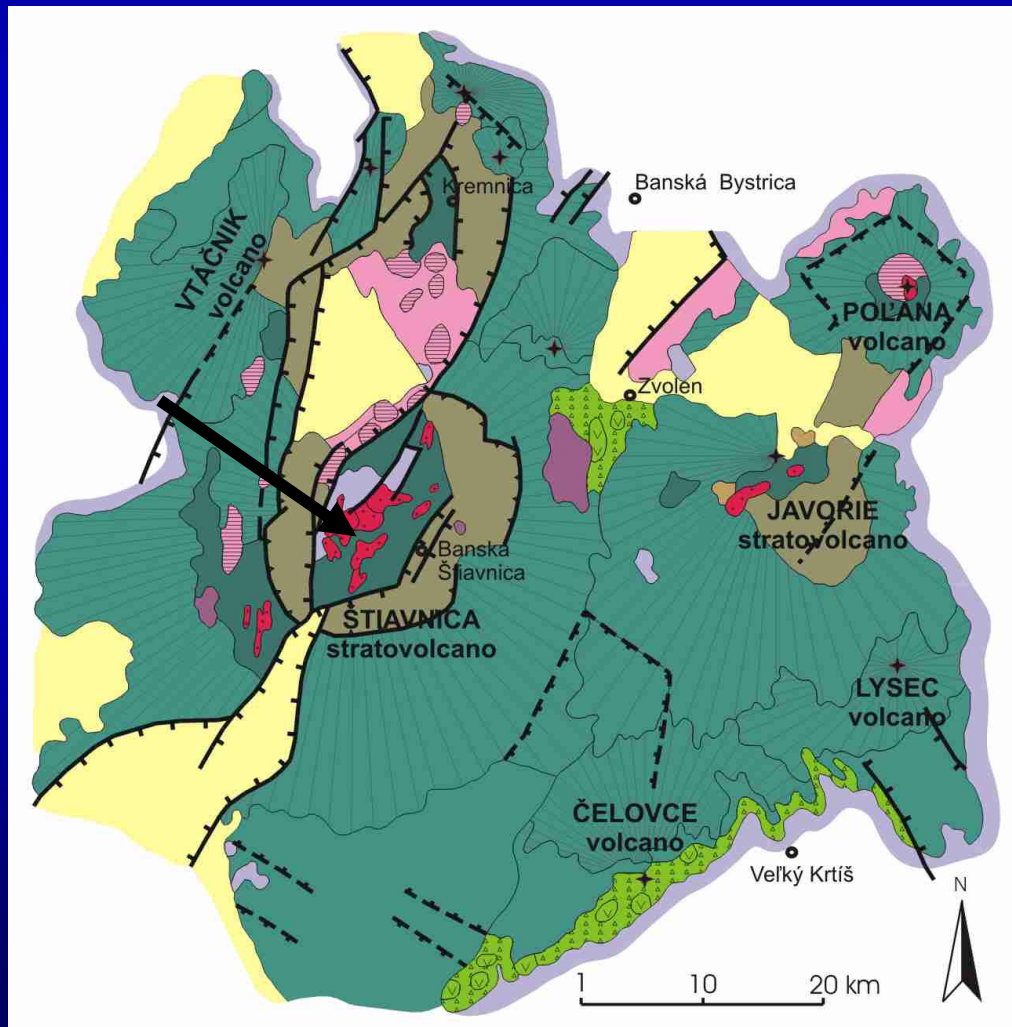
Magurka – žilná mineralizácia (Sb-Au)

- ložiská a výskyty Au mineralizácie v oblasti Nízkych Tatier
- **kremenné žily s Au (pri povrchu) a Sb (hlbšie)** v d'umbierskom **granite**
- **paralelné žily V-Z smeru**, hlavná **Magurská žila** dĺžky 1,6 km, šírky 300 m, vert. rozsah 400 m, žily hrúbky do 4 m
- najúspešnejšia ťažba **pred r. 1580**, ťažené aj rozsypy (ľadovcové), ťažba ukončená r. 1923

