

# Průmyslové suroviny a jejich zdroje

---

Konstrukční  
suroviny, Fe a  
slitiny, Mn, Cr, Al, ...

Rozložník: Ložiská ner...

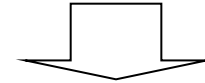
Vaněček: Ner. suroviny světa

Kessler – Simon (2015): Mineral resources, economics and  
the environment

# Konstrukční suroviny a jejich hlavní průmyslové zdroje

- Fe (+steel)
- Mn
- Ni
- Cr
- silicon  
(ferrosilicon)
- Co, Mo, V, W, Nb,  
Te

Těžba těchto surovin vytváří významný ekonomický prostor – zpracování, navazující výroba, ...



- Vlastní metalurgický průmysl spotřebovává další např. nerudní suroviny: slévárenské písky, jíly

# Fe

---

- použití: slitiny, konstrukční materiály
- ekonomika: zásoby značné, cena: obchoduje se hlavně se zušlechtěným materiálem - speciální slitiny a ocel
- distribuce ložisek relativně rovnoměrná!

# Ložiska Fe a jejich zdroje



N4E  
Serra dos  
Carajás  
Para  
North  
Brazil

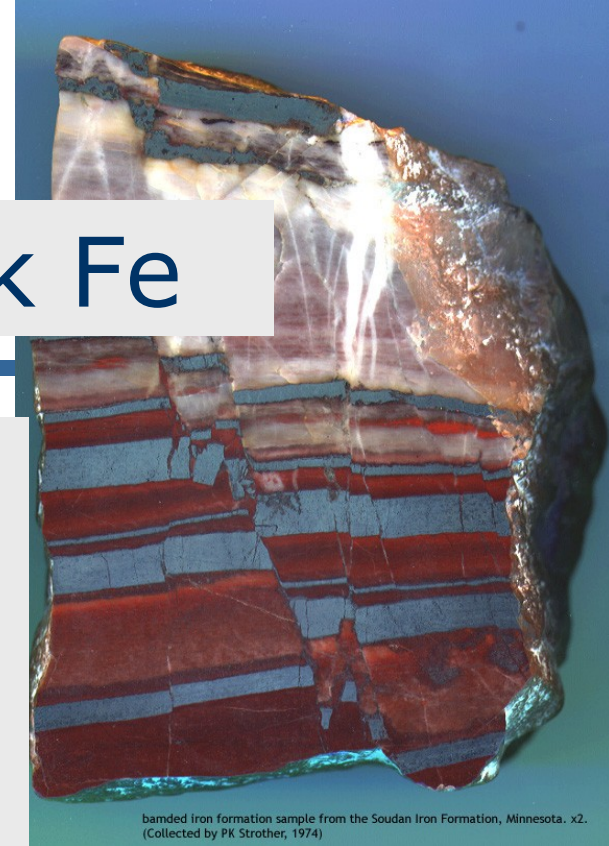
The jewel in the crown

Open pit at  
deposit of  
BIF

# Genetické typy ložisek Fe

## Genetické typy:

1. Proterozoické metamorfogenní Fe-silicity („kvarcity“, včetně itabiritů, taconitů) - BIF, stáří: str. archaikum 3,5 - 2,9/sp. proterozoikum 2,5 - 1,9/svrch. proterozoikum 0,75 - 0,5  
hlavní producenti: Rusko/Ukrajina, Brazílie, Austrálie, Čína, USA, Indie, Kanada, zásoby:  $500 \times 10^9$  t rudy s kovatostí Fe  $>50\text{hm}\%$
2. Sedimentární Fe rudy, oolitické (oxidické, karbonátové, leptochloritové)
3. Magmatické Fe- rudy Fe-Ti (16 - 25% Fe, mají důležitý obsah V, Pt)
4. Skarnové Fe-rudy
5. Fe-rudy typu Lahn-Dill (submarinně exhalační)
6. Hydrotermální - Roxby Downs (Olympic Dam)



banded iron formation sample from the Soudan Iron Formation, Minnesota. x2.  
(Collected by PK Strother, 1974)

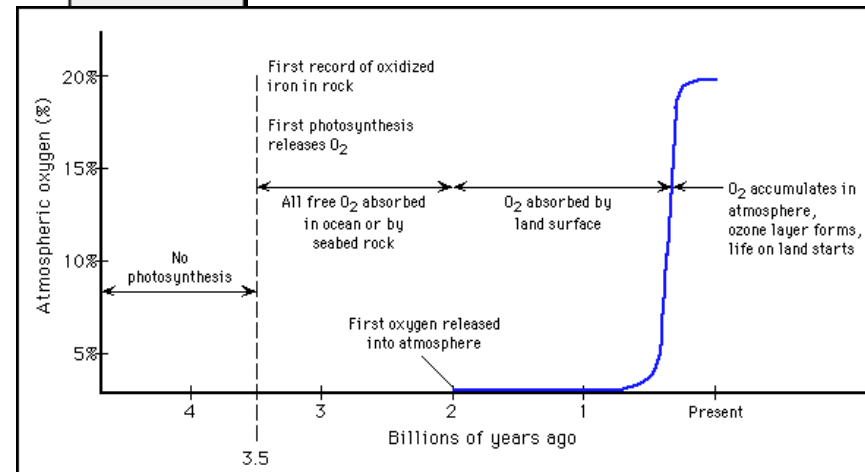
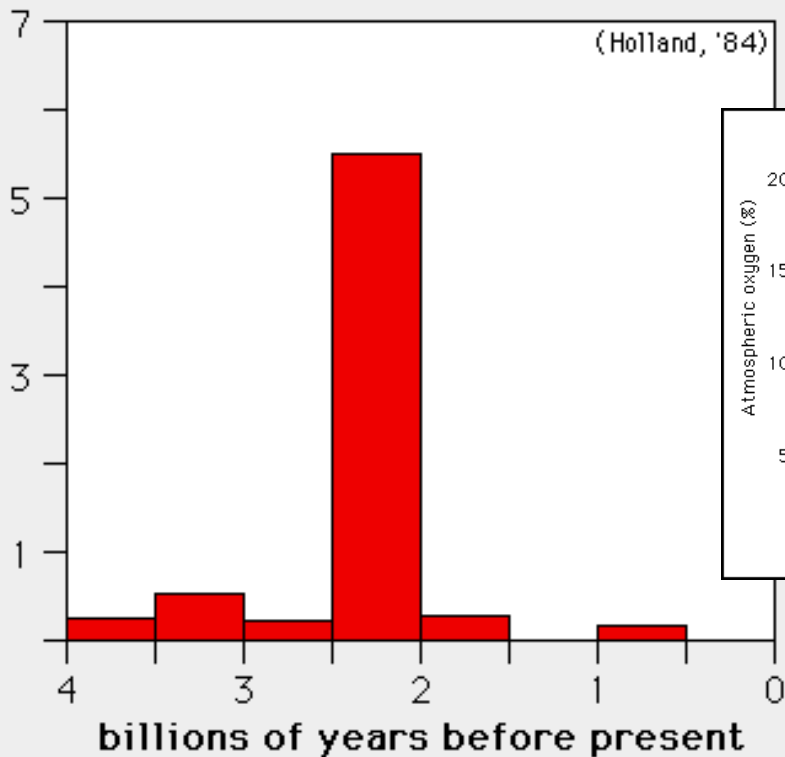
Polished sample of BIF ore

Jiné typy, historické zdroje Fe  
např.:  
limonitové rudy ze zvětrávacích  
zón

## Banded Iron Formations (very low O<sub>2</sub> in atm)

# BIF

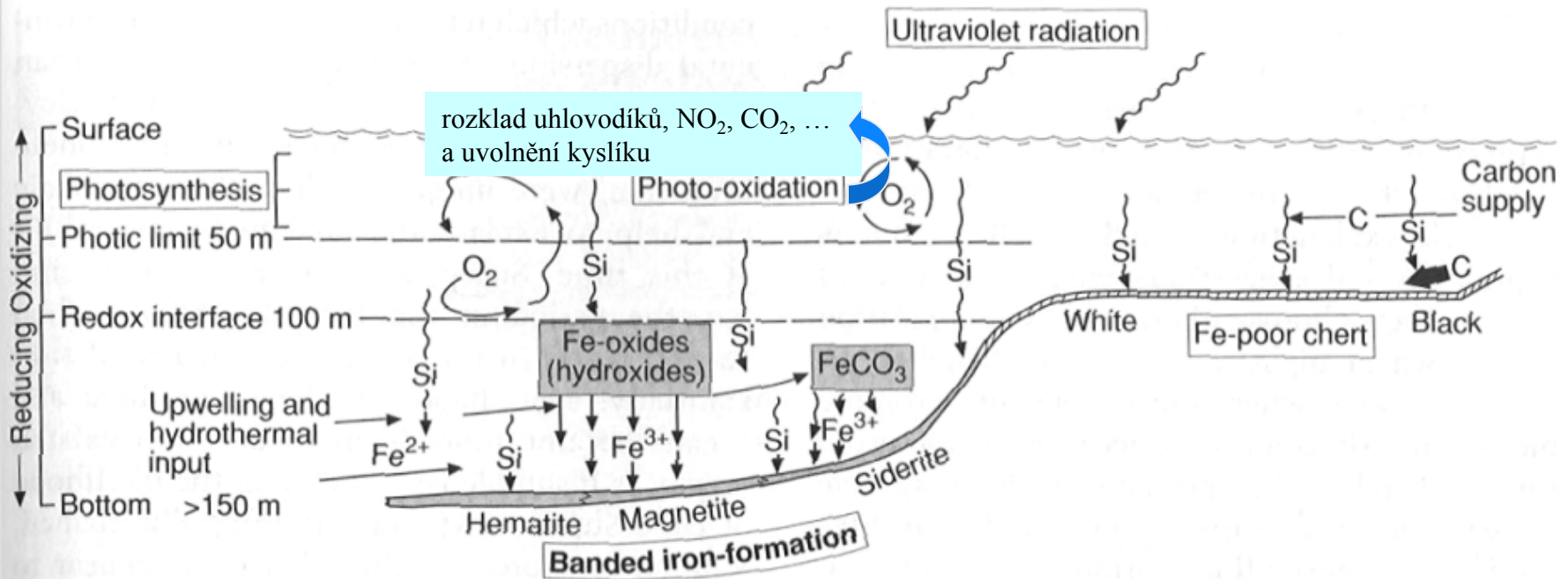
10<sup>14</sup> Tons of banded iron formations



## Very Large Fe Deposits

<u>Continent</u>	<u>Area</u>	<u>Age (10<sup>6</sup>_yrs)</u>
Africa	Transvaal, S.A.	2100-2600
Australia	Hamersley Range	2400-2700
Eurasia	Krivoi Rog, Ukraine	1900-2600
North America	Labrador Trough, Canada	1900-2500
South America	Minas Gerais, Brazil	2000-2700

# Geneze BIF



**Figure 5.18** Model invoking upwelling and oxidation of ferrous iron from an oceanic source to explain the *depositional environment* for BIFs. Oxidation of ferrous iron and precipitation of ferric iron compounds occurs at a diffuse redox interface formed by the production of oxygen in the upper water levels, either by photosynthesizing organisms or by ultraviolet radiation induced photo-oxidation, or both. The lateral zonation of BIF facies (i.e. siderite–magnetite–hematite) shown here differs from the simple scheme envisaged by James (1954). Diagram modified after Klein and Beukes (1993).





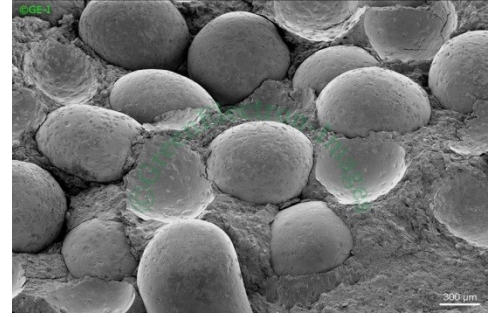
# Sedimentární Fe-ruda

oolitická struktura,  
ruda obsahuje  
silikáty☹

The iron deposits of  
the Northampton  
district, UK, Jura:  
ore minerals:  
chamosite, siderite,  
goethite, grade of ore  
cca 32% Fe

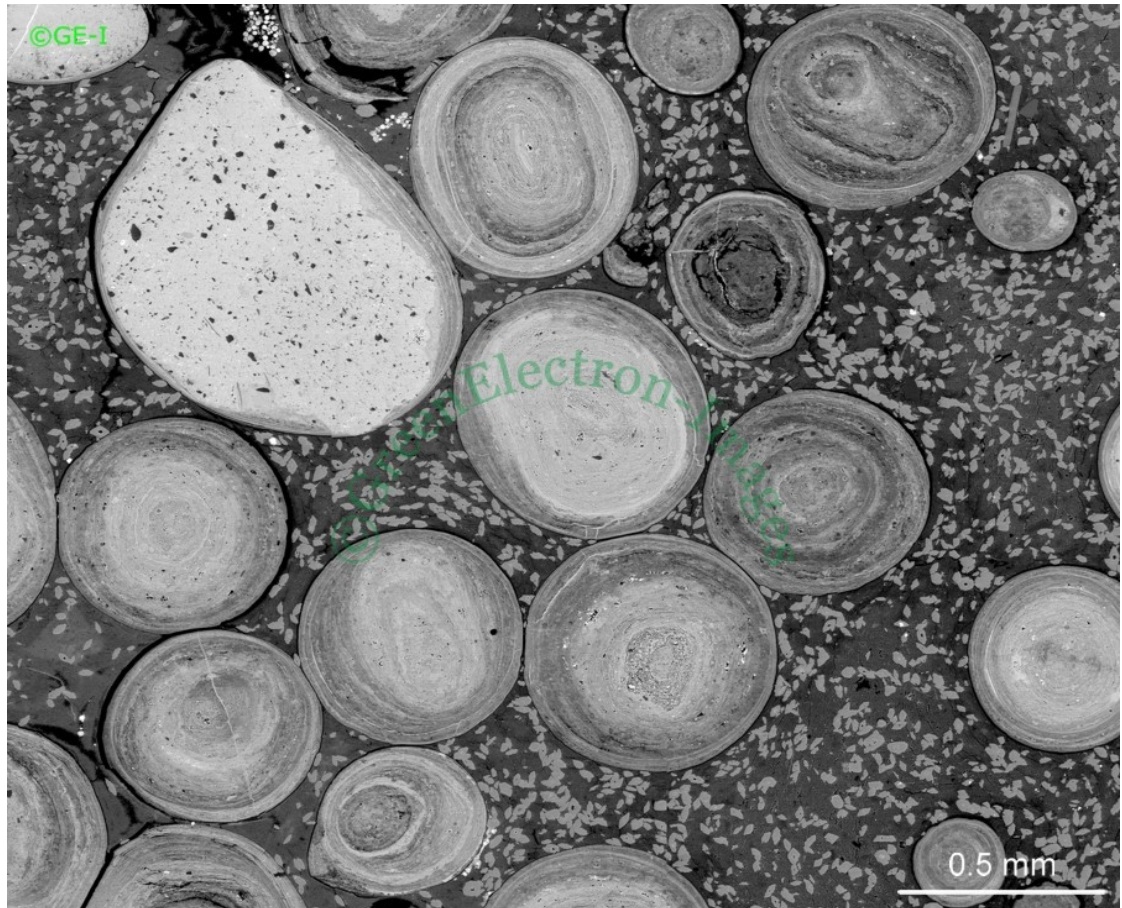


# Oolitická Fe-ruda



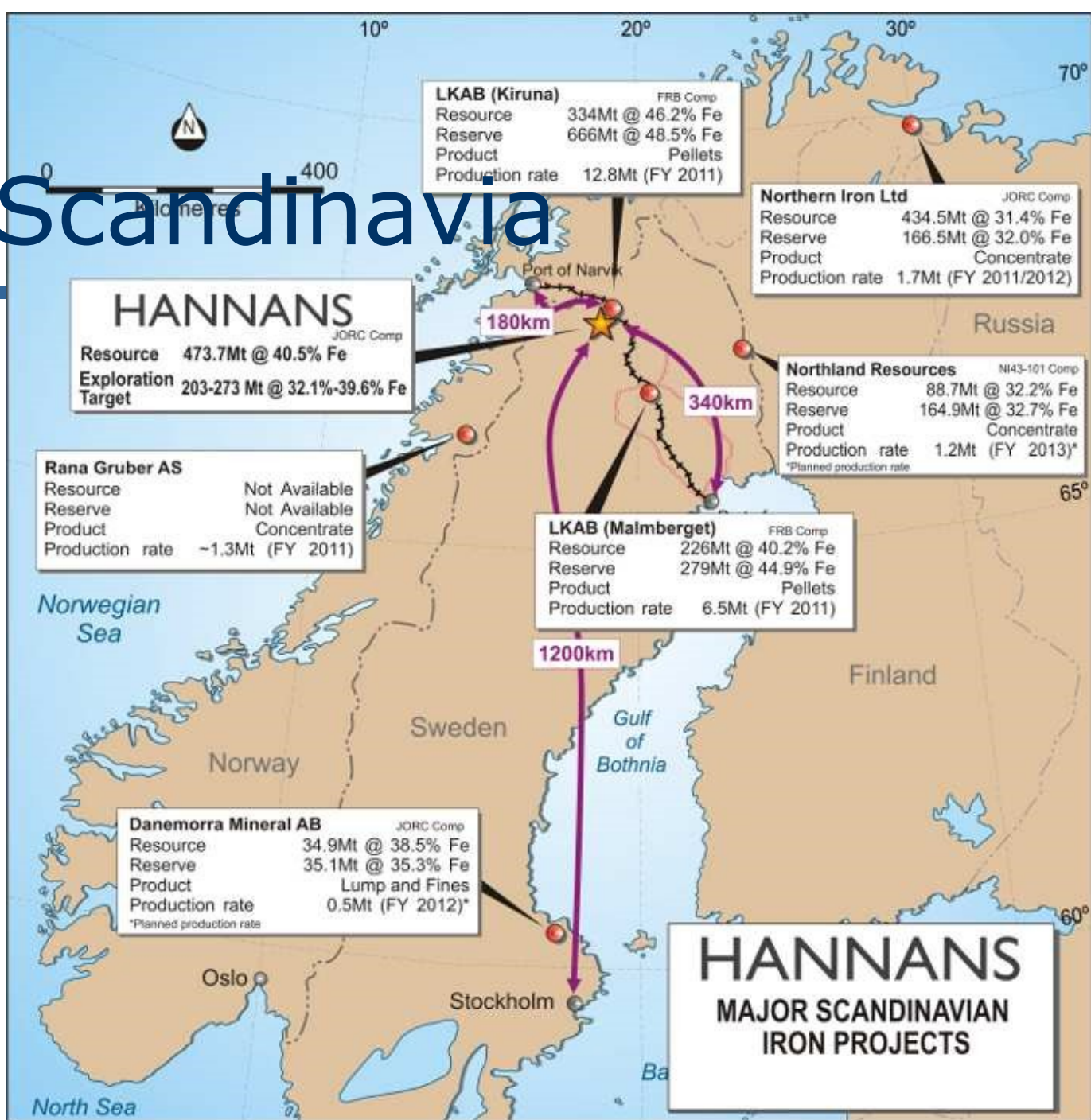
In thin sections of this rock detail is obscured by the very fine grained nature of the matrix and fill of the oolites, much of which is opaque. Compositionally dependent imaging (BSE) of polished material overcomes this problem. The concentric nature of the oolites is highlighted by the variation in grey level caused by the variability of the iron content of the clays and differing proportions of hydrated iron oxides which here show up light grey. The dark grey chamositic matrix is crowded with rhombs of authigenic calcic siderite. Note the presence of tiny spheres of framboidal pyrite top left.

