

Nulové emisie - bez nerastných surovín to nepôjde



Peter Uhlík

Katedra ložiskovej geológie, PRIF UK

peter.uhlik@uniba.sk

www.facebook.com/KLGPRIFUKBA



Dnešný program

Čo sú to nerastné suroviny?

Do akej miery sú nerastné suroviny potrebné pre náš život, pre znižovanie emisií?

Čo sú kritické suroviny?

Na čo je ložiskový geológ?



Nerastná surovina

- *Neobnoviteľná prírodná látka, ktorú je možné ekonomicky využívať, priamo alebo po úprave pre potreby spoločnosti*
 - Prvok, zlúčenina, minerál, hornina
 - Pevná, kvapalná, plynná

Vývoj ľudskej spoločnosti a NS

- Už pred 2.5 mil. r. valúnová industria – *Homo habilis*

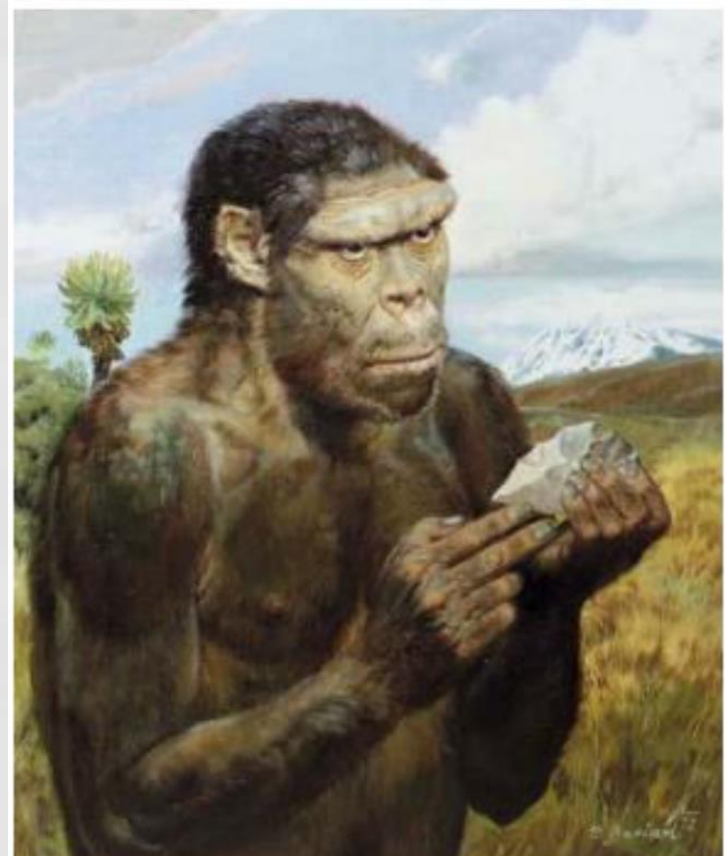


Vývoj ľudskej spoločnosti a NS

- 600 000 *Homo erectus* – pästný klin z riečnych náplavov alebo úpäť skál



paleolit, Dunbridge,
Hampshire (500,000-10,000 BC)



<http://archaeology.about.com/od/aterms/g/acheulean2.htm>

<https://www.slideserve.com/aspen/vznik-a-v-voj-cloveka>

Vývoj ľudskej spoločnosti a NS

- 250 000 abbevillienske, chelléenske a acheuléenske pästné klíny (prvá „ťažba“ pazúrikov z kriedy)



Vývoj ľudskej spoločnosti a NS

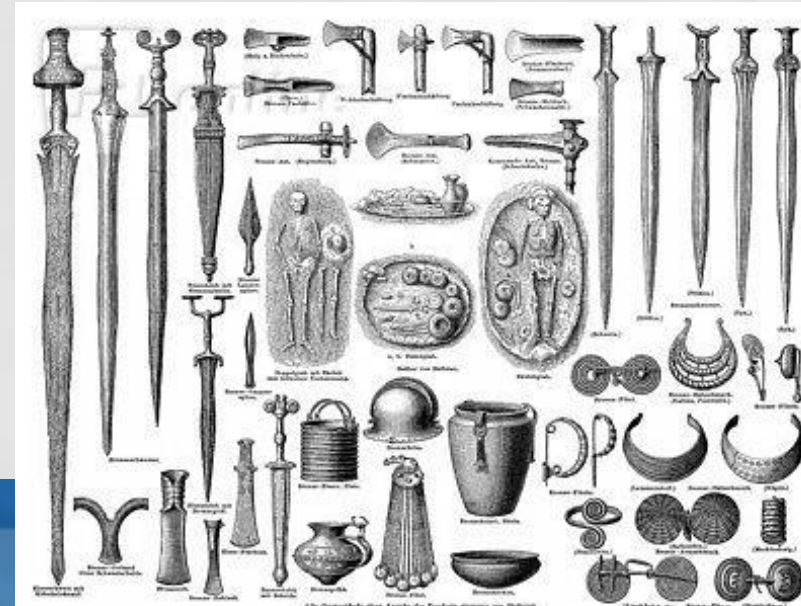


- jaskynné maľby (aurignacké a magdalénské obdobie, pred 30 – 15 tis. r.) – prírodné farbivá (oxidy Fe a Mn)