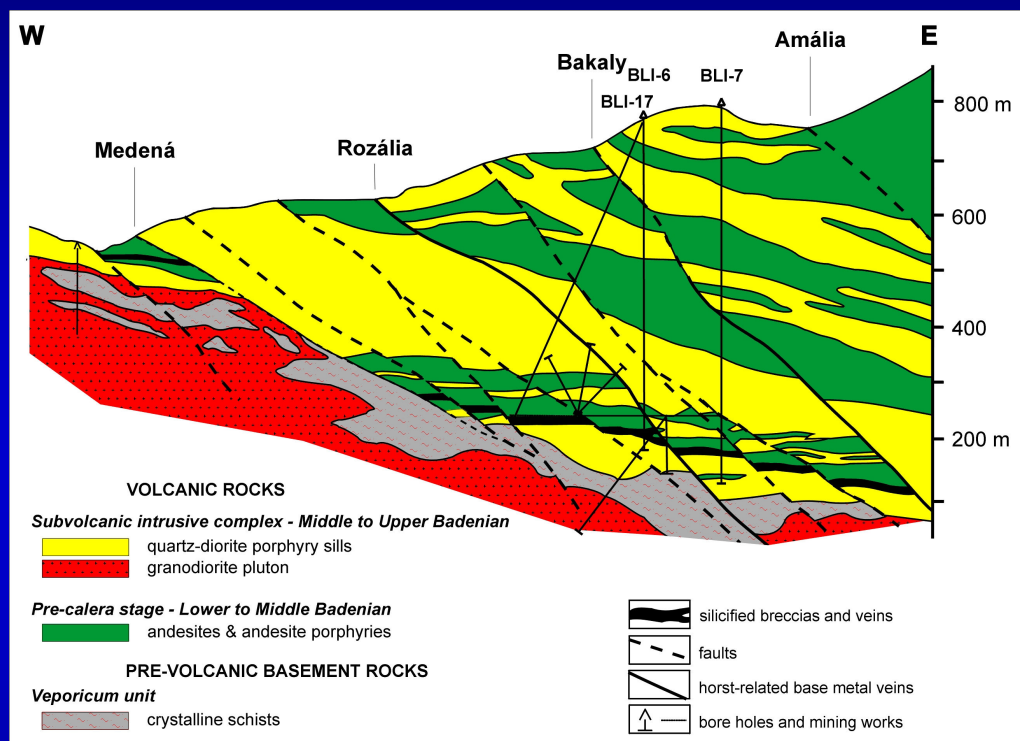


Hodruša - Rozália baňa, súčasná ťažba Au

- Regionálna pozícia: stredoslovenské neovulkanity, **Štiavnický stratovulkán** treťohorného veku

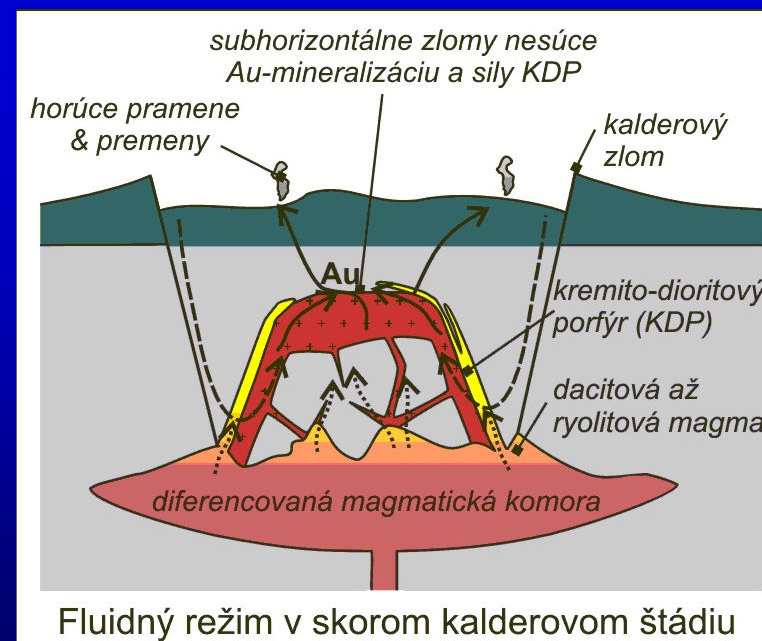


Hodruša - Rozália baňa Au



- **Dovtedy neznámy typ mineralizácie**, odlišný od historicky ťažených žíl v tejto oblasti
- Vznik súvisí **s počiatočným štádiom prepadu kaldery** so zdrojom kovov **v magmatickom rezervoári pod vulkánom**