*CamScan 4 SEM. Backscattered electron image. Beam 20kV. Working distance 20 mm. Field of view approx. 3 x 2 mm. This image is a stitch of a 3x4 array of images taken at x100. Polished block, carbon coated. Leeds University, Earth Sciences teaching collection rock #30.*



**Oolitic Ironstone, Lower Cretaceous, Lincolnshire, U.K.**

# Fe - Scandinavia



# Fe districts

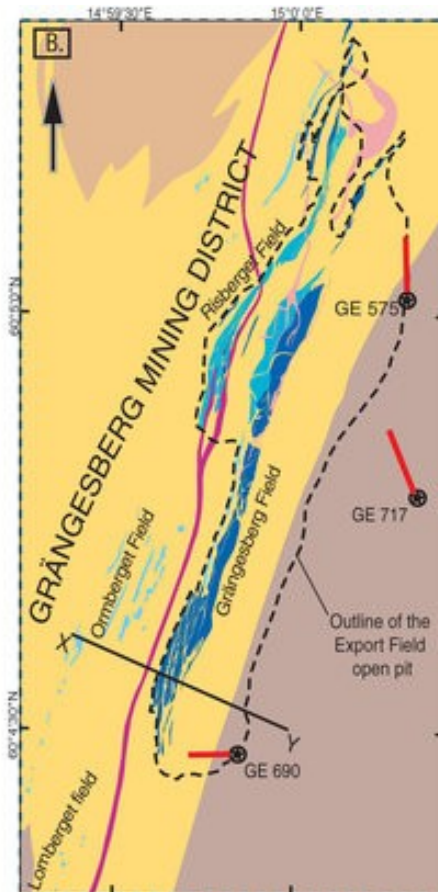


Kiruna, Švédsko, těžba Fe-rud, magmatický typ

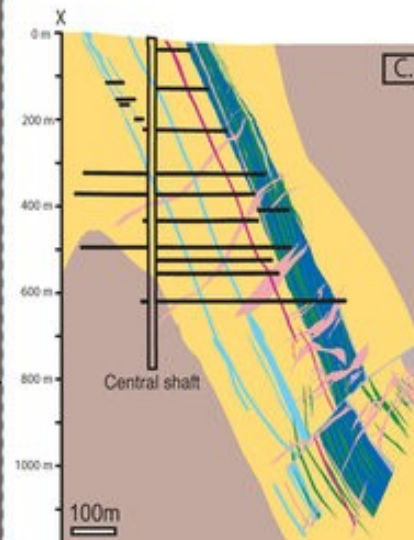


- Bergslagen Ore Province
- Kiruna-Malmberget District
- Grängesberg Mining District (GMD)

- Surface projection of start-position for drill cores GE 717, GE 690 and GE 575
- Surface projection of drillcore profiles used for this study

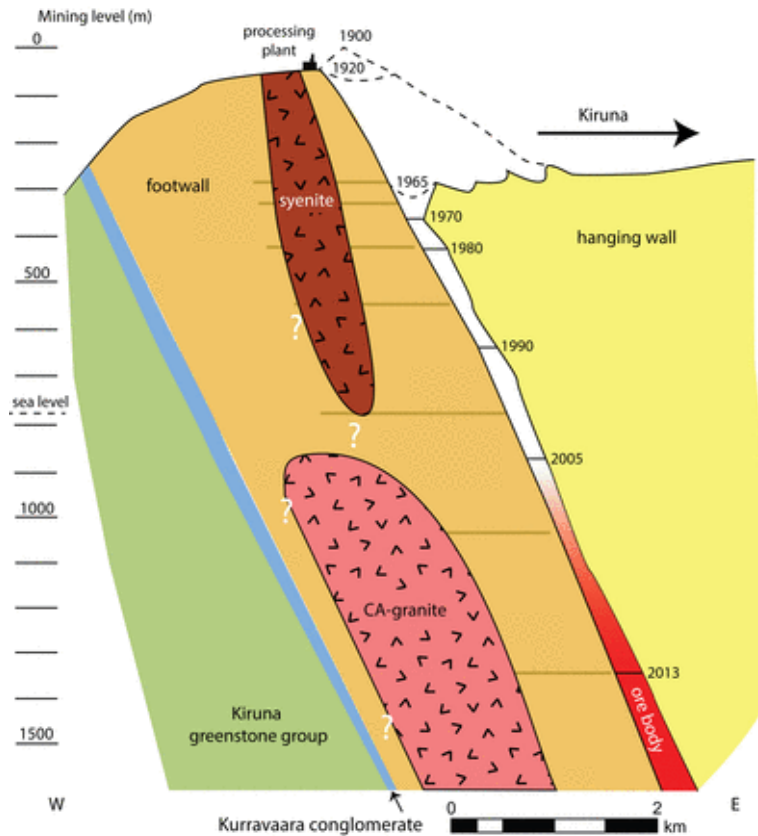
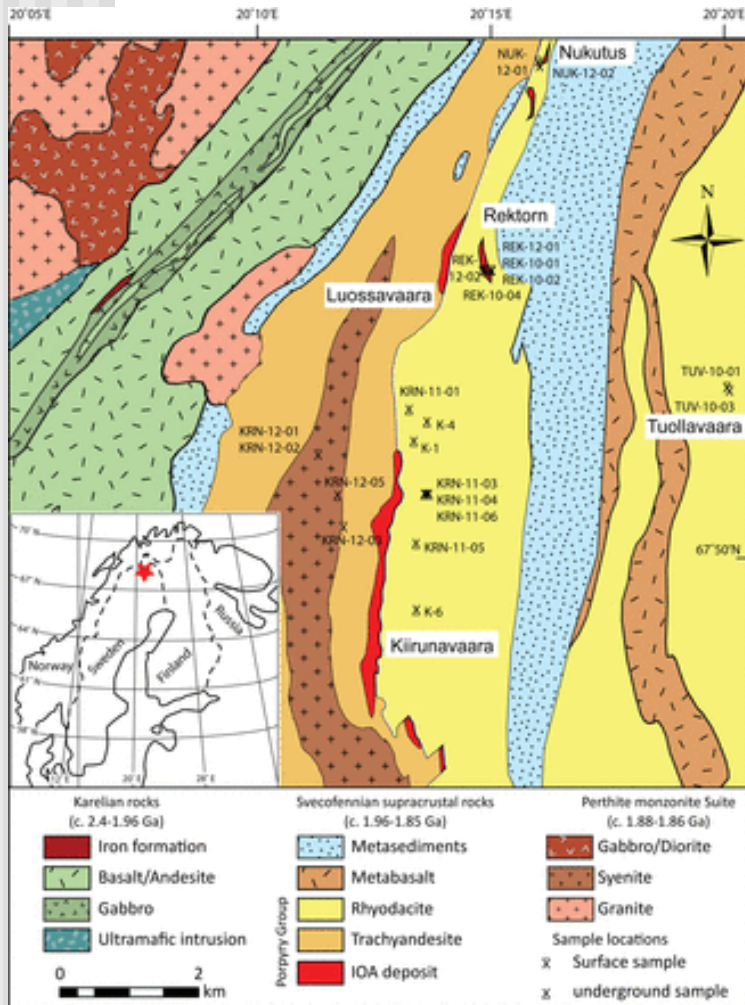


- fault zone
- dolerite
- pegmatite
- skarn
- amphibolite
- metagranite (partly L-tectonised)
- metagranite (mainly fine-grained)
- hematite iron ore
- apatite-hematite iron ore
- apatite-magnetite iron ore
- metavolcanic host rocks



Grängesberg mining district

# Kiruna – apatite-Fe ore



magmatic origin, „magma-related“ ore deposit: magnetite, hematite

# Kiruna - specifikace

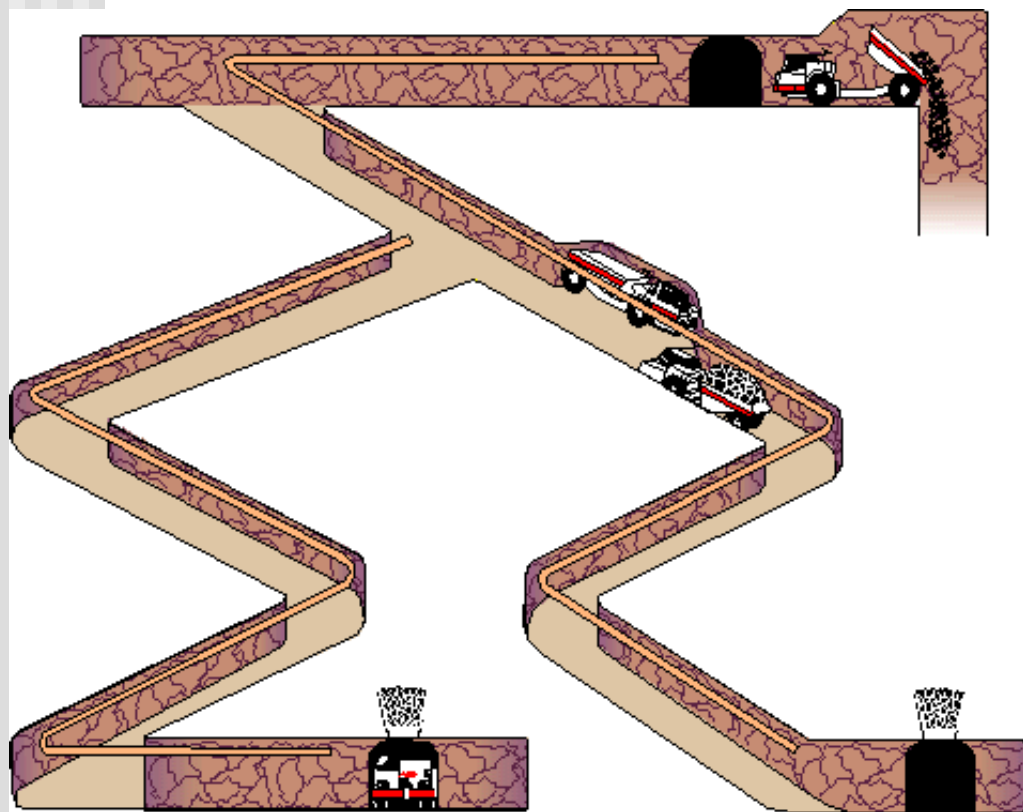
## Kiruna Iron Ore Mine, Sweden

<b>Producer of</b>	Iron ore
<b>Location</b>	Northern Sweden
<b>Ownership</b>	LKAB
<b>Geology type</b>	Precambrian apatite-bearing iron ores
<b>Mineral type</b>	Magnetite
<b>Reserve base</b>	800Mt plus projected extensions
<b>Annual production</b>	14.5Mt of iron-ore products (2004)
<b>Mining method</b>	Automated sub-level caving underground
<b>Processing method</b>	Wet beneficiation and pelletising
<b>Employment</b>	1,800

Magmatic origin of giant 'Kiruna-type' apatite-iron-oxide ores in Central Sweden  
Erik Jonsson, Valentin R. Troll, Karin Högdahl, Chris Harris, Franz Weis, Katarina P. Nilsson & Alasdair Skelton

Iron is the most important metal for modern industry and Sweden is by far the largest iron-producer in Europe, yet the genesis of Sweden's main iron-source, the 'Kiruna-type' apatite-iron-oxide ores, remains enigmatic. We show that magnetites from the largest central Swedish 'Kiruna-type' deposit at Grängesberg have  $\delta^{18}\text{O}$  values between  $-0.4$  and  $+3.7\%$ , while the 1.90–1.88 Ga meta-volcanic host rocks have  $\delta^{18}\text{O}$  values between  $+4.9$  and  $+9\%$ . Over 90% of the magnetite data are consistent with direct precipitation from intermediate to felsic magmas or magmatic fluids at high-temperature ( $\delta^{18}\text{O}_{\text{mgt}} > +0.9\%$ , i.e. ortho-magmatic). A smaller group of magnetites ( $\delta^{18}\text{O}_{\text{mgt}} \leq +0.9\%$ ), in turn, equilibrated with high- $\delta^{18}\text{O}$ , likely meteoric, hydrothermal fluids at low temperatures. The central Swedish 'Kiruna-type' ores thus formed dominantly through magmatic iron-oxide precipitation within a larger volcanic superstructure, while local hydrothermal activity resulted from low-temperature fluid circulation in the shallower parts of this system.

# Kiruna - doprava



elektrifikovaná doprava, aj. moderní vybavení

# Mn

---

použití, funkce:

odstraňování nečistot z roztaveného železa, v uhlíkatých ocelích, feromangan, slitiny a nerezavějící ocel, s Al má antikorozivní efekt a s Cu pevnost, dioxidy Mn pro baterie

typy ložisek:

- laterity
- sedimentární
- chemogenní sedimentární - Fe-Mn konkrece,



# Mn – laterite

---

Australia, Brazil, Gabon and South Africa,  
supplying over 90% of the international market.



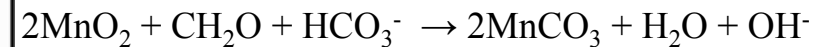
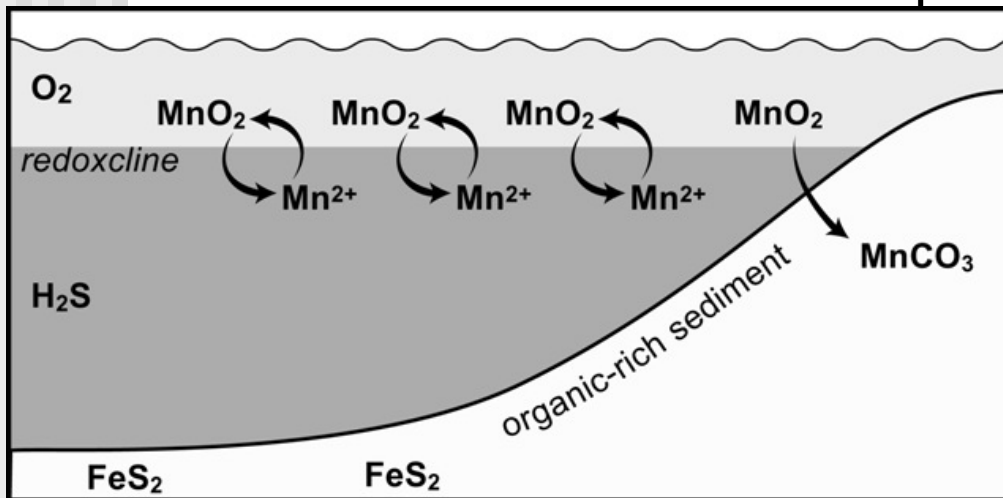
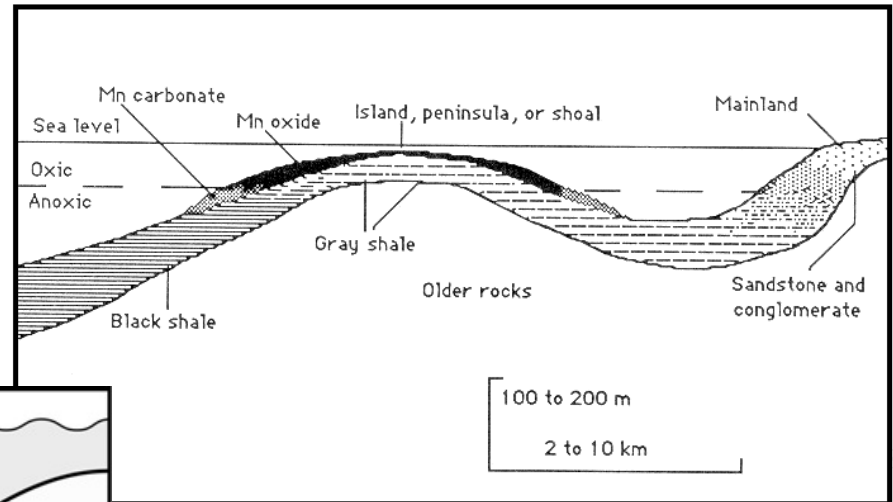
high grade ores (defined as  
having more than 44% Mn  
content)

minerály:

pyrolusit  $\beta\text{-MnO}_2$

# Mn – sedimentary ore

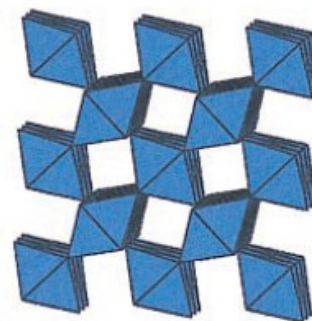
relation of sedimentary facies to sedimentary Mn deposits (Nikopol, Ukraine)