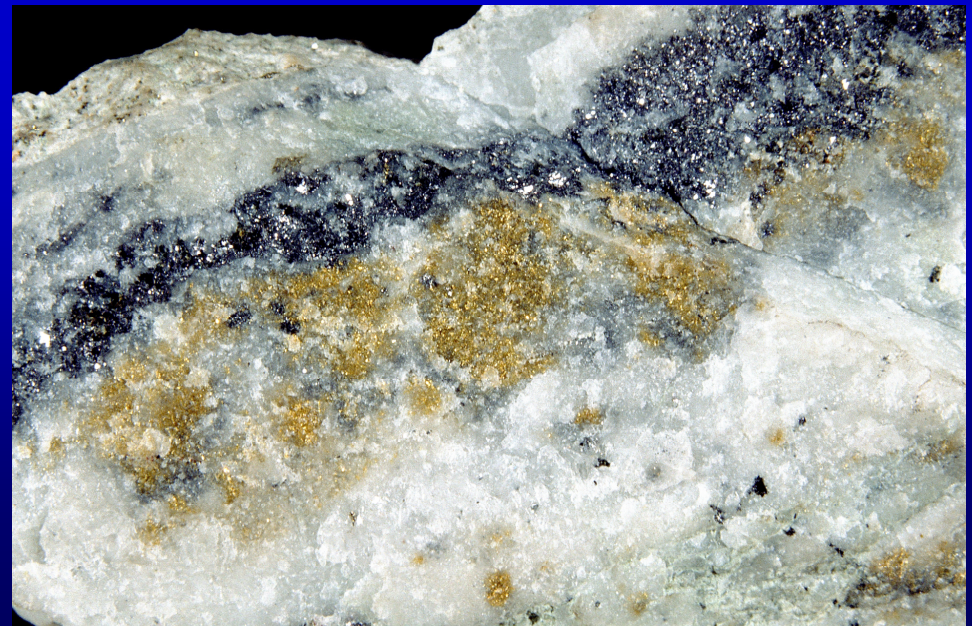
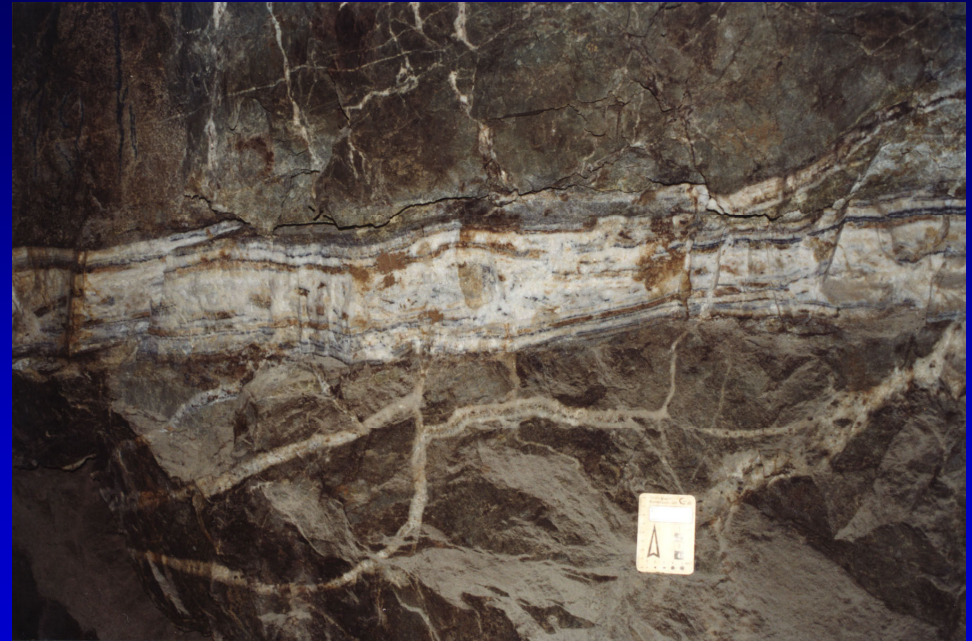
- Ložisko **objavené náhodne** koncom 80-tych rokov pri prieskume na Cu-rudy na historickej bani Rozália
- Au mineralizácia je **žilného typu**, nevychádza na povrch (450 m hĺbka)



Model vzniku mineralizácie

Hodruša - Rozália baňa

- Hrúbka žil 0,1-2 m
- Kovnatosť: Au 5-600 g/t (7-10 g/t Au, 4-6 g/t Ag v priemere)