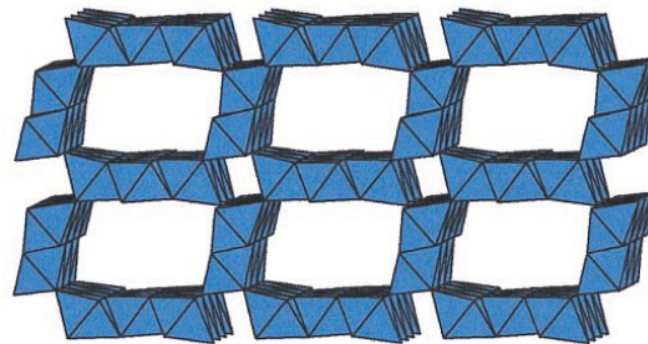
# Minerály Mn a struktury

Table 1. Important Mn oxide minerals

Mineral	Chemical formula
Pyrolusite	$\text{MnO}_2$
Ramsdellite	$\text{MnO}_2$
Nsutite	$\text{Mn}(\text{O},\text{OH})_2$
Hollandite	$\text{Ba}_x(\text{Mn}^{4+},\text{Mn}^{3+})_8\text{O}_{16}$
Cryptomelane	$\text{K}_x(\text{Mn}^{4+},\text{Mn}^{3+})_8\text{O}_{16}$
Manjiroite	$\text{Na}_x(\text{Mn}^{4+},\text{Mn}^{3+})_8\text{O}_{16}$
Coronadite	$\text{Pb}_x(\text{Mn}^{4+},\text{Mn}^{3+})_8\text{O}_{16}$
Romanechite	$\text{Ba}_{.66}(\text{Mn}^{4+},\text{Mn}^{3+})_5\text{O}_{10}\cdot 1.34\text{H}_2\text{O}$
Todorokite	$(\text{Ca},\text{Na},\text{K})_x(\text{Mn}^{4+},\text{Mn}^{3+})_6\text{O}_{12}\cdot 3.5\text{H}_2\text{O}$
Lithiophorite	$\text{LiAl}_2(\text{Mn}_2^{4+}\text{Mn}^{3+})\text{O}_6(\text{OH})_6$
Chalcophanite	$\text{ZnMn}_3\text{O}_7\cdot 3\text{H}_2\text{O}$
Birnessite	$(\text{Na},\text{Ca})\text{Mn}_7\text{O}_{14}\cdot 2.8\text{H}_2\text{O}$
Vernadite	$\text{MnO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$
Manganite	$\text{MnOOH}$
Groutite	$\text{MnOOH}$
Feitknechtite	$\text{MnOOH}$
Hausmannite	$\text{Mn}^{2+}\text{Mn}_2^{3+}\text{O}_4$
Bixbyite	$\text{Mn}_2\text{O}_3$
Pyrochroite	$\text{Mn}(\text{OH})_2$
Manganosite	$\text{MnO}$



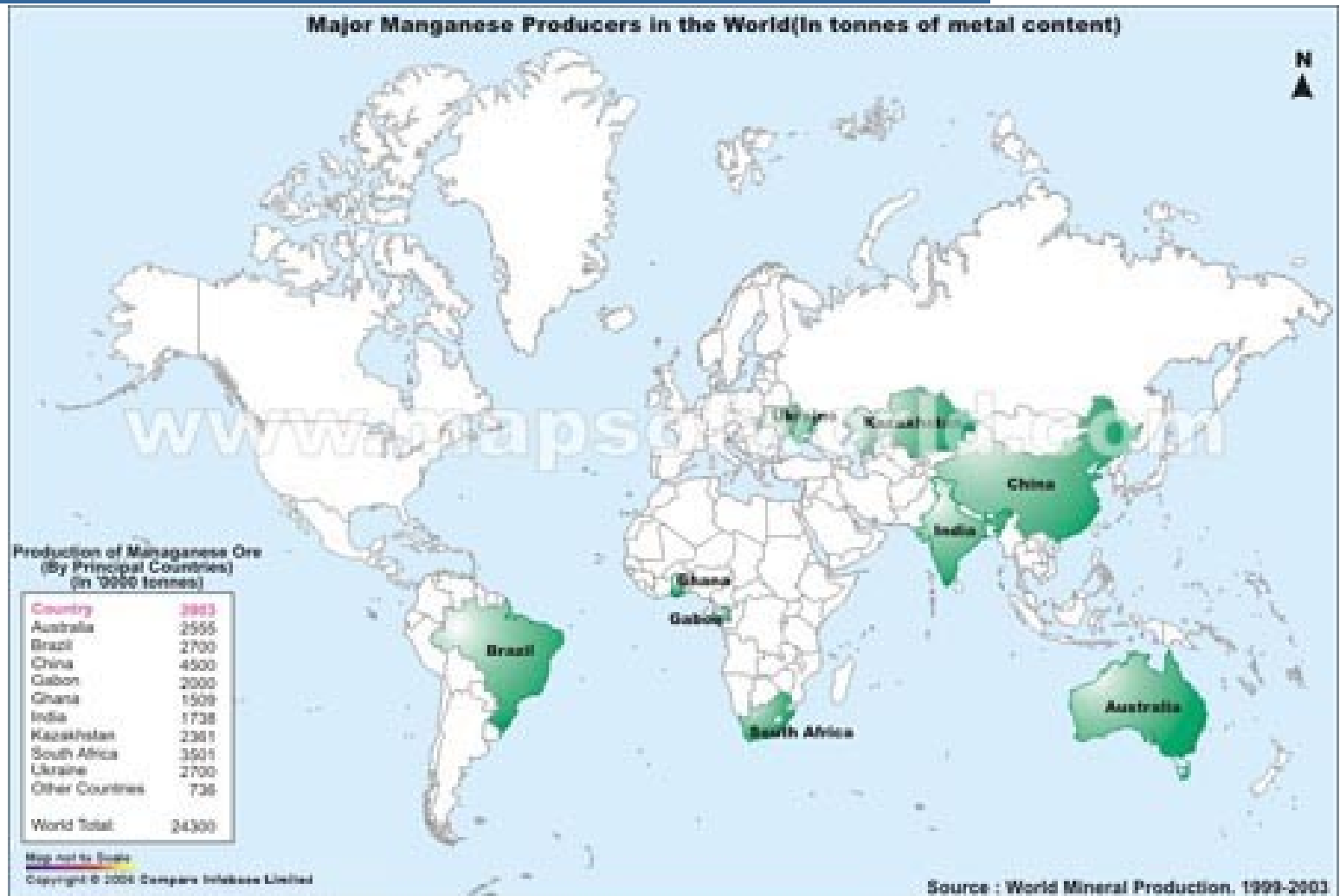
A



D

... a další.

# Mn - distribuice



# Mn - zásoby

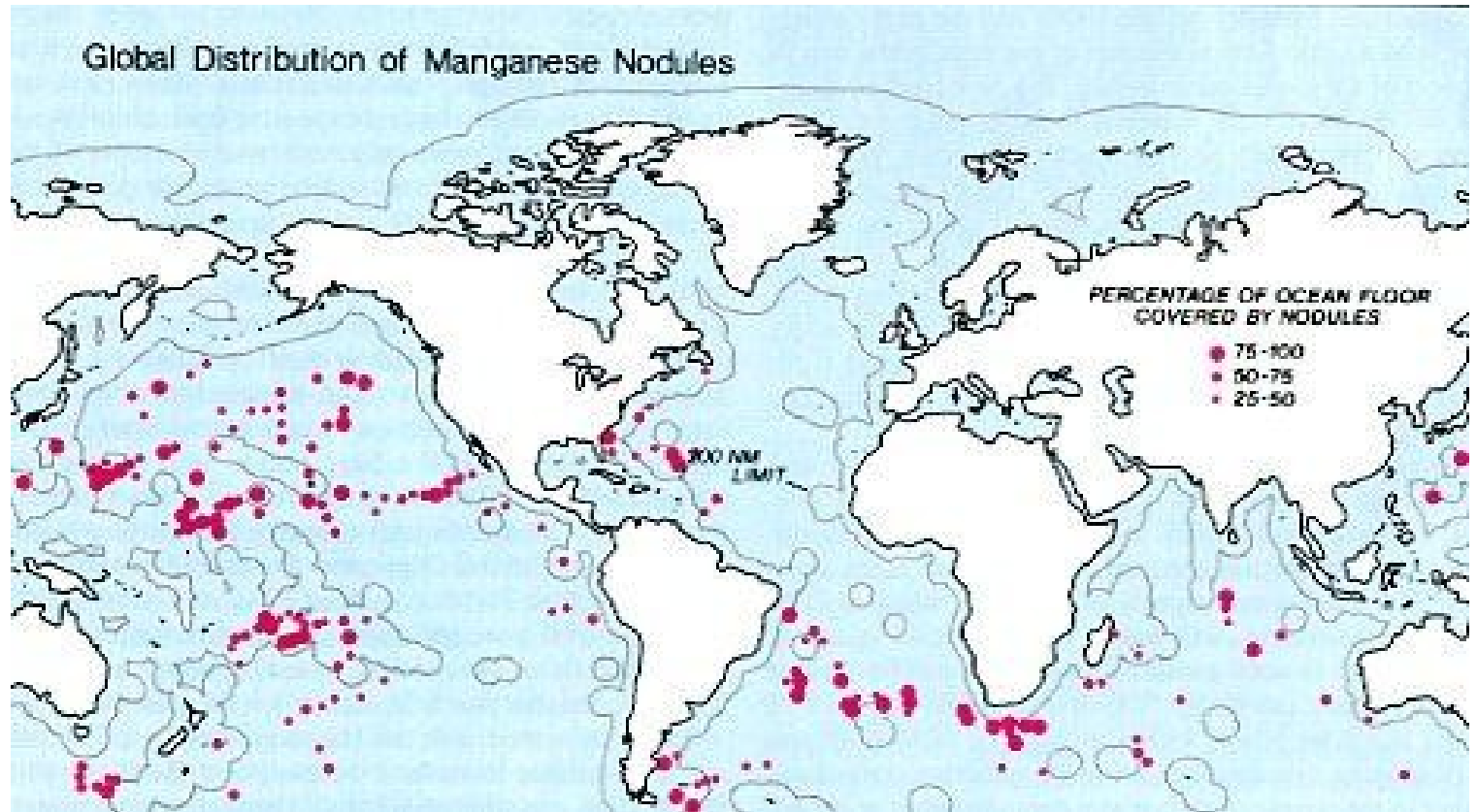
Global manganese resources distribution (metal content; unit: thousand metric tons)		
Country	reserves	rank
Australia	97000	3
Brazil	54000	4
China	44000	6
Gabon	24000	7
India	49000	5
Kazakhstan	5000	8
Mexico	5000	8
South Africa	150000	1
Ukraine	140000	2
Other countries	small	
World total(rounded)	570000	

USGS 2014

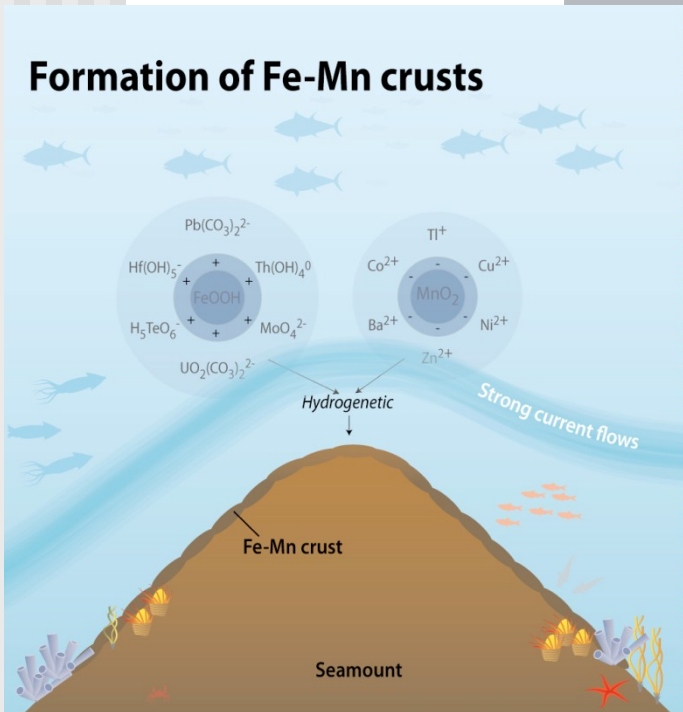
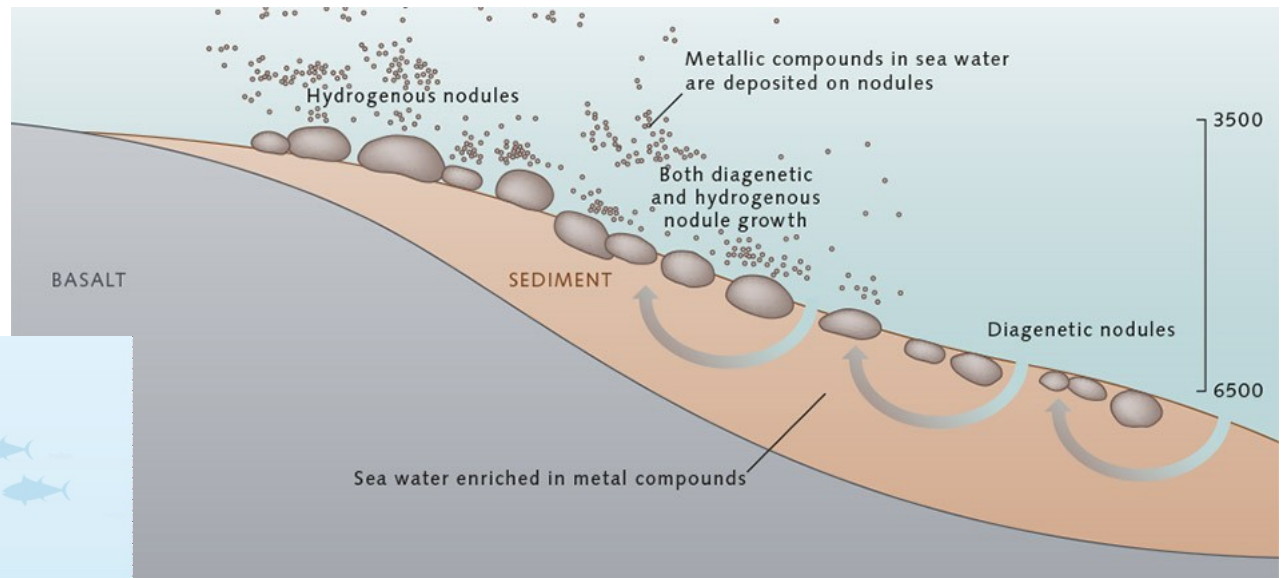
# Mn – produkce 2015

Rank	Country/Region	Mine production (tonnes)
	World	18,500,000
1	<a href="#">South Africa</a>	6,200,000
2	<a href="#">Australia</a>	3,000,000
3	<a href="#">China</a>	2,900,000
4	<a href="#">Gabon</a>	1,800,000
5	<a href="#">Brazil</a>	1,000,000
6	<a href="#">India</a>	950,000
7	<a href="#">Malaysia</a>	400,000
8	<a href="#">Ukraine</a>	390,000
9	<a href="#">Kazakhstan</a>	390,000
10	<a href="#">Ghana</a>	390,000
11	<a href="#">Mexico</a>	240,000
12	<a href="#">Myanmar</a>	100,000
	Other Countries	400,000

# Fe-Mn nodules



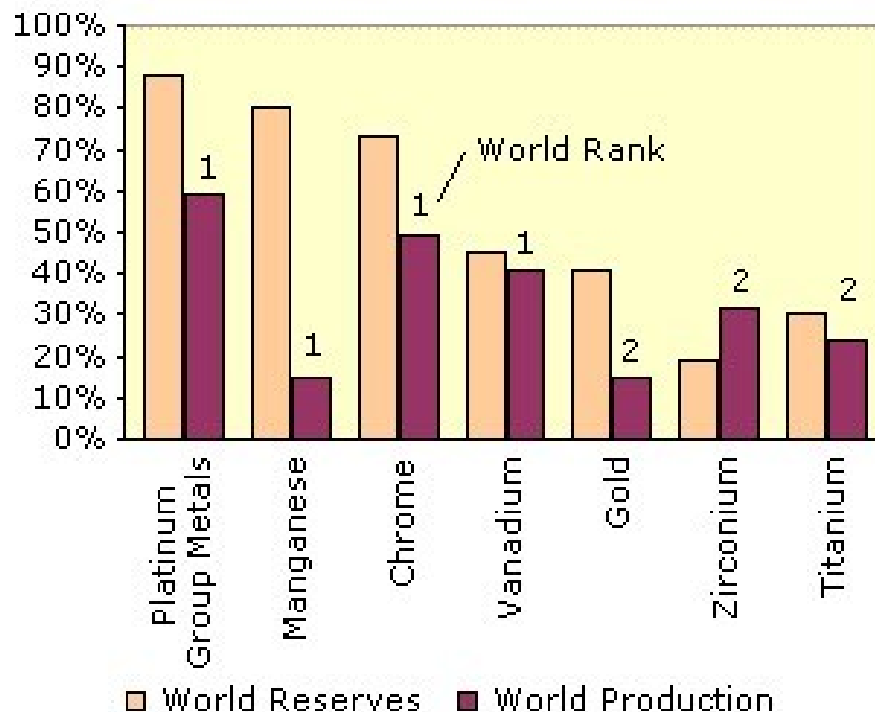
# Genetic types of nodules



Manganese nodules grow when metal compounds dissolved in the water column (hydrogenous growth) or in water contained in the sediments (diagenetic growth) are deposited around a nucleus. Most nodules are a product of both diagenetic and hydrogenous growth.