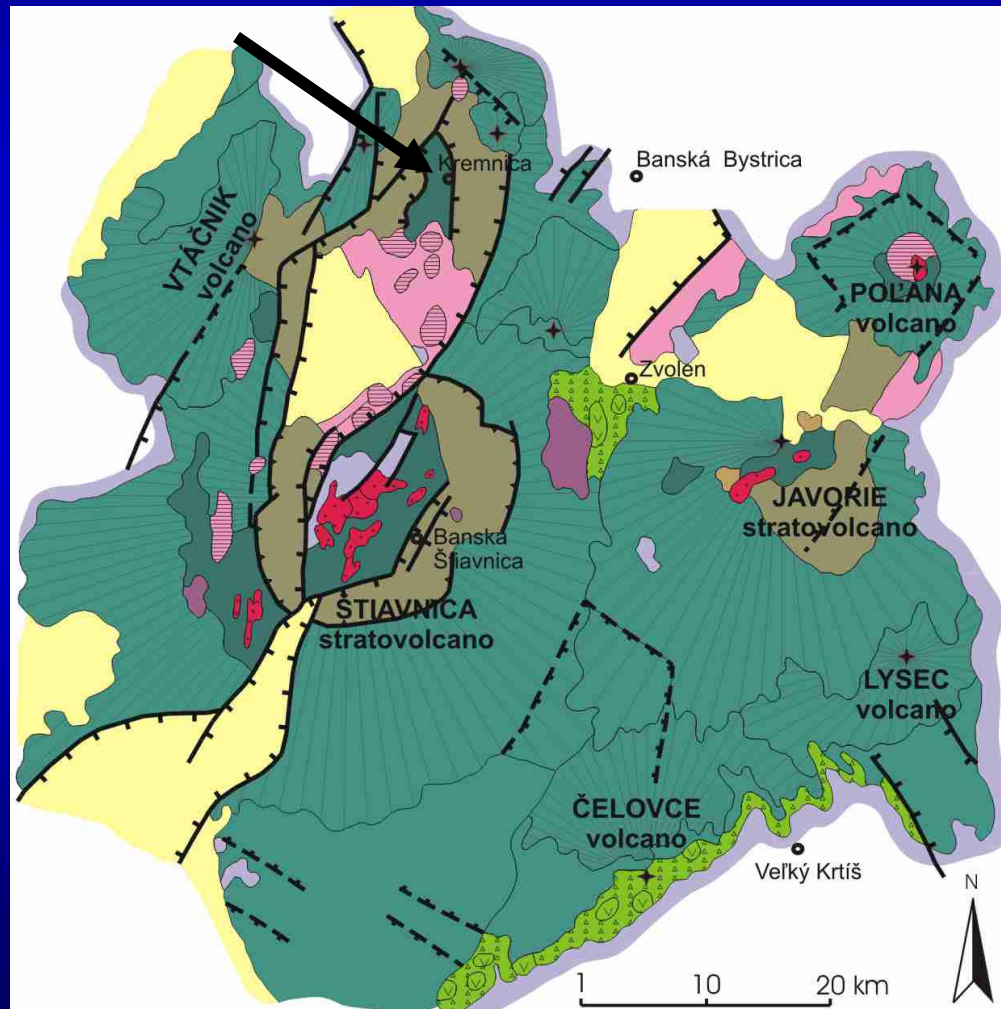
Hodruša - Rozália baňa

- Ťažba od r. 1992 (Slovenská banská, s.r.o.)
- Celková produkcia **8 t Au a 5,5 t Ag** (od r. 1992)
- Overené a ťažené pokračovanie ložiska V smerom (**súčasná ťažba ~0,5 t Au ročne**)



Kremnica – žilné systémy vo vulkanitoch

historicky najvýznamnejšie slovenské ložisko zlata



Kremnické zlato a jeho slávna história

- počiatky baníctva asi v **8. storočí**
- **najväčší rozkvet v 14-15. storočí**, priemerná produkcia 250 kg Au ročne (tretina svetovej ťažby)
- **slobodné kráľovské mesto a založenie mincovne** v r. 1328 (kremnické dukáty)
- od 2. polovice 15. storočia postupný úpadok (<100 kg Au ročne)
- **3 generácie dedičných štôlní** (1385: Horná – 4,3 km; 1519-1613: Hlboká – 7 km, 1841-1899: Hlavná – 15,5 km)
- **zastavenie ťažby v r. 1970** (cena zlata len 35 USD/oz), likvidácia do r. 1979, ale v r. 1980 už **nový rozsiahly prieskum** (612 USD/oz)
- celková produkcia ložiska do r. 1970 odhadovaná na **35-46 t Au**



Kremnické zlato

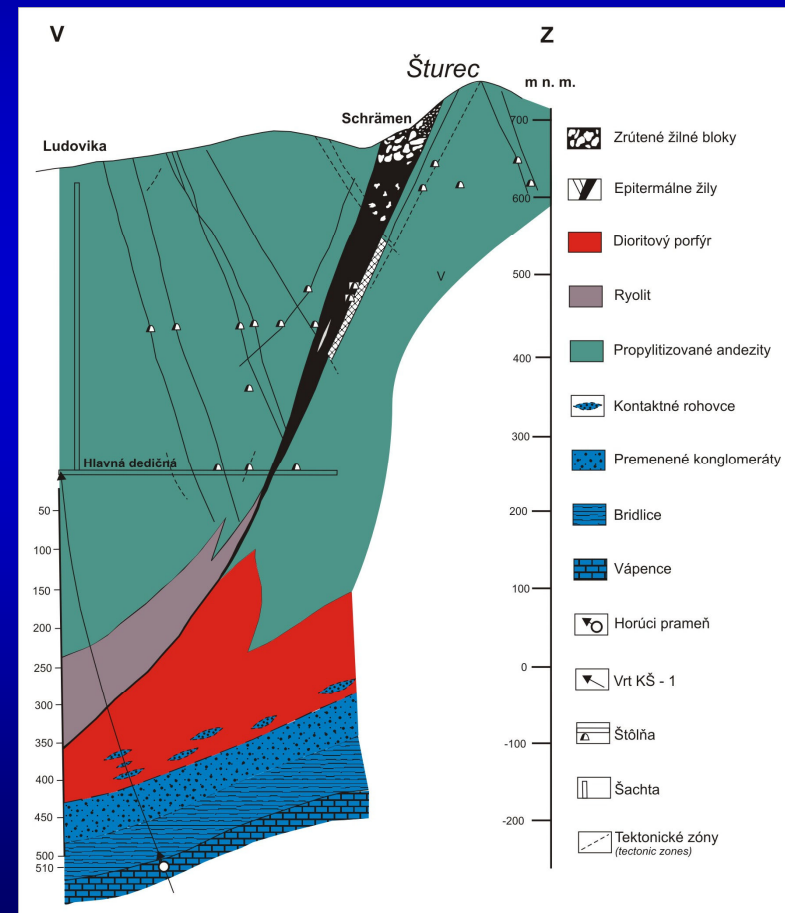


Kremnica - Au

- ~ 120 žíl, **2 hlavné žilné systémy**, rozvetvujúce sa pri povrchu
- smerná dĺžka 6,5 km, šírka zóny žíl 100-300 m, hrúbka žíl až do 80 m, vertikálny rozsah > 1km