# Jižní Afrika – zásoby a produkce surovin



# Ni

---

slitiny – antikorozivní vlastnosti, pevnost za vys. teplot (nerezavějící žáruvzdorné oceli), magnetické slitiny, odporové slitiny (chromnikl), termočláňkové materiály

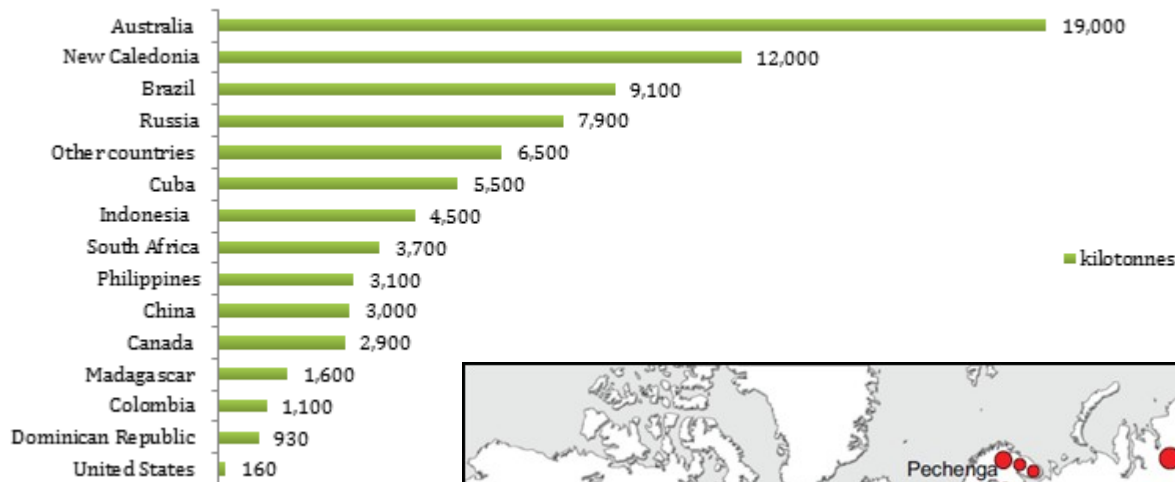
**magmatická likvační** Cu-Ni (Subury, 0,5% Ni, 9% Cu), Norilsk, Great Dyke (Zimbabwe), Bushveld, Kambalda, (pentlandit)

**laterity**: Nová Kaledonie (3,5 % Ni, 2% Co), Austrálie (Kalgoorlie district), Kuba, Albánie, (hydroalumosilikáty – garnierit)

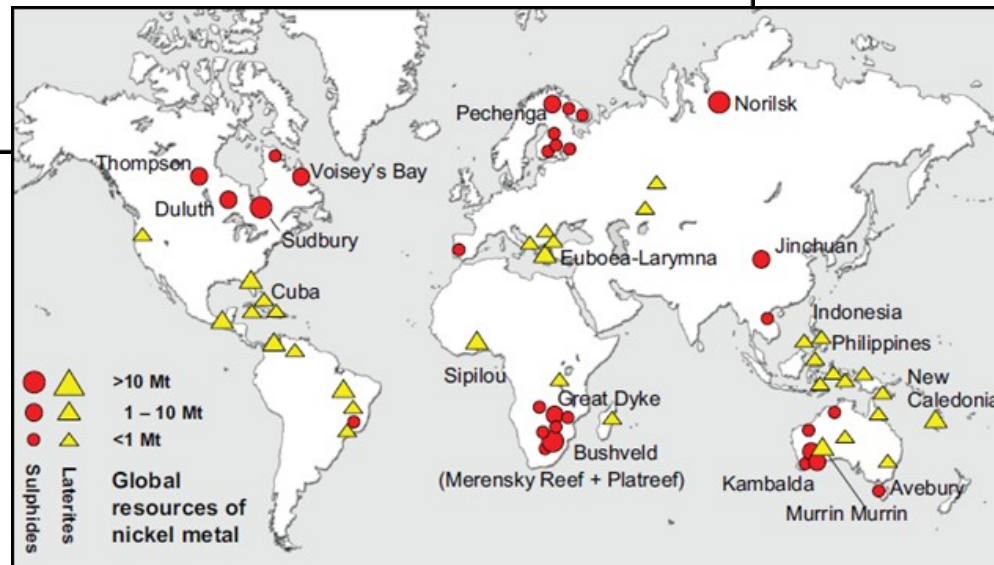
Fe-Mn konkrece, obsah Ni do 1%

# Zásoby a ložiska - Ni

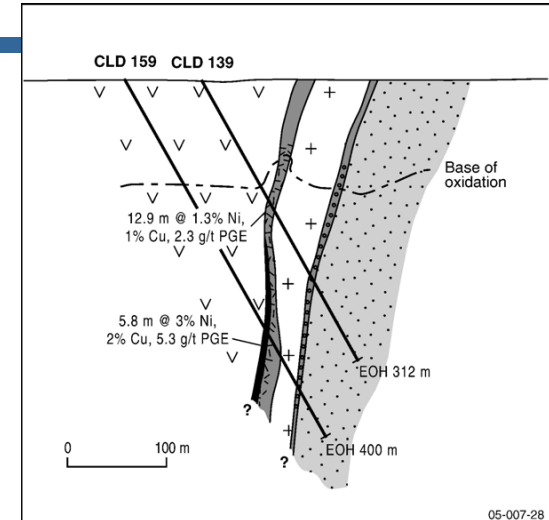
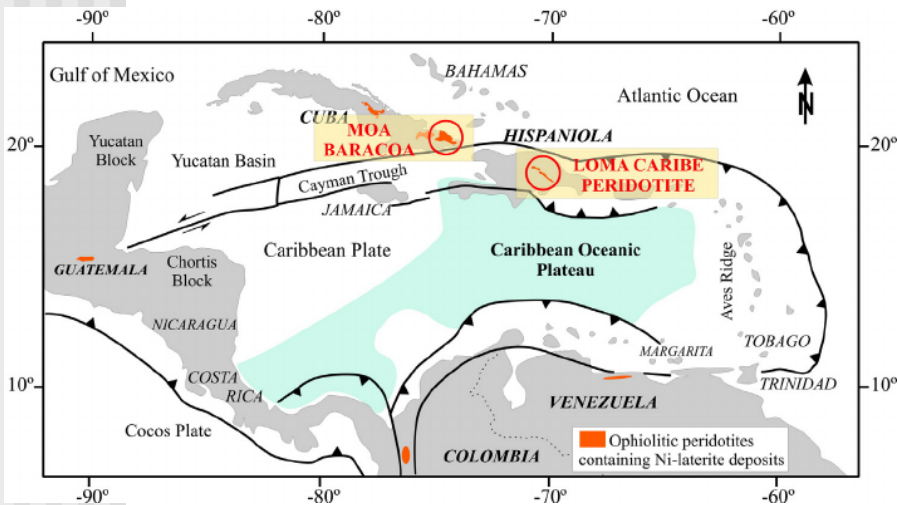
World Nickel Reserves



Garnierite a mixture of nickel silicates. Note some darker green nodules that probably contain a higher percentage of nickel. Nodule from Nickel Mountain, Oregon. Width ~ 6 cm.



# Principal sources/deposits of Ni



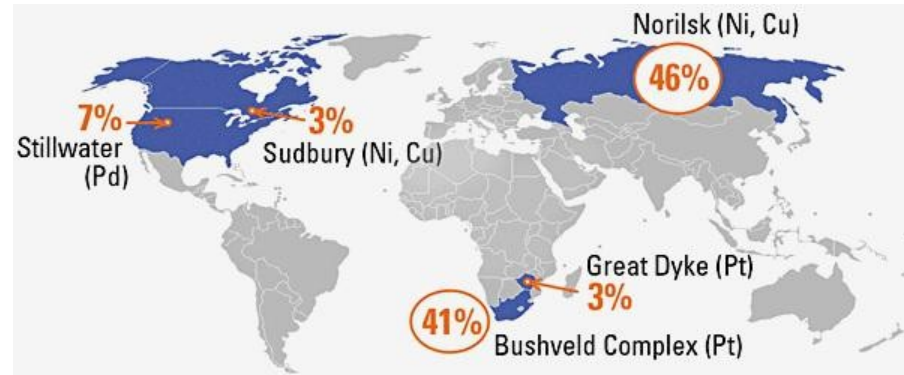
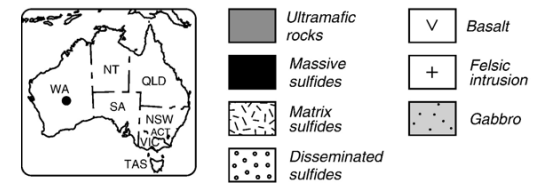
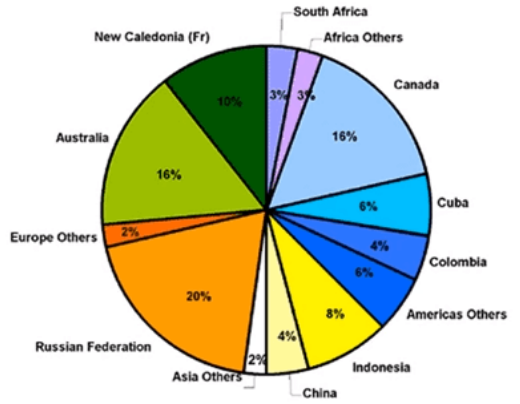
## Cu-Ni Massive Sulphides

36% of Ni production from 'sulphide deposits' of this sort.

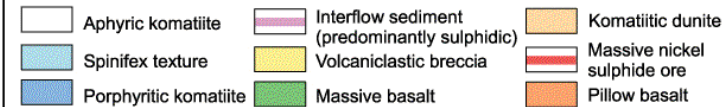
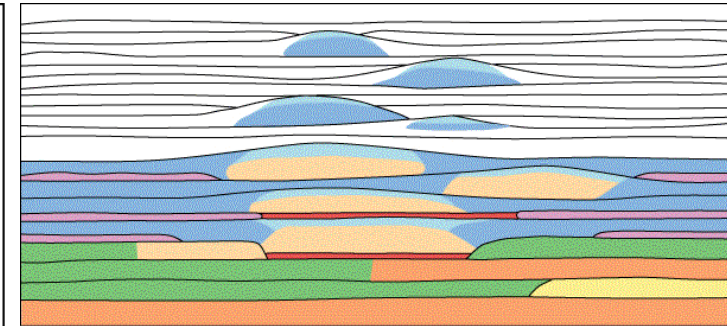
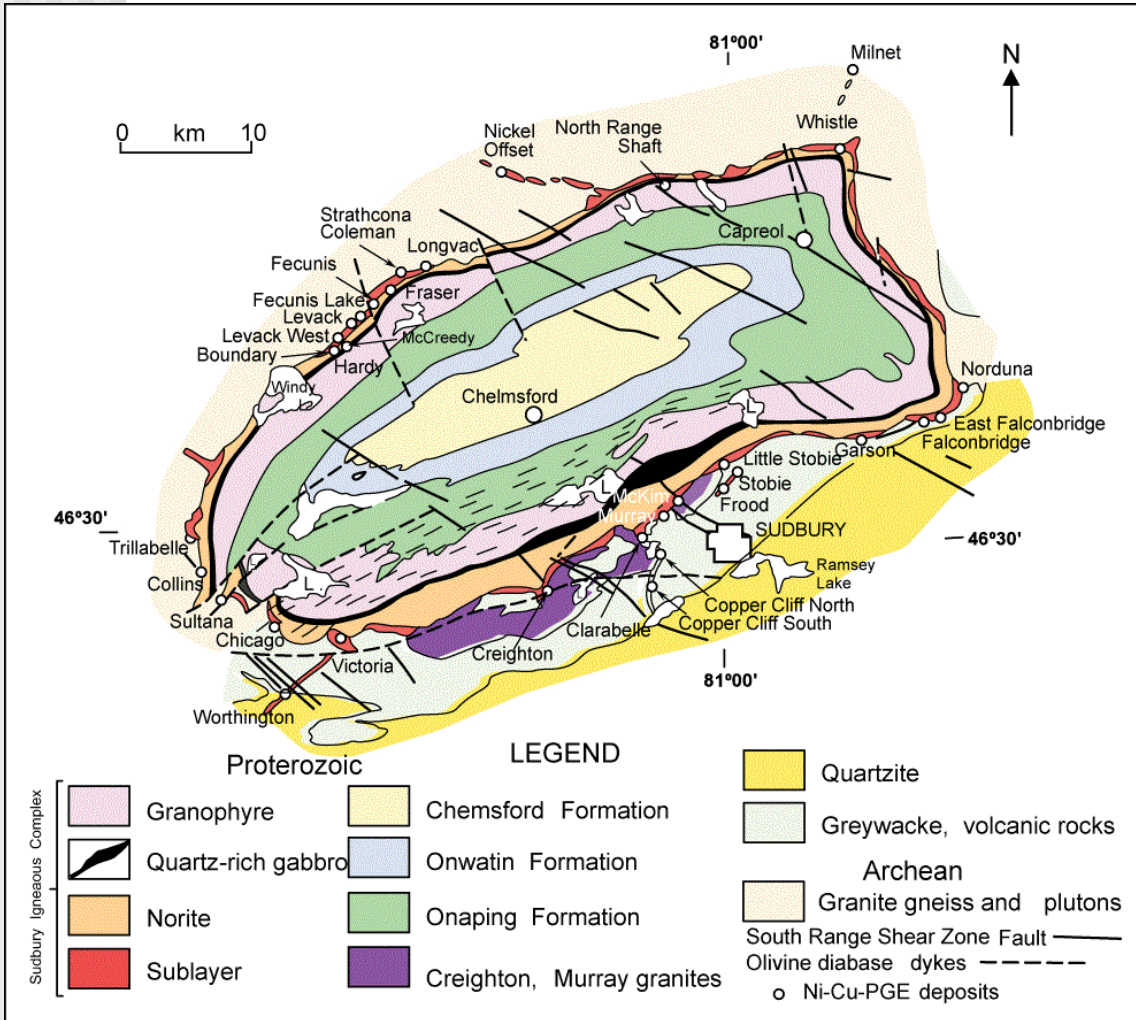
64% from 'Ni laterites' (from weathered mafic rocks) – generally in tropical areas.

Mafic complexes are the main source of the Ni in both cases.

Ni used for specialist alloys, Ni-Cd batteries.



# Sudbury – Cu-Ni



Generalized section of komatiitic flows and related nickel deposits (after Lesher, 1989) (Australia, Kambalda).

Sudbury Igneous Complex: geological map (assembled from Naldrett, 1989; Naldrett et al., 1984; Pattison, 1979; and Shanks and Schwerdtner, 1991)

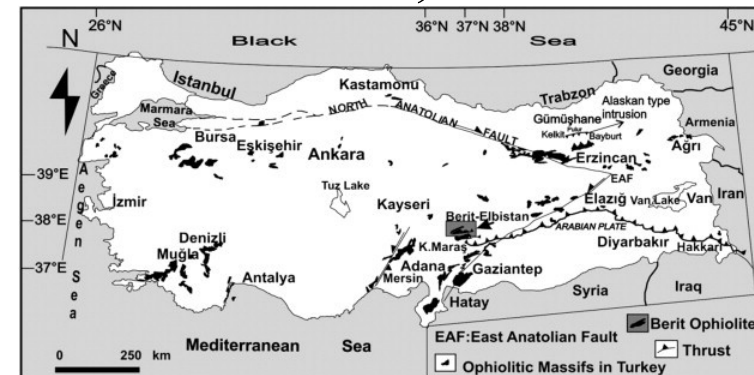
# Cr

legování ocelí, slitiny s Co – zubní lékařství, slouč. k výrobě barev, žáruvzdorné materiály - (1893°C)

chromit:  $(\text{Mg, Fe})(\text{Cr, Al, Fe}^{3+})_2\text{O}_4$ , obsah  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  v rudě až přes 60%, s větším obsahem Al – žáruvzdorné materiály

tělesa v oceán. litosféře (**ofiolity**, podiformní tělesa): Filipíny (Zambales), Turecko, Kuba, j.Ural (Kempirsajský masív)

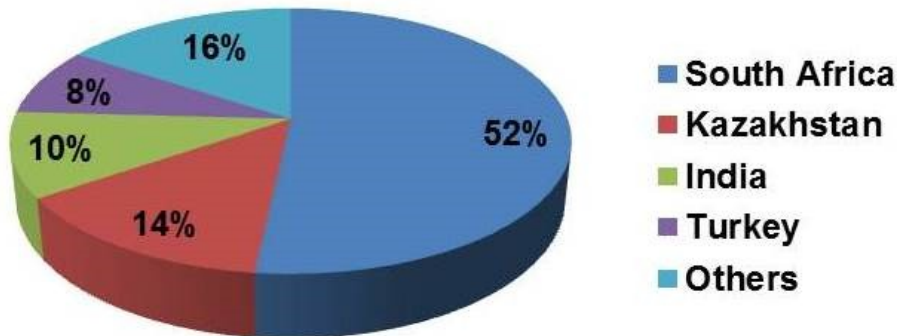
tělesa v ultrabazických masívech na štítech: Bushveld, Great Dyke (Zimbabwe), Stillwater,



Distribution of major chromitite-bearing ophiolitic massifs in Turkey

# Main deposits of Cr

World chromite production 2014  
29m tonnes



Source: data from USGS

# Co

---

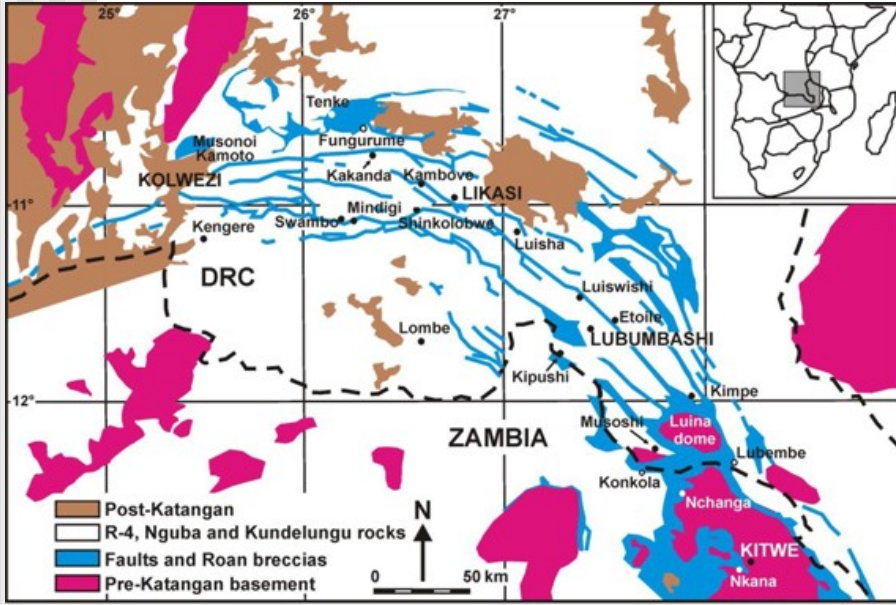
ochrana proti korozi, abrazi, slitiny – magnety (Co+Ni+Al),  
řezné nástroje (+ karbid W nebo diamanty), katalyzátory

zdroje:

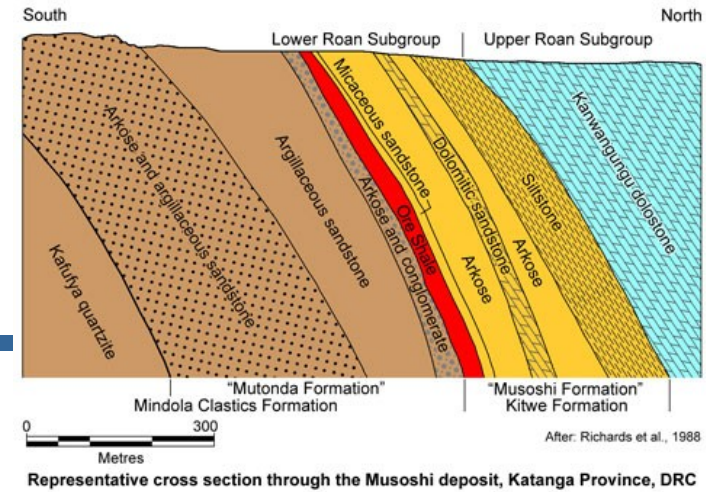
- 1) Cu-nosné břidlice (Copper Belt – Dem. rep. Congo, Zambia), obsah cca 0,4% Co, Dolní Slezsko – Lubin
- 2) vedlejší produkt při zpracování sulfidických rud Cu-Ni a lateritických rud (Kuba, New Caledonia)
- 3) hydrotermální žilná – Cobalt, Ontario (s Ag)
- 4) Mn-Fe konkrece



# Co, Cu

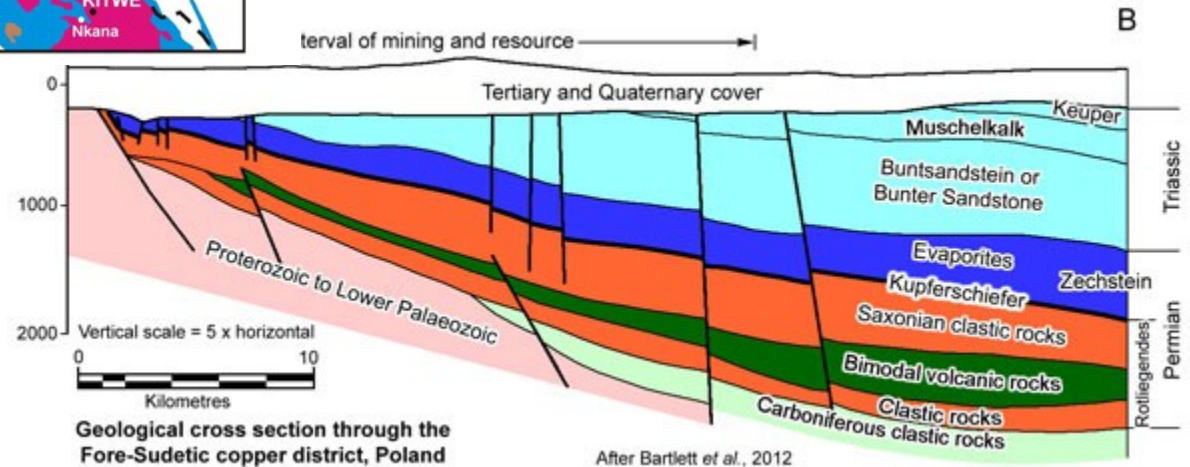


černá břidlice (kupferschiefer, s bornitem)



Representative cross section through the Musoshi deposit, Katanga Province, DRC

Location of the Central African Copperbelt and of the most important ore deposits (after Cailteux et al. 2005).



Geological cross section through the Fore-Sudetic copper district, Poland

After Bartlett et al., 2012

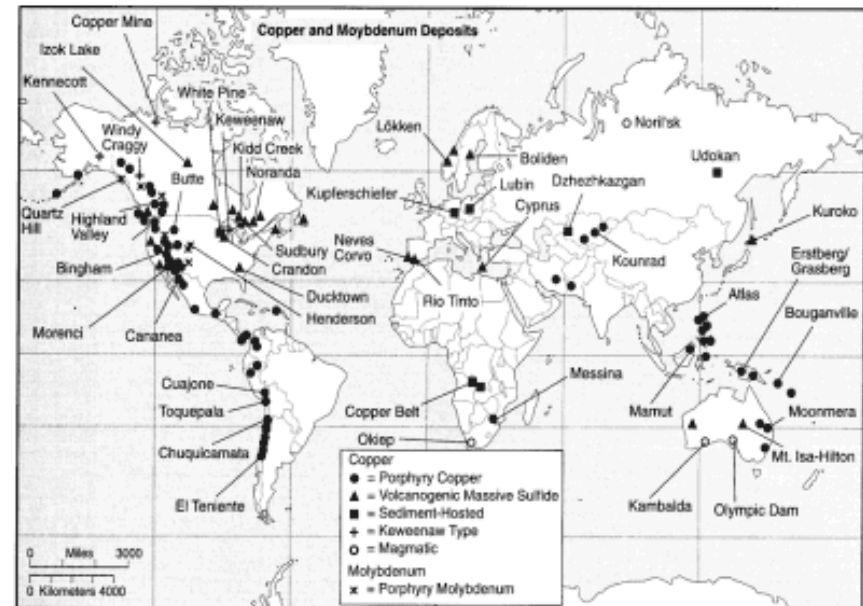
# Mo

v oceli ovlivňuje tvrdost, abrazi, korozi, vys.teploty, 30% jiné použití na chemikálie, katalyzátory a mazadla

zdroje jsou soustředěny jen do několika málo oblastí na světě

porfyrové rudy: Chile, USA, Rusko – Tyrny-Auz (skarn)

hlavní rudní minerál: molybdenit  $\text{MoS}_2$



# Cu-Mo grade

Country	Deposits	Tonnage (Mt)	Grade			
			Cu%	Mo%	Au gt <sup>-1</sup>	Ag gt <sup>-1</sup>
USA	Bingham (Utah)	2733	0.71	0.053	-	-
	Morenci (Arizona)	848	0.88	0.007	-	-
	Ray (Arizona)	172	0.85	-	-	-
	San Manuel-Kalamazoo (Arizona)	980	0.74	0.015	-	-
	San Rita (New Mexico)	662	0.97	-	-	-
Canada	Lornex (British Colombia)	544	0.374	0.013	-	Tr
	Valley Copper	853	0.48	-	-	-
Mexico	Cananea	1542	0.79	-	-	-
Panama	Cerro Colorado	2000+	0.6	0.015	0.062	4.35
Chile	Chuquicamata	9423	0.56	0.06	-	-
	El Salvador	283	1.17	0.033	-	-
Papua New Guinea	Ok Tedi	543	0.6	-	0.5	-
	Panguna	1085	0.48	-	0.55	1.5
Iran	Sar Cheshmeh					
	Supergene	92	1.996	Tr	Tr	Tr
	Hypogene	334	0.896	Tr	Tr	Tr
UK	Coed-y-Brenin	200	0.3	0.003+	0.082	
Yugoslavia	Bor	383	0.428	~0.1	0.065	~4.26

# W, V, Nb, Te

**W** - karbid W (nejtvrdší syntetický materiál): řezné nástroje, elektr. a elektronický průmysl: katody, vlákna, nové náhrady: nitridy B, karbidy Ti  
scheelit: skarny – Shizhuynan (Čína), Tyrny-Auz (Rusko), Sangdong (J.Korea), Pine Creek (Kalifornie), King Island (Austrálie)  
wolframit: hydroterm. žíly – Chiang-si (Čína), Panasqueria (Portugalsko)

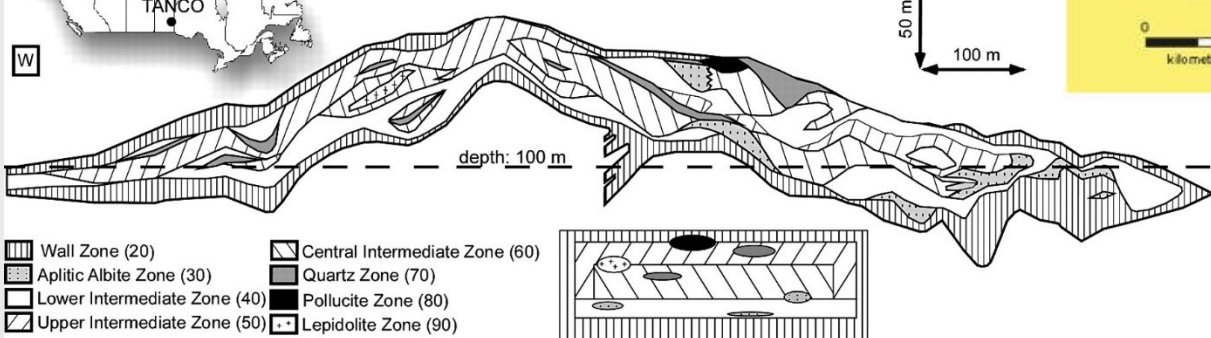
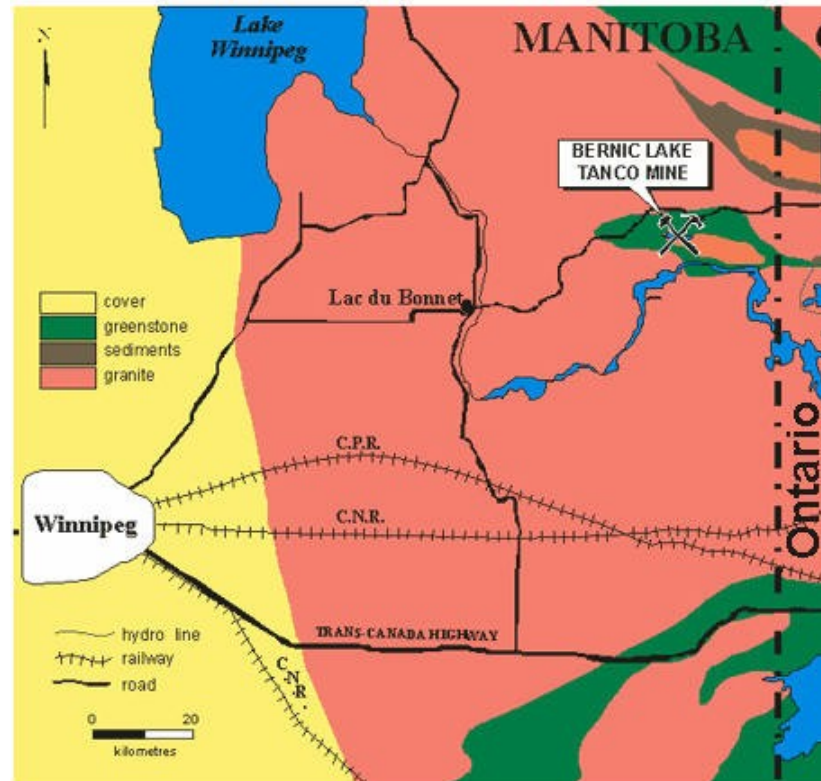
**V** - slitiny: kontrola velikosti zrn, tuhnutí, tvrdost za vys.T  
V bohatý magnetit (J.Afrika), ilmenit (anorthosity), Rusko

**Nb** - zlepšuje mechanické vlastnosti uhlíkaté oceli (obsahy cca 0,1%), pyrochlor (karbonatity), columbit, Brazílie (zvětralé karbonatity – Barreiro carbonatite complex), Kanada (Thor Lake deposit – pegmatite, alkaline granitoids, with columbite)

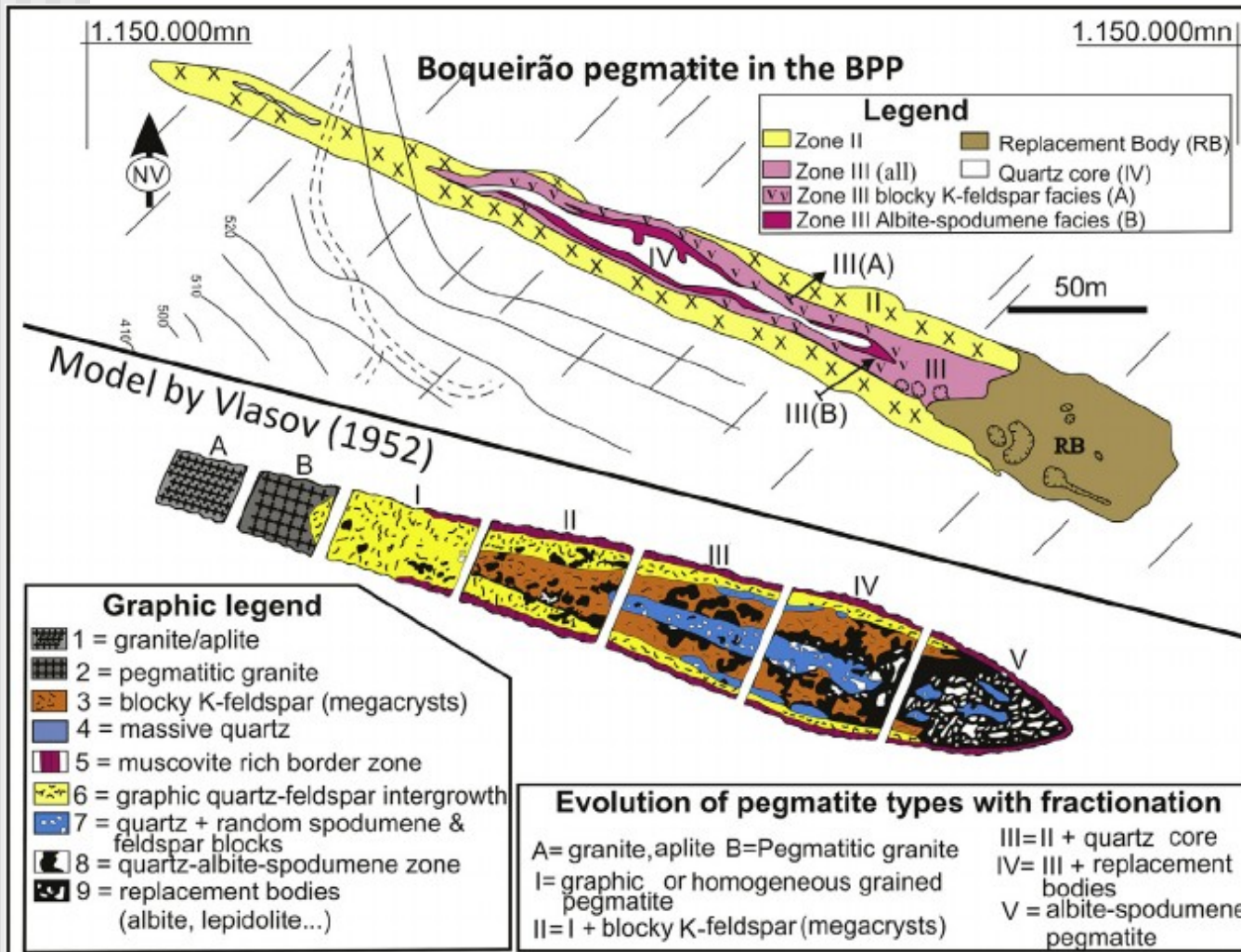
**Te** - telur: 0,04% v uhlíkaté oceli usnadňuje obrábění, získává se při rafinaci Cu, teluridy Au na kř. žilách, v Cu sulfidech

# Tanco, Manitoba

minerals: spodumen, lepidolite, columbite,  
 polucite -  $\text{Cs}_{0.6}\text{Na}_{0.2}\text{Rb}_{0.04}\text{Al}_{0.9}\text{Si}_{2.1}\text{O}_6 \cdot (\text{H}_2\text{O})$



# Brazil



Perspectives for Li- and Ta-Mineralization in the Borborema Pegmatite Province, NE-Brazil: A review

Full-text available · Article · Dec 2014 · Journal of South American Earth Sciences

Hartmut Beurlen Hartmut Beurlen Rainer Thomas Rainer Thomas Marcelo R. Rodrigues da Silva Marcelo R. Rodrigues da Silva

Detailed geological sketch of the Boqueirão (1/4 Cabeço) pegmatite (modified from Tavares, 2001) compared with the model of the classification of pegmatites based on internal structure proposed by Vlasov (1952).