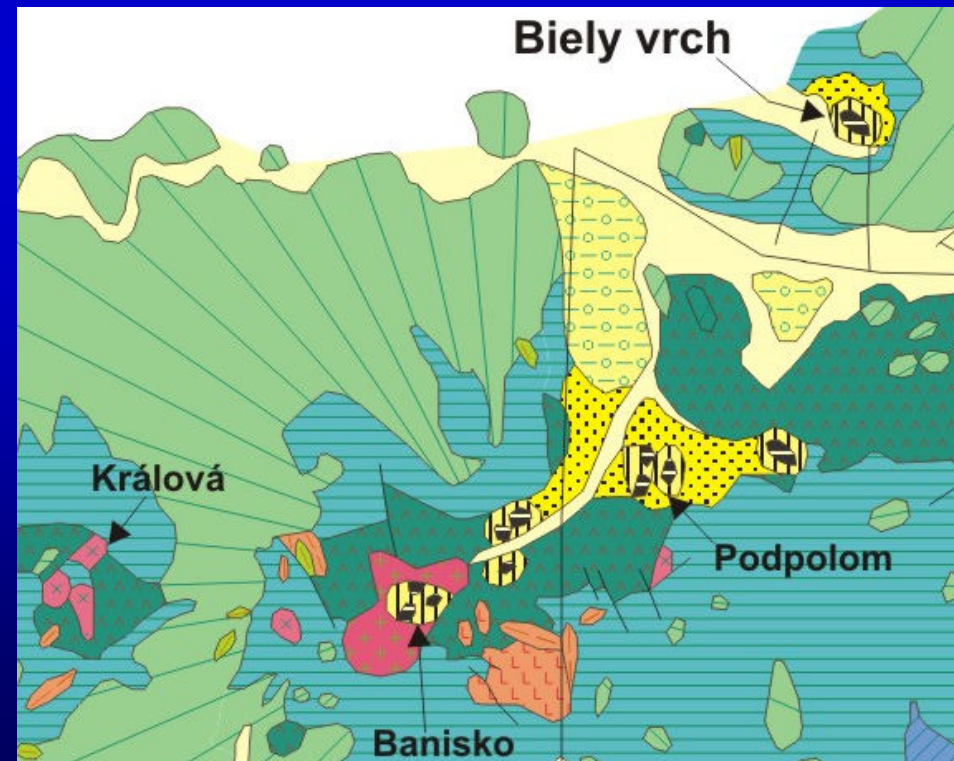
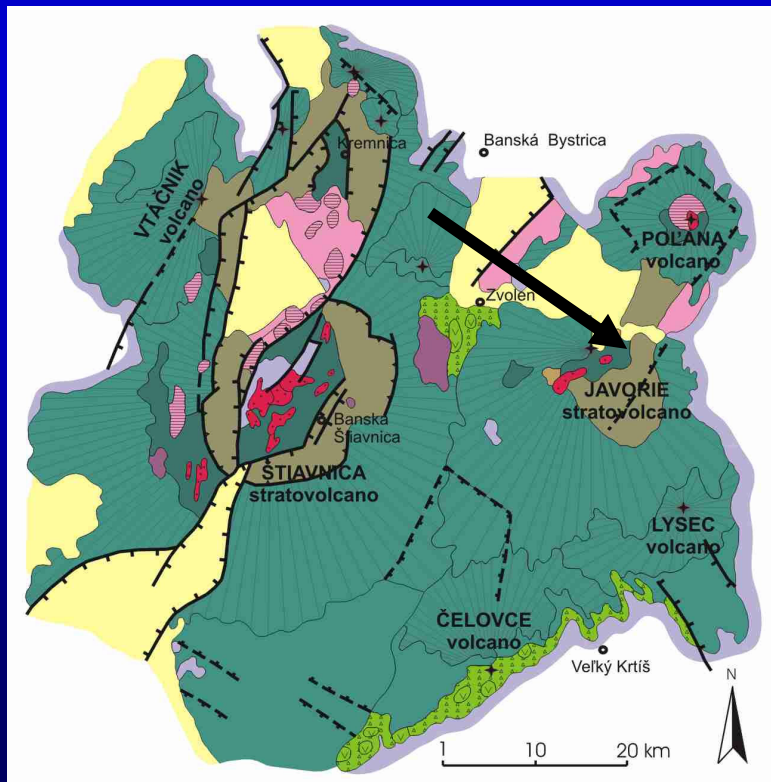
prepahlisko Šturec