# Neželezné kovy - nonferrous metals

---

- light metals: Al, Mg, Ti, Be  
(významná spotřeba energie pro zpracování)
- base metals: Cu, Pb, Zn, Sn
- chemical and industrial metals: REE, Cd, Sb, Ge, As, Rh, Hg, Ta, Zr, Hf, In, Se, Bi, Tl

# Lehké kovy – průmyslové minerály

---

- Al – diaspor, gibbsit, boehmit  
 $\text{AlO}(\text{OH})$
- Mg – magnezit, dolomit, solanky
- Ti – rutil, ilmenit
- Be – beryl –  $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{Si}_6\text{O}_{18})$ ,  
bertrandit  $\text{Be}_4(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})_2$  (ryolity,  
tufy – Spor Mountain, Utah),  
superlehké slitiny s Cu



# Al

- použití: - z 90% metalurgie kovového Al, konstrukční slitiny ap.
- - nerudní surovina: výroba žáruvzdorných materiálů, úprava vody, rafinace ropy, abrazíva, katalyzátory pro krakování ropy
- světové zásoby: jsou známy z 85 zemí, těží se ve 27 zemích, hlavně oblasti tropů a subtropů, ložiska vznikla hlavně v kenozoiku



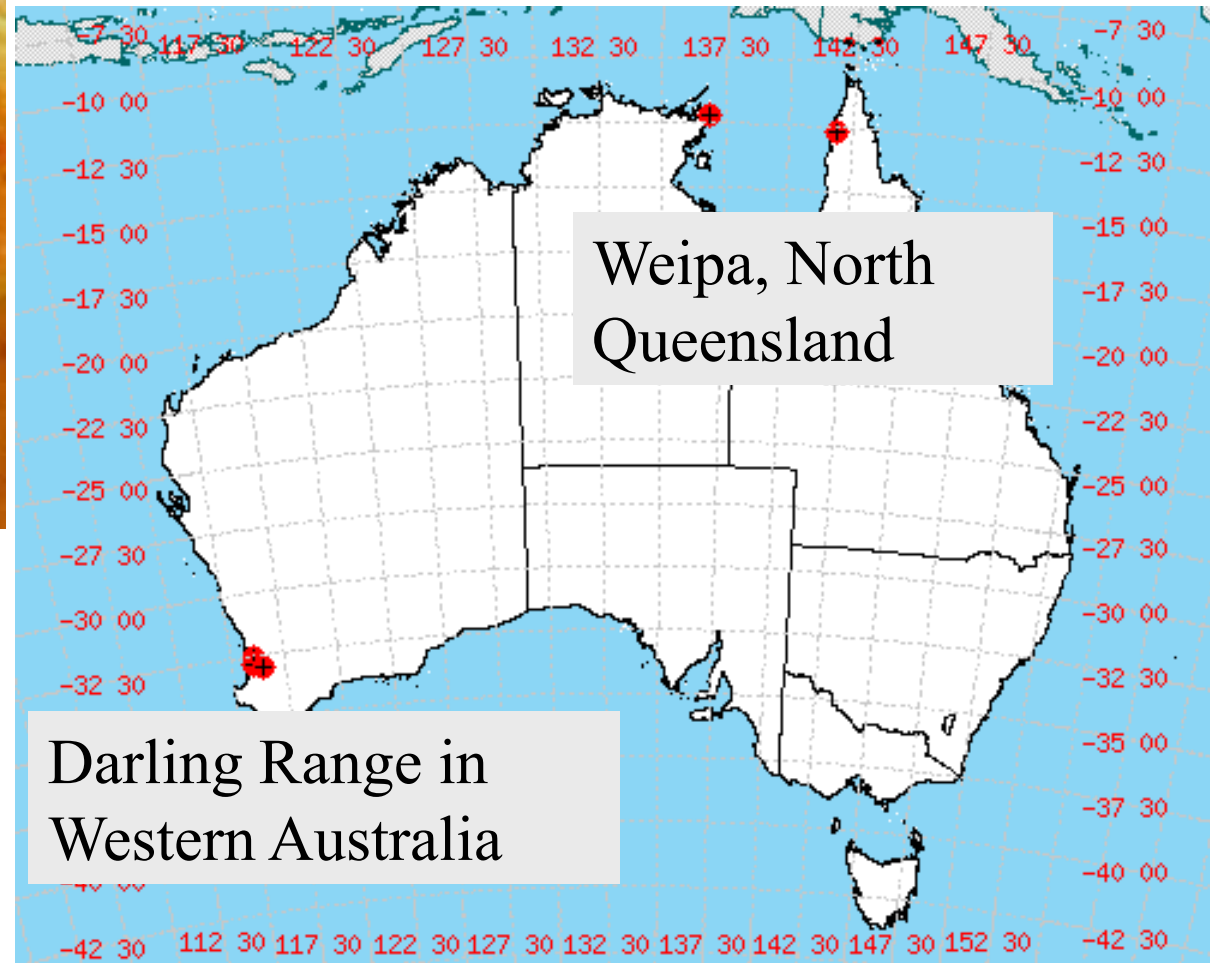
jedna z největších společností, těžba, výroba Al

# Al - ložiska

---

- Austrálie, Queensland: Al-laterit vznikl v eocénu z písčitých jílu, ve svrchní části horizont se železito-křemičitými konkrecemi, laterit má mocnost 10m, v zákl. hmotě pisolity (45-60%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), ložiska: **Weipa** (3.4Gt), Gladstone
- Darling Ranges v Z.Austrálii: Al-laterit vznikl v miocénu zvětráváním krystalinika na ploše 200 000km<sup>2</sup>, pevný laterit nahoře pod ním křehký, těžitelná poloha s mocností 3m má 30-48%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , vznikají svědecké pahorky, (celkové zásoby Austrálie jsou odhadovány na 4.8Gt)

# Austrálie (AI)



Weipa, North  
Queensland

Darling Range in  
Western Australia

# Al-pisosity, Weipa, AUS

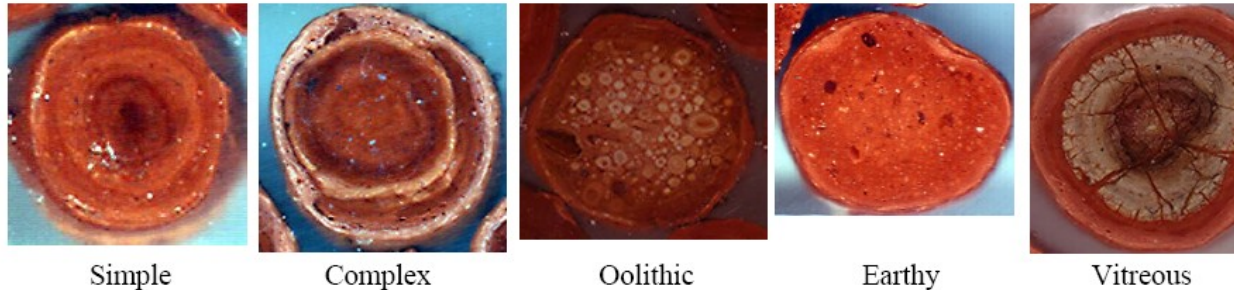
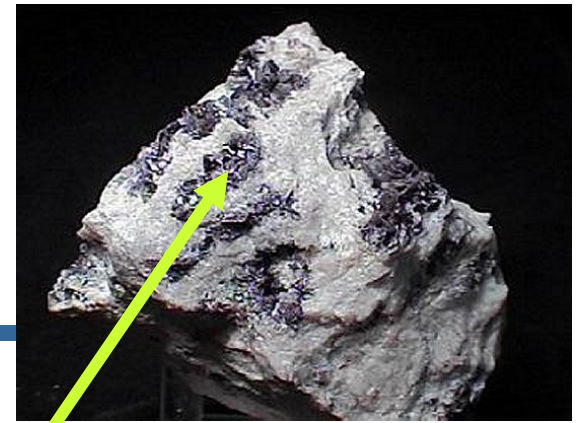


Figure 2: core types common in bauxite pisoliths from the Andoom Jacaranda profile.

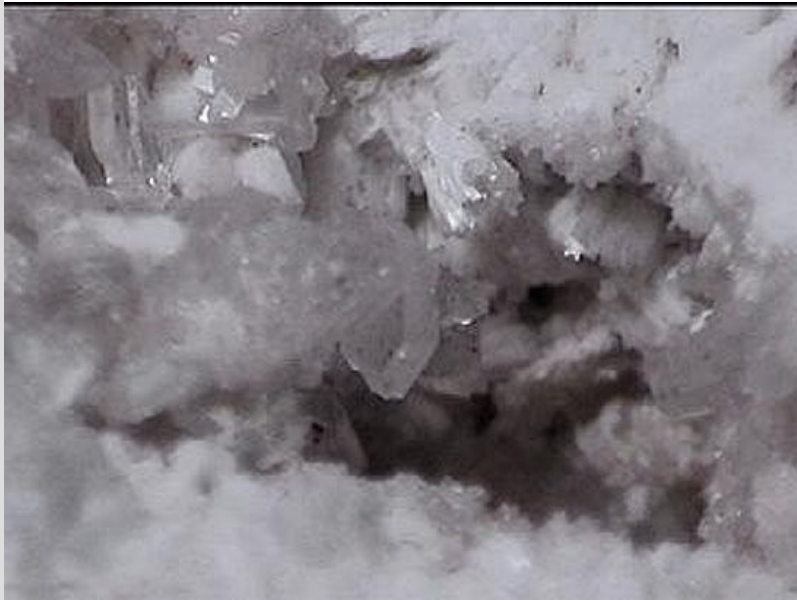
Table 2: Mineralogy of pisoliths from Weipa and Andoom (data from David Tilley).

	Weipa			Andoom		
	Lomgtom	Cod	Av 21 pisos	Jacaranda2	Jacaranda1	Av 21 pisos
	46	76	53	57	41	50
	2	11	8	19	22	14
	25	0	24	4	14	19
Total alumina	73	87	85	80	77	83
Kaolinite	14	7	9	4	5	5
Quartz	2	1	2	1	1	1
Hematite	5	5	3	10	13	10
Anatase	2	2	2	4	2	2

# gibbsit, boehmit, diaspor



diaspor –  $\text{AlO}(\text{OH})$



gibbsit –  $\text{Al}(\text{OH})_3$



boehmit –  $\text{AlO}(\text{OH})$

# další Al - ložiska

---

- Guayana
- Brazílie
- Guinea
- **sedimentární typy**: Francie, Maďarsko - ložisko Gant, Ajka, Halimba aj. na sz. země

bauxit - Al-laterit - sedimentární lož.

**Bauxite** is named after the French district of Les Baux, where it was first discovered in 1821.

# Mg



- Lehký kov - 1,7 g/cm<sup>3</sup>
- Mg – magnezit, dolomit, solanky - 3% Mg (60% produkce Mg v USA), mořská voda (0,13% Mg), slitiny s Al, MgO – součást ohnivzdorných materiálů

## World Magnesite Reserves

(Data in thousand metric tons of magnesium content unless otherwise noted)

Country	Reserves
United States	10,000
Australia	95,000
Austria	15,000
Brazil	86,000
China	500,000
Greece	80,000
India	20,000
Korea, North	450,000
Russia	650,000
Slovakia	35,000
Spain	10,000
Turkey	49,000
Other countries	390,000
World total (rounded)	2,400,000

Source: USGS, 2014

70% produkce se využívá v průmyslu nekovových výrobků: karbonáty, hydroxidy, chloridy Mg – guma, textil, chem. průmysl

kov – slitiny s Al – odolnost vůči korozi (plechovky, sudy), lehký kov – roboty, dopravní prostředky

# Ti

## ■ 95% spotřeby na bílý pigment $\text{TiO}_2$

rutil, ilmenit ( $\text{FeTiO}_3$ ) – rýžoviska: Florida, Natal coast  
J.Afrika, Queensland (Austrálie), Sierra Leone – fluvialní  
rýžoviska, magmatická lož. – anortosity (Norsko, Kanada)

95% spotřeby na bílý pigment  $\text{TiO}_2$

slitiny – lehké, letecký průmysl,

World titanium reserves

(Data in thousand metric tons of contained  $\text{TiO}_2$ )

Country	Ilmenite	Rutile
United States	2,000	NA
Australia	160,000	24,000
Brazil	43,000	1,200
Canada	31,000	--
China	200,000	--
India	85,000	7,400
Madagascar	40,000	--
Mozambique	14,000	510
Sierra Leone	--	3,800
Norway	37,000	--
South Africa	63,000	8,300
Sri Lanka	NA	--
Ukraine	5,900	2,500
Vietnam	1,600	--
Other countries	26,000	400
World total	700,000	48,000
World total (ilmenite and rutile, rounded)	750,000	

Source: USGS, 2014



# „Base metals“

---

Pb, Zn, Cu, Sn

# Pb-Zn

---

- hl. průmyslové genetické typy:
- hydrotermální vulkanosedimentární
- („podkategorie“ SEDEX, VMS – volcanic massive sulfides, ...
- teletermální, („MVT“)
- hydrotermální žilné typy (genetické vazby k magmatismu, vulkanismu)

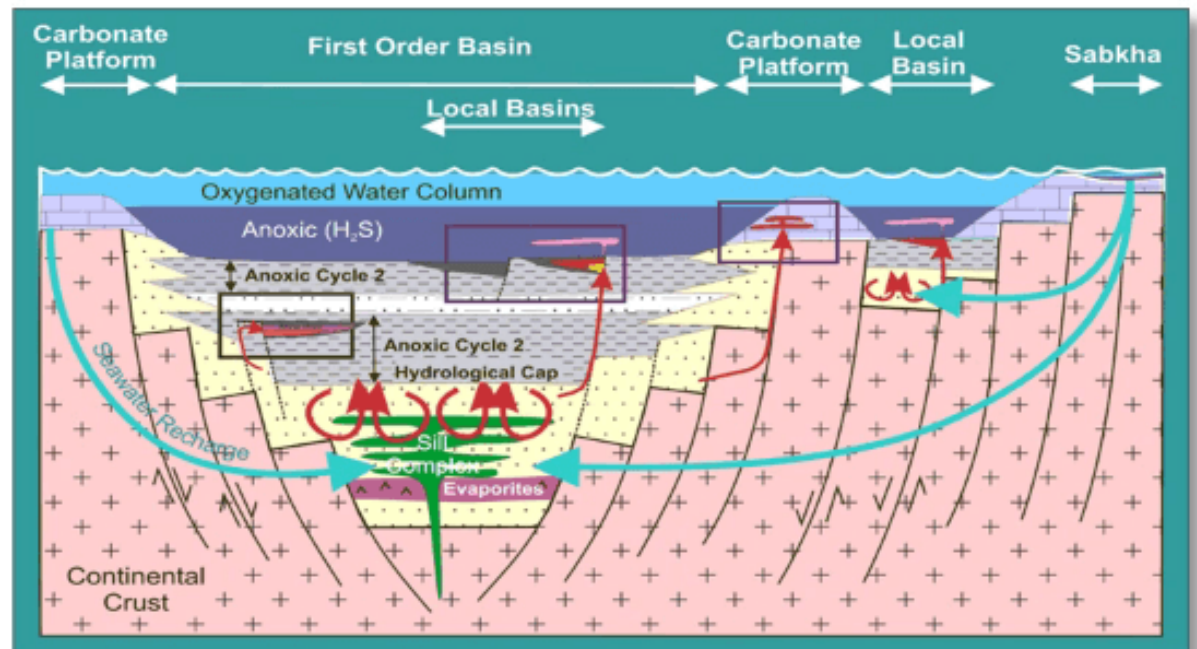
# Vývoj cen Pb, Zn



# SEDEX

## SedEx – Differences from VMS

Form in fault-bounded **sedimentary** basins on **continental crust**, not oceanic crust. **Host rocks** are usually shales - volcanics are rare  
**Metals** derived ~100% from host sediments/basement, not intrusives  
Insignificant Cu and Au; more Pb and Ag; Zn in both.