vertikálny rez cez hlavnú žilu

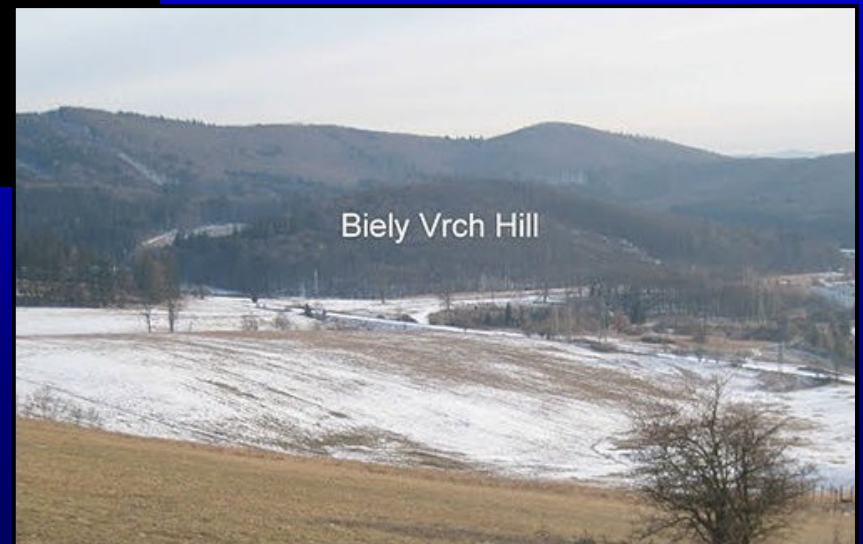
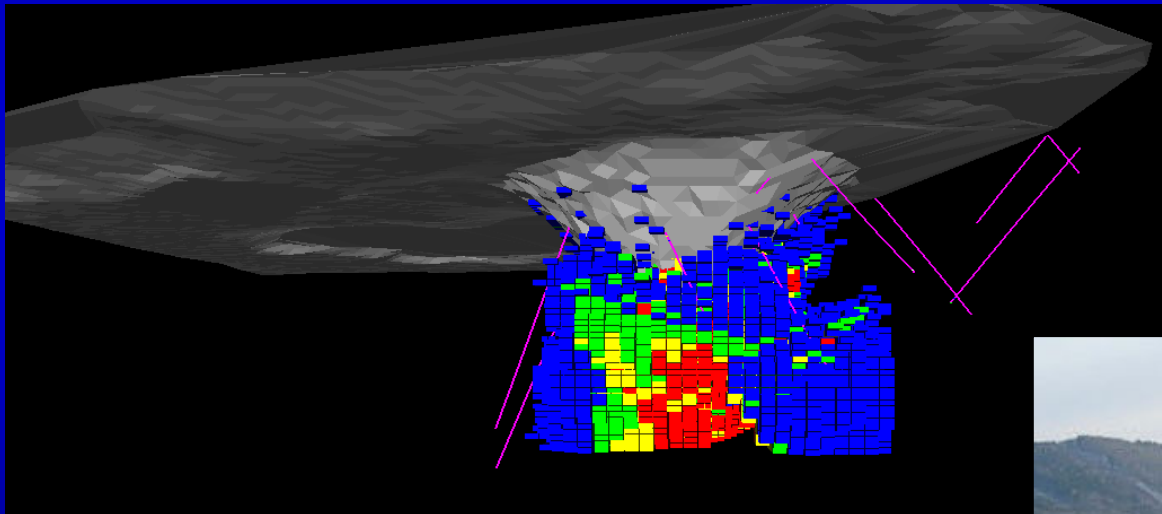
Detva – Biely vrch: rozptýlená Au mineralizácia vo vulkanitoch

- tzv. **Au-porfýrový** typ mineralizácie, objavené len v roku 2006 prieskumnou firmou **EMED Mining**
- nízkoobsahové rudy vhodné na povrchovú ťažbu (2 - 0,5 g/t Au)
- overených 20-25 ton vyťažiteľného zlata
- ruda od povrchu do **>500 m**



Detva – Biely vrch

- významný objav vďaka **modernej prospekcii**
- Ťažba **povrchovým lomom**, obsahy **1,6 g/t Au**, **12,8 g/t Ag**, spracovanie rudy **kyanizáciou**
- Predpokladaná životnosť bane +10 rokov



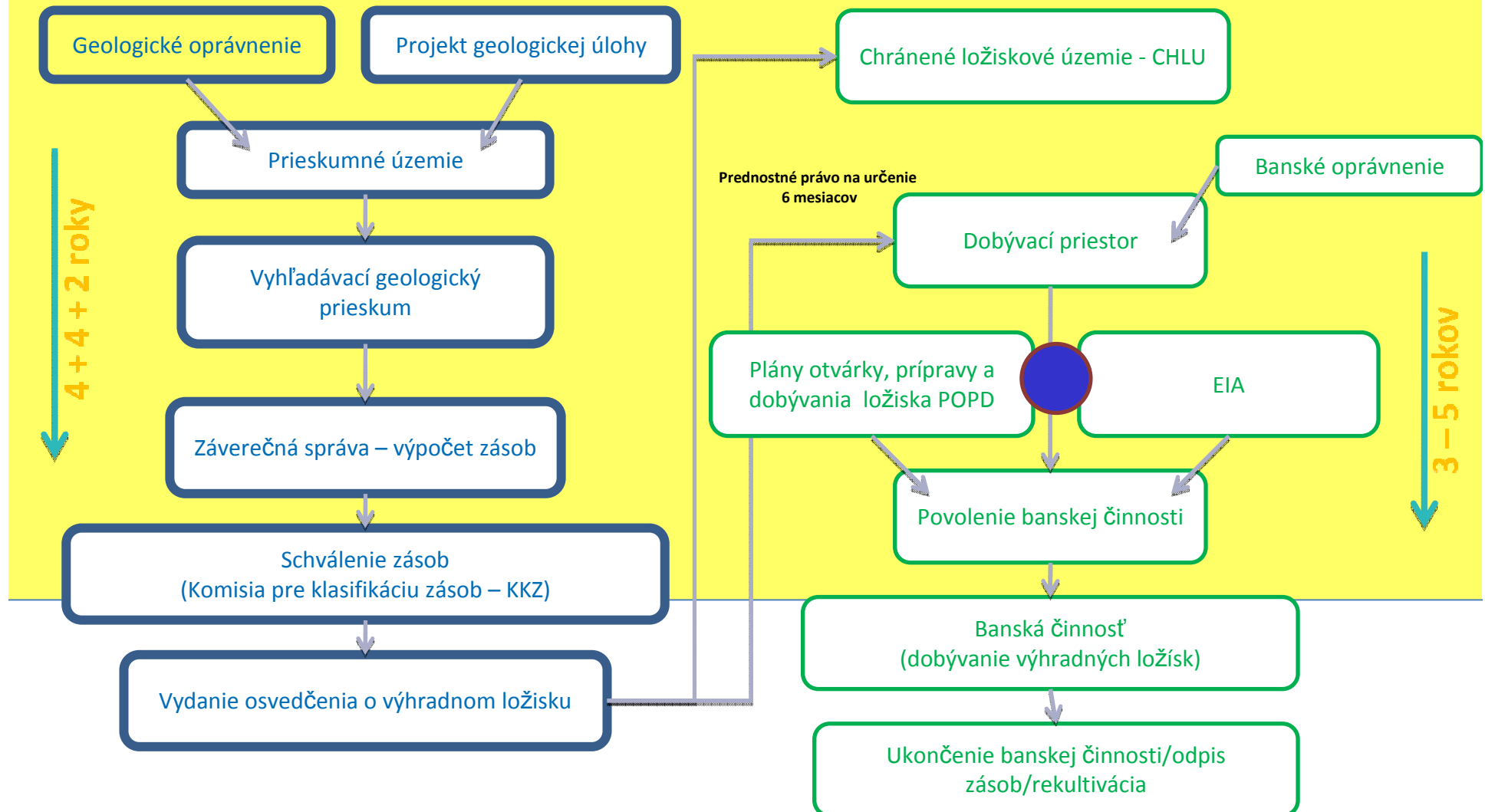
POVOĽOVACÍ PROCES NA SLOVENSKU

Ministerstvo Životného prostredia SR
Geologická sekcia

- Zákon č. 569/2007 Z.z. O geologických prácach (geologický zákon)
- Vyhláška MŽP SR č. 51/2008. Z.z. ktorou sa vykonáva geologický zákon

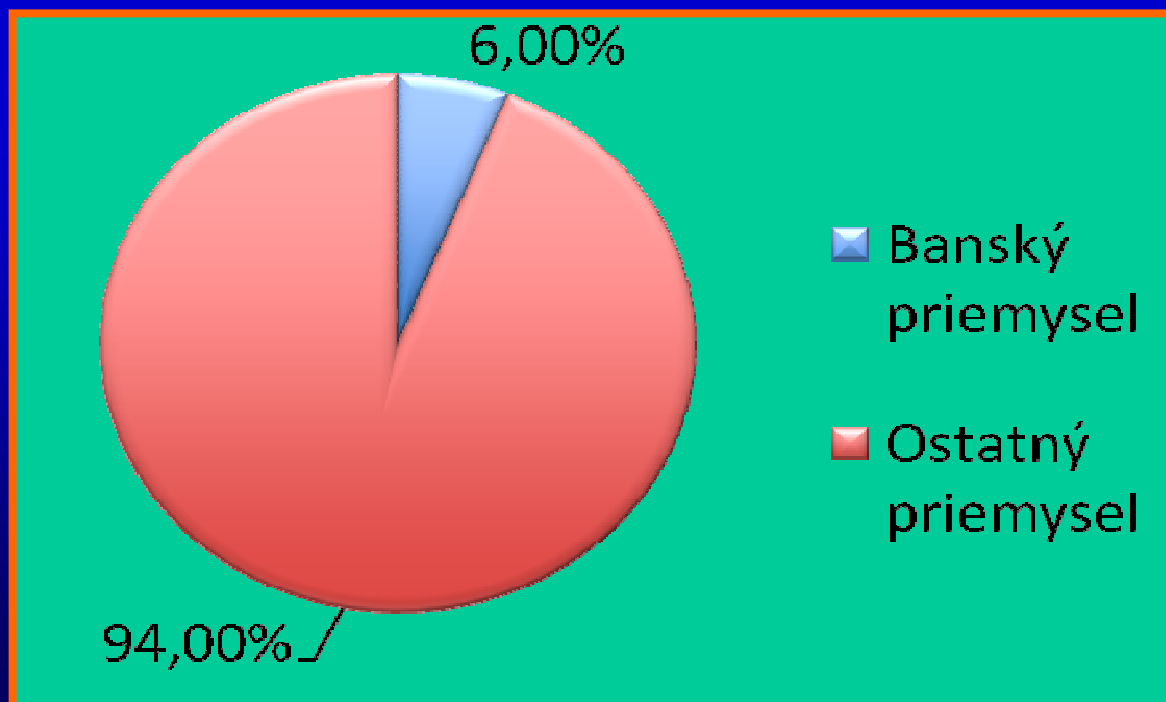
Ministerstvo hospodárstva SR
Obvodný/Hlavný banský úrad