# Teletermální ložiska

hydrotermální, nízkoteplotní, pestré a složité strukturní formy (odraz geol. vývoje sedimentárních jednotek)



Hlavní rudní minerály:  
sfalerit, galenit, ( $\pm$ fluorit)

Typical hand specimen of  
brecciated dolostone (d0, d1)  
cemented by several generations of  
hydrothermal dolomite (d2) and  
coarse-grained quartz (qtz) and  
sphalerite (sph) from Bushy Park.  
JAR

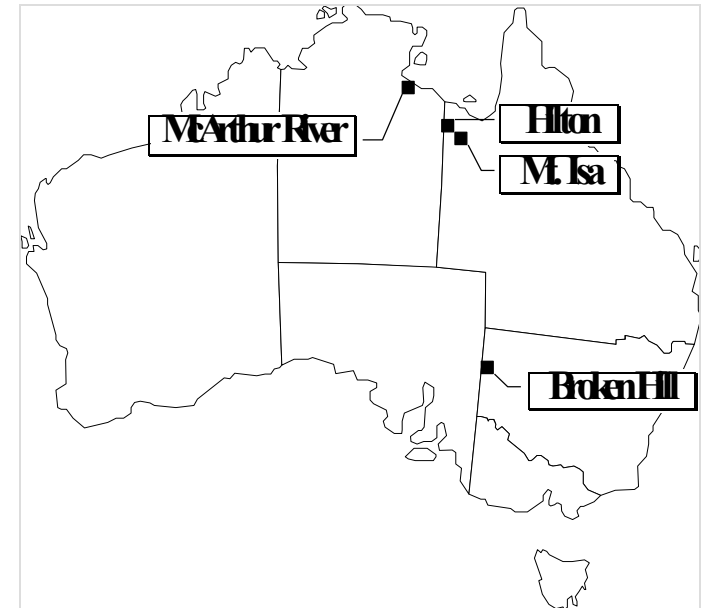
# Low-temperature deposits

---

- Krakov
- Pine Point, Canada
- the Lisheen Zn-Pb-Ag prospect, Rathdowney Trend, Ireland
- Silvermines zinc-lead-barite deposit, Ireland
- USA: Tri State district (Missouri, Tennessee, Mississippi,... → „MVT“ – neogenetické označení)

# Pb-Zn, volcano-sedimentary

- Mt Isa, Broken Hill
- Sullivan
- Rio Tinto
- Zlaté Hory  
(příklad v ČR)



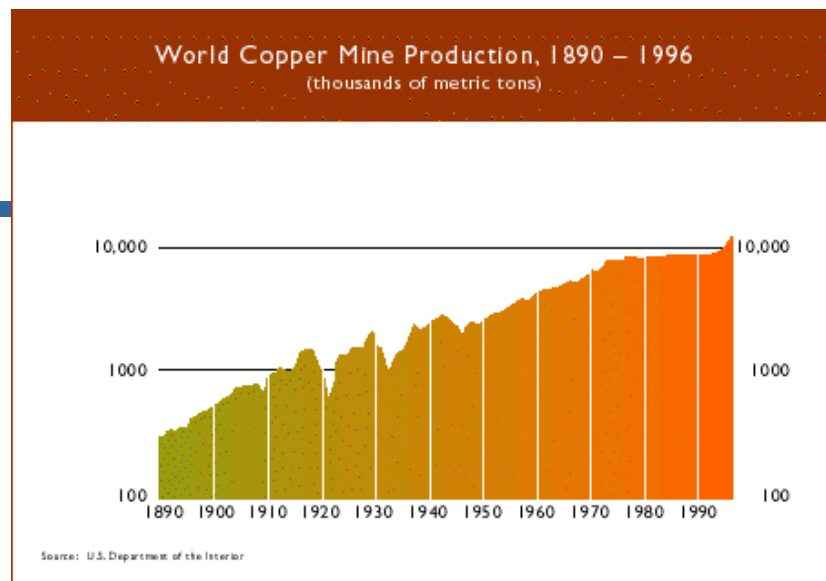
Broken Hill (Aus, NSW): 300 mt @ 15% Pb+Zn, 150g/t Ag  
(proterozoikum, 1690Ma)

# Cu

chalcopyrite: principal ore

hlavní průmyslové,  
primární zdroje:

- 1) porfyrové rudy Cu-Mo  
(cca 80% produkce a  
spotřeby)
- 2) Cu-nosné břidlice  
(kupferschiefer),  
sulfidy Cu: bornit,  
chalkozín





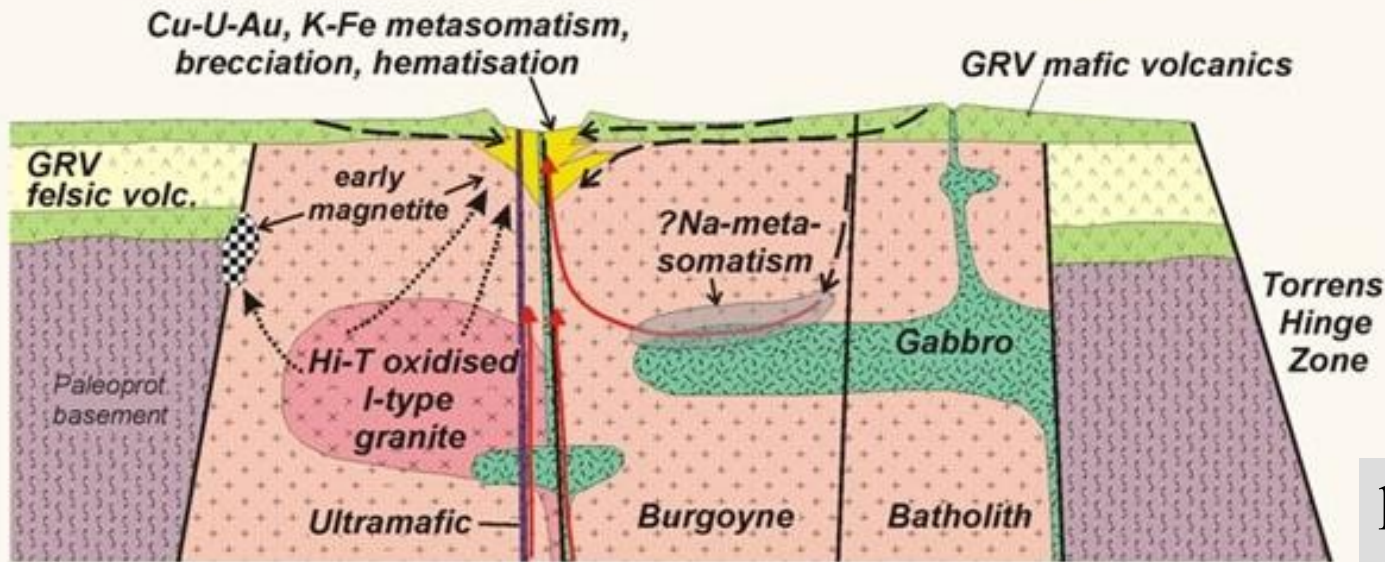
# Významná ložiska Cu

---

- Lubin, Polsko
- Cooperbelt, Zambie
- porfyrové rudy: Bingham, El Teniente, ...
- Neves Corvo
- Olympic Dam

# Olympic Dam (Austrálie)

## OLYMPIC DAM - STYLE CU-AU SYSTEM



- Felsic magma / granite - sourced fluids
- Fluids reacted with mafic/ultramafic intrusions
- Meteoric waters (oxidised, cool)

2km  
(schematic)

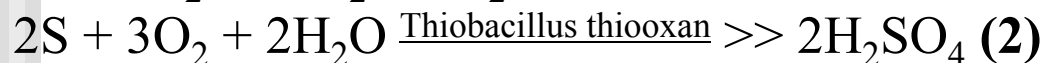
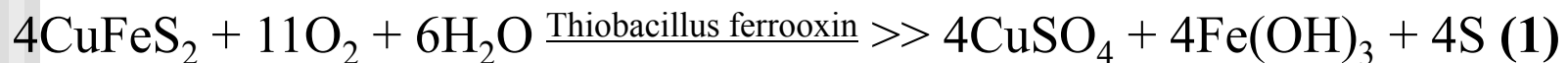
Geology partly based on Reeve et al. (1990) & Haynes et al. (1995)

komplexní  
hydrotermální  
systém

# Cu - bioleaching

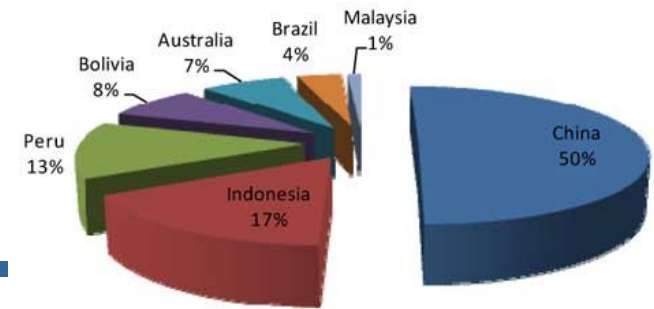
## Examples of Current Industrial Bioleaching Operations<sup>1</sup>

- Acid Mine Drainage
  - Rio Tinto, Spain
- Dump Leaching
  - Bagdad, USA
  - Morenci, USA
  - Pinto Valley, USA
  - Sierrita, USA
- Heap Leaching
  - Cerro Colorado, Chile
  - Cananea, Mexico
  - Chuquicamata SBL, Chile
  - Collahuasi, Chile
  - Girilambone, Australia
  - Ivan Zar, Chile
  - Morenci, USA
  - Punta del Cobre, Chile
  - Quebrada Blanca, Chile
  - Salvador QM, Chile
  - Sociedad Minera Pudahuel, Chile
  - Zaldívar, Chile
- Bioleaching of Gold Concentrates
  - Ashanti, Ghana
  - Fairview, Zambia
  - Harbour Lights, Australia
  - Mount Leyshon, Australia
  - Sao Bento, Brazil
  - Wiluna, Australia
  - Youanmi, Australia



# Sn

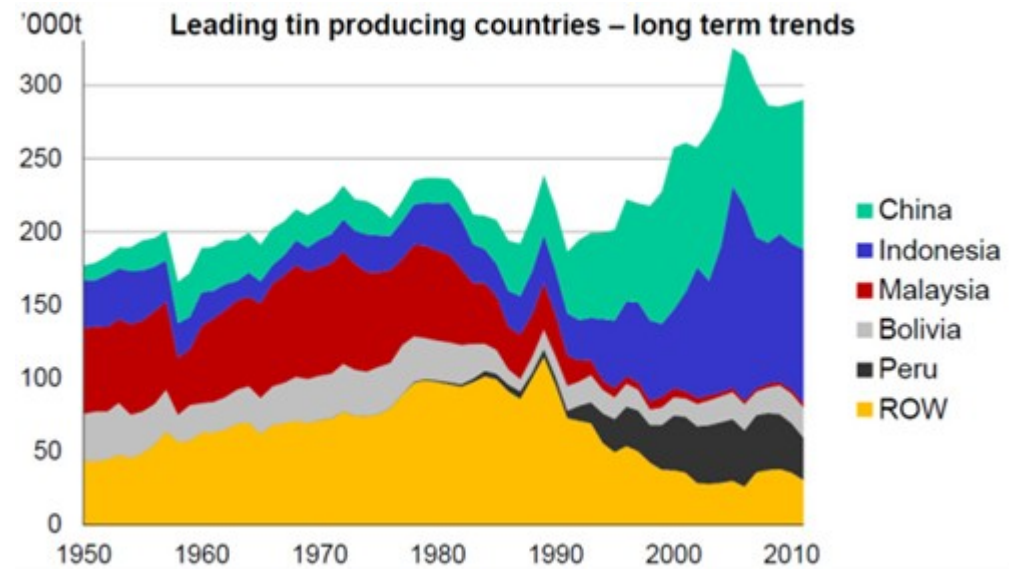
Tin - Major producers 2010



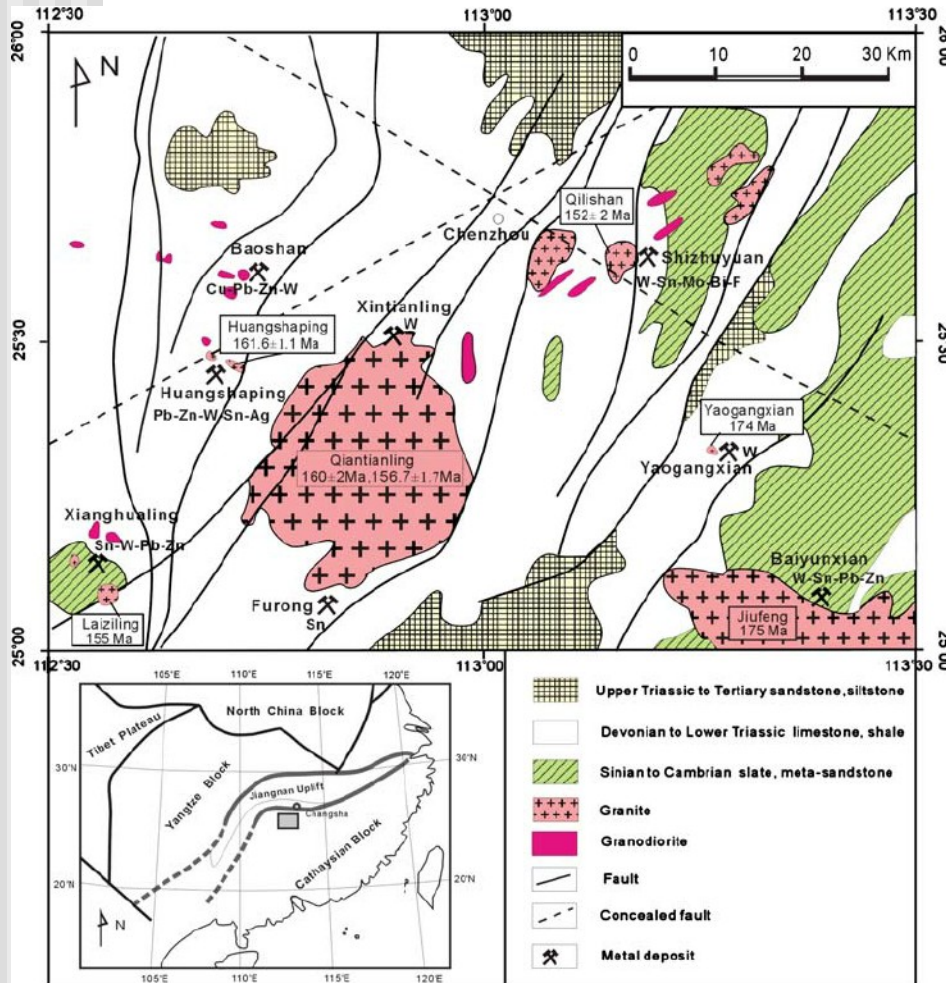
- kasiterit -  $\text{SnO}_2$
- genetické typy zdrojů/ložisek: greiseny, rozsypy
- saxothuringikum (Cínovec v ČR)
- Čína, Indonesie



Illegal tin mine in Batako, Tunghin. Bangka Island (Indonesia) is devastated by illegal tin mines. The demand for tin has increased due to its use in smart phones and tablets.



# Sn - China



Sketch map of tin and tungsten deposits in the central Nanling region,

# Chemical and industrial metals

---

REE, Cd, Sb, Ge, As,  
Rh, Hg, Ta, Zr, Hf,  
In, Se, Bi, Tl

**REE** – speciální ocel. slitiny (směs), La, Nd, Pd – rafinace ropy, cena: 3\$/kg oxidů, magmatická ložiska, likvační a karbonatity, bastnezit, monazit, xenotim, Mountain Pass (Kalifornie)

**Cd** – toxické, baterie, antikorozi povrchy, barevné pigmenty, stabilizace PVC, greenokit, sfalerity – rafinace Zn: Cd

**Sb** – výroba chemikálií s užitím proti vznícení (plasty, textil, dětské oblečení?, stibnit, tetradrit, jamesonit, antimonit hydrotermální ložiska, skarny, greiseny, Čína, Bolívie, J.Afrika

**Ge** – optická vlákna a skla, vedlejší produkt zpracování Zn rud

**As** – herbicidy, insekticidy, ochrana dřeva, arsenopyrit, realgar, auripigment, enargit, tenantit, vedlejší produkt hutí

**Re** – molybdenit – 10-100 ppm Mo-porfyry, až 2000 ppm Cu-Mo porfyry, rafinace ropy, slitiny Re-Ni – vysokoteplotní aplikace (let.motory)

**Hg** – hydrotermální nízkoteplotní ložiska, McDermitt caldera (Nevada), Monte Amiata (Itálie), Almaden (Španělsko), v pískovcích

hl. minerál cinabarit, jinak produkt rafinace rud, prodej: lahve (76 lb), amalgamace Au, baterie (už ne), výbojky, měřicí přístroje, barvy, používala se na zubní amalgam (50% Hg, 35% Ag, 12% Sn, Cu, Zn)

**Ta** – slitiny s Fe, elektronika, pyrochlor, tantalit

**Zr (+Hf)** – zirkon, teplotně odolné součástky (2500°C), atomové reaktory: Zr – pouzdra na palivo, Hf – řídicí tyče

**In** – sfalerit – 10-20 ppm, slitiny s Bi, Pb, Sn, Cd, oxidy In a Sn – ochranné povrchy, skla, polovodiče, zubní slitiny

**Se** – fotoelektrické vlastnosti – solární energie, papír pro kopírky, guma, zdroj – elektrolytická rafinace Cu

**Bi** – kosmetika, lékařství (chloridy, karbonáty), při rafinaci rud Pb, Mo, W

**Tl** – 10-40 ppm thalia ve sfaleritech, slitiny s nízkým bodem tání, Tl = 303,5°C, elektronika, farmacie

**sfalerit! – zdroj řady prvků z výšeteplotních hydrotermálních ložisek**

# Critical elements

- Li
- REE – zdroj: karbonatity, alkalické magmatity, (monazit, parisit, loparit, ..., hlavně oxidy a fosforečnany s La, Ce, ...)
- Te – solární panely, slitiny, zdroj – teluridy (calaverit AuTe<sub>2</sub>, Kalifornie, Emperor Mine – Fiji,
- ...

Figure 6.F.1b Criticality Ratings by the European Commission of Shortlisted Raw Materials.<sup>17</sup>

High	High-Medium	Medium	Medium-Low	Low
REE: Dy, Eu, Tb, Y	Graphite	REE: La, Ce, Sm, Gd	Lithium	Nickel
REE: Pr, Nd	Rhenium	Cobalt	Molybdenum	Lead
Gallium	Hafnium	Tantalum	Selenium	Gold
Tellurium	Germanium	Niobium	Silver	Cadmium
	Platinum	Vanadium		Copper
	Indium	Tin		
		Chromium		

low sulphidation, epithermal mineralisation at Emperor is regionally associated with higher-temperature alteration zones near the centre of the caldera, 3 km east of Vatukoula

Native tellurium crystal on sylvanite from the Emperor Mine, Vatukoula, Tavua Gold Field (image width 2 mm)

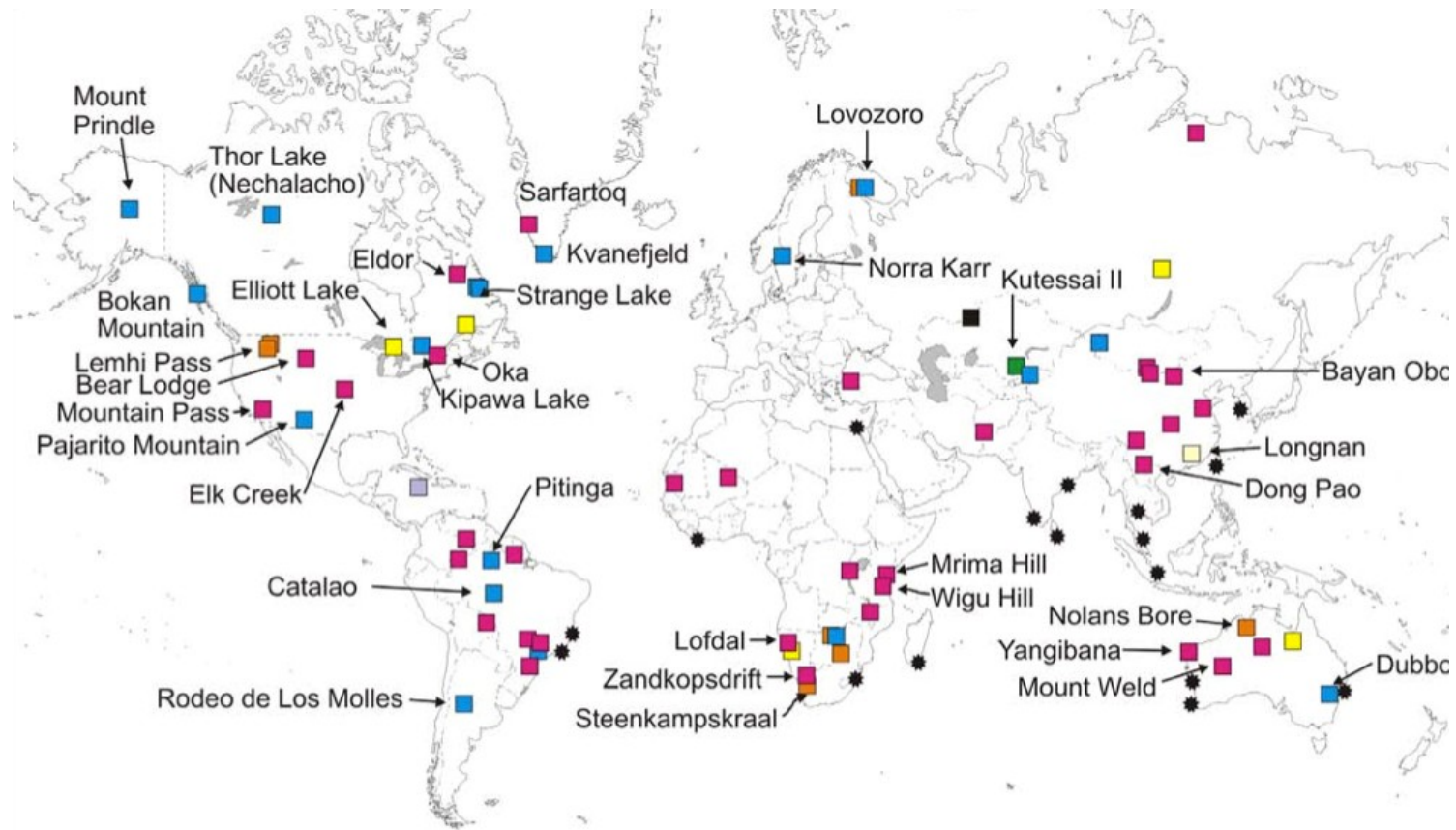


Sylvanite, (Au,Ag)<sub>2</sub>Te<sub>4</sub>, and Tellurium, Emperor Mine, Viti





# REE deposits



- |                             |                               |                             |
|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| ■ Bauxite laterite          | ■ Magnetite ore deposit       | ■ Uranium deposit           |
| ■ Carbonatite complex       | ■ Peralkaline igneous deposit | ■ Vein deposit              |
| ■ Ion-adsorbed clay deposit | ★ Placer deposit              | ■ Weathered crust saprolite |

# Li

- Spodumen, ambligonit, lepidolit



- **Lithium (Li):** atomové číslo 3, relativní atomová hmotnost 6,941 je stříbrolesklý, velice reaktivní, vodivý elektropozitivní kov. Je měkký (0,6) a nejlehčí (0,534 g/cm<sup>3</sup>) ze všech kovů, ale tvoří pevné slitiny s ostatními kovy. Používají se především sloučeniny Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Li<sub>2</sub>O, LiCl, LiF, LiOH atd.
- **Hlavní minerály:** amblygonit (3,4–4,7 % Li), spodumen (3,7 % Li), lepidolit (1,4–3,6 % Li), petalit (1,6–2,3 % Li), eukryptit (2,1–5,5 % Li), **cinvaldit** (1,4–1,6 % Li); v budoucnosti: hektorit (0,5 % Li), jadarit (3,4 % Li)

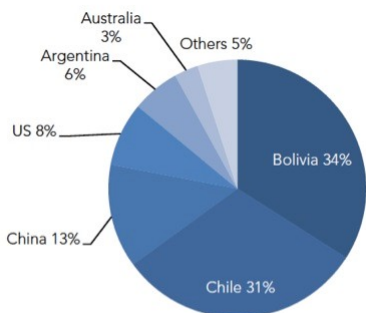
# Ložiskové zdroje Li

---

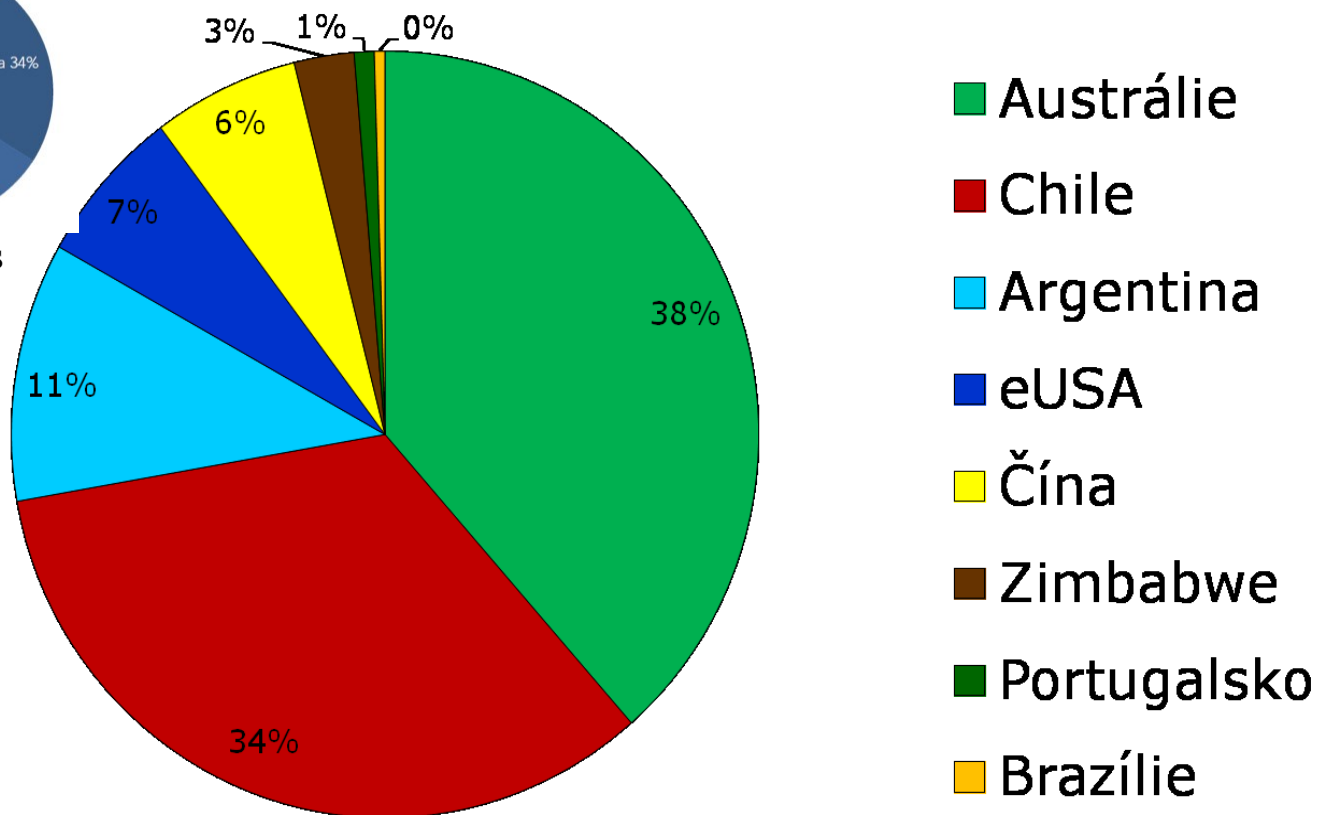
- **Kontinentální solanky:** roztoky Li solí v pánvích a slaných jezerech aridních oblastí v předhůří velehor – 53% podíl na světové těžbě, cca 75 % zásob – Chile, Argentina, Bolívie, Čína, USA
- **Pegmatity:** hlavní minerál spodumen, ale i petalit, eukryptit, lepidolit a amblygonit – 46% podíl na světové těžbě, cca 20 % zásob – Austrálie, Čína, Zimbabwe, USA, Brazílie, Portugalsko
- **Sedimentární:** budoucí perspektivní typy ložisek
- borosilikát jadarit (Srbsko)
- jílový minerál hectorit (USA, Mexiko)
- **Solanky geotermální a ropných polí:** možný zdroj v budoucnu, nízké obsahy Li, navíc doprovodné soli dalších prvků (např. Br)
- **Greiseny a greisenizované žuly:** dříve významné, nízké obsahy Li, často spolu dalšími prvky (Sn, W, Rb) – hlavní zdroj v ČR
- **Antropogenní:** odpady po úpravě Sn-W rud – omezená velikost, ale snadná těžba i úprava

# Li - těžba

## Lithium – světová těžba: 34–35 kt

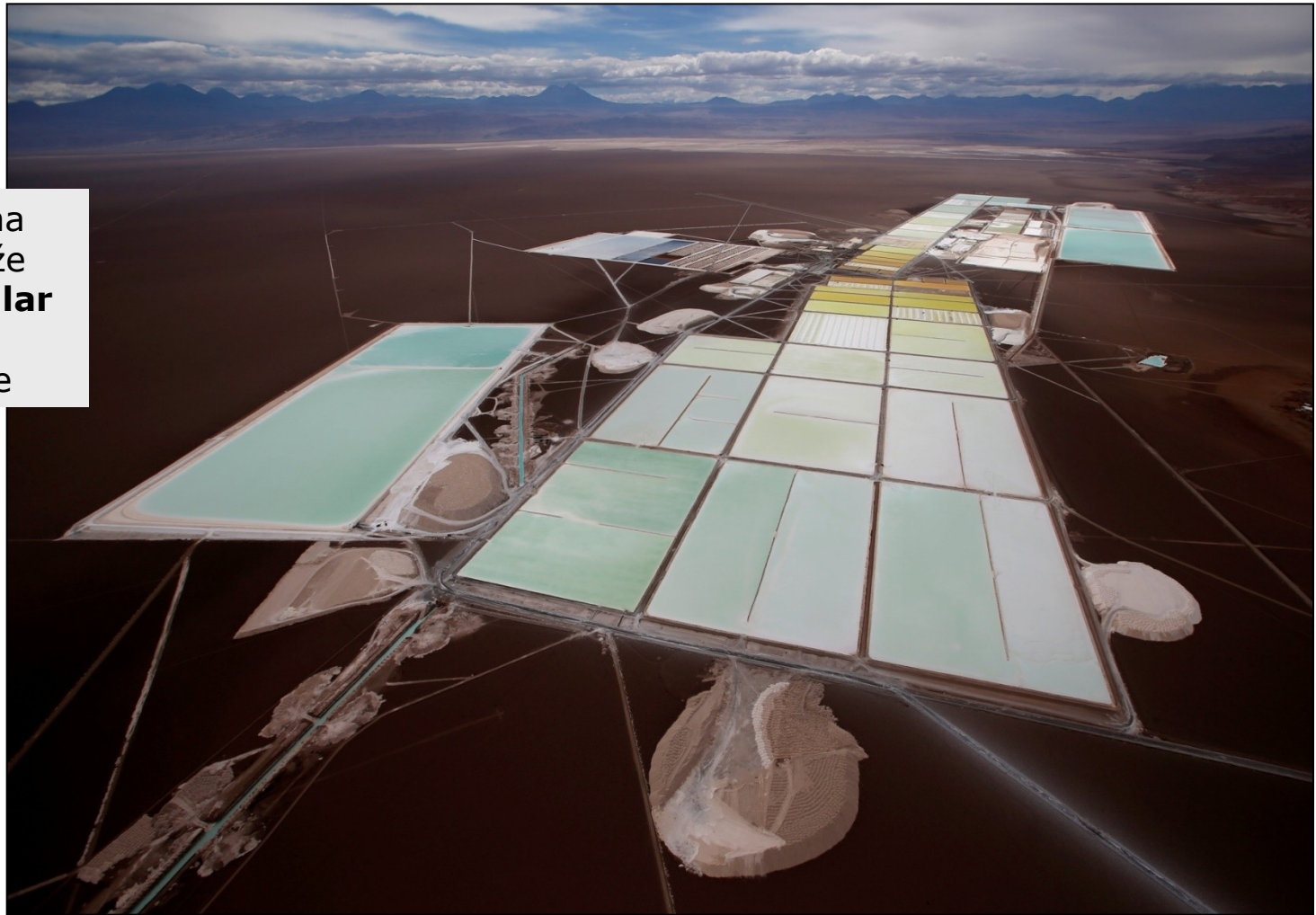


2011 reserves estimates

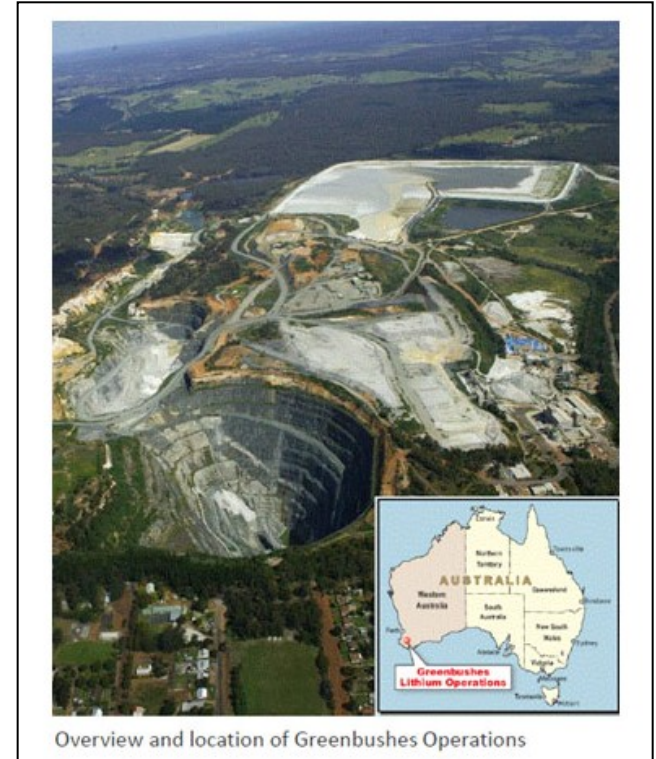


# Chile - Li

Letecký pohled na  
odpařovací nádrže  
solanek ložiska **Salar  
de Atacama**  
v severním Chile



# Greenbushes



**Greenbushes** – nejkvalitnější pegmatitové ložisko Li (Sn-Ta-Li) spodumenových rud v jz. Austrálii se 118 mil. t rudy o obsahu 1,0–1,5 % Li