- Zákon č. 44/1988 Zb. O ochrane a využití nerastného bohatstva (banský zákon)
- Zákon č. 51/1988 Zb. O banskej činnosti, výbušninach a o štátnej banskej správe



História kyanidu v ťažbe

- Prvýkrát použitý pre získanie zlata v roku 1889 na Novom Zélande
- Výťažnosť v prevádzkach sa zlepšila zo 40 - 50% na **85 - 95%**
- Kyanid - najpoužívanější reagens pri lúhovaní zlata, od svojho zavedenia
- V súčasnosti, približne **85 - 90% zlata vo svete je vyrobeného pomocou kyanidového lúhovania** (< 450 banských prevádzok)



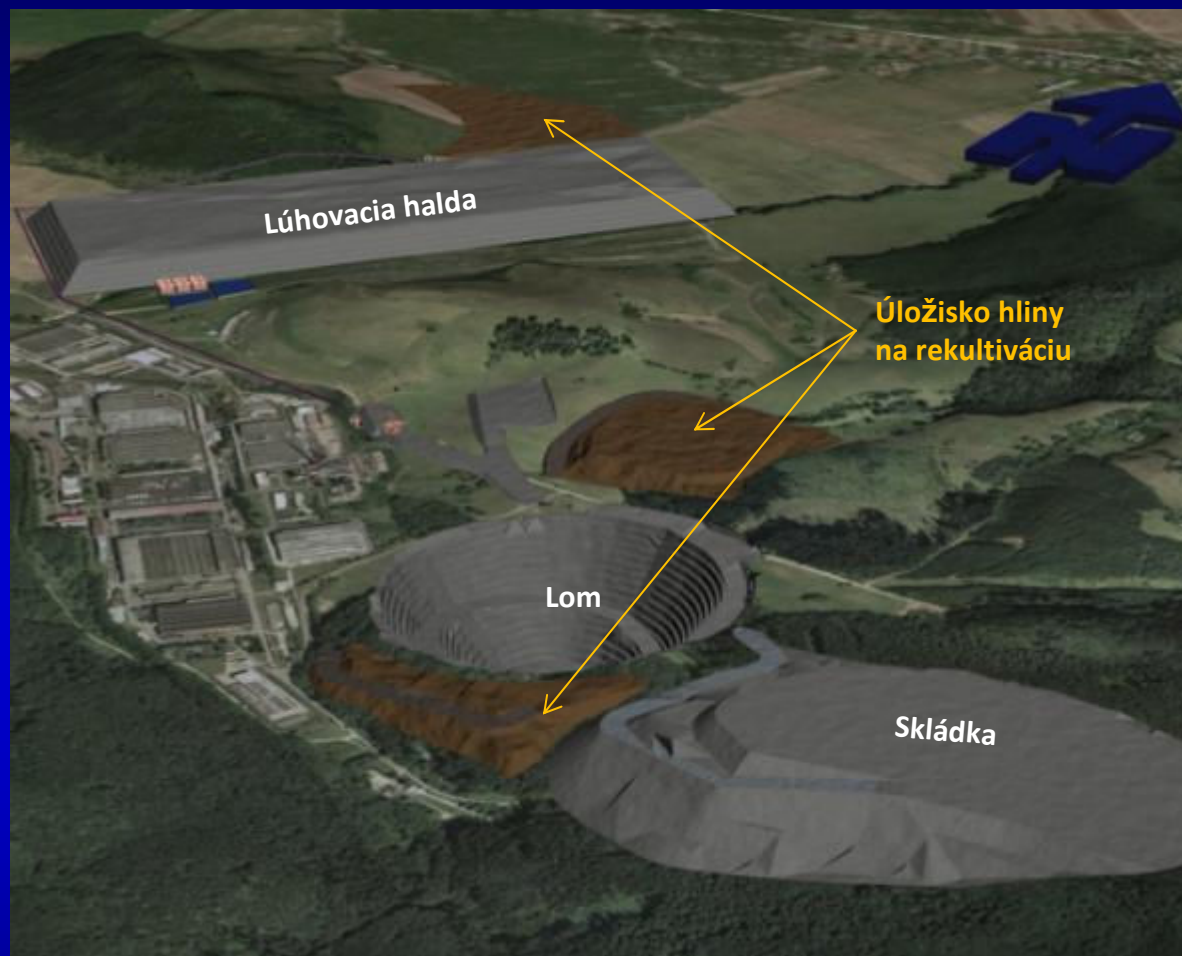
- Lokalizácia v priemyselnej zóne



Vizualizácia bane na Bielom vrchu



súčasný stav



vizualizácia prevádzky



rekultivácia bane



ukončená rekultivácia

Plán ťažby ložiska Kremnica



Pohľad na areál úpravne



Detail úpravne zo západu



Odkalisko



Au ložisko Ovacik, Turecko



Úpravňa (Kisladag, Turecko)



Au ložisko Ovacik, Turecko - odkalisko



Ďakujem za pozornosť