Vývoj ľudskej spoločnosti a NS

pazúrikové cesty (Le Grand Pressigny)

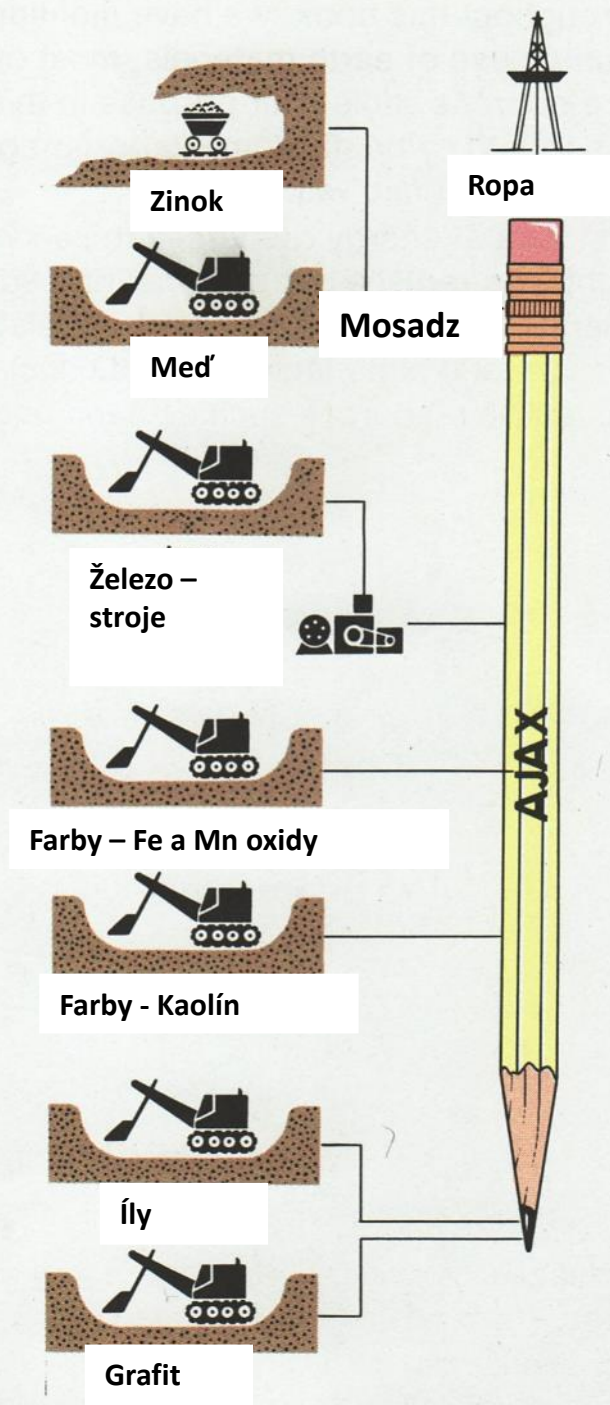
- pazúrikové bane: šachty 12 m hlboké; štôlne 50-120 cm vysoké
- solné cesty
 - ? Pred 10 000 r. Mezopotámia → Egypt (soľ, bitumén, síra)
 - Salzkammergut
 - platidlo v rímskych légiách (tzv. *salarium* → salary)
- pred 5 000 r. v Egypte prvé bane na Au, Cu, tyrkys
 - Au - univerzálny výmenný prostriedok
- Jantárové cesty (jantar ⇔ zbrane, šperky, sklo, látky)
 - od 2000 r. pr. n.l. po súši
 - od 13. stor. pr. n. l. po mori



Jantárová cesta

- od eneolitu
- spájala Aquileiu pri Jadrane, cez Emonu (Ľublana), Savariu (Szombathely), Carnuntum (pri rak.-slov. hraniciach), Devín, Moravskú bránu, Vroclav, Calisiu (Kalisz) a Toruň s východobaltskými oblasťami (ústím Visly).
- Najviac sa používala od konca 7. stor. pred Kr. do 5. storočia.
- Najsilnejšia frekvencia bola v 2. stor. po Kr., kedy cesta slúžila na diaľkový obchod Rímskej ríše.





Kde všade máme nerastné suroviny?

Terminológia

● Ložisko NS

prírodná akumulácia nerastnej suroviny, ktorú je technicky možné a ekonomicky výhodné ťažiť (v súčasnosti, alebo v budúcnosti). Výnimka: staré haldy a odkaliská.

● Ložisková geológia

súčasť geológie, ktorá sa zaoberá najrôznejšími aspektami ložísk nerastných surovín. Predovšetkým ich vznikom, stavbou, zložením, premenami, globálnym i regionálnym rozmiestnením, vyhľadávaním, výpočtom zásob a využitím produkujúcim profit.

Nerastné suroviny

- Energetické suroviny (U + Fosilné palivá (Kaustobiolity))
- Nerudné nerastné suroviny
- Rudné nerastné suroviny



© Getty Images



**ROPA DODNES
HÝBE SVETOM**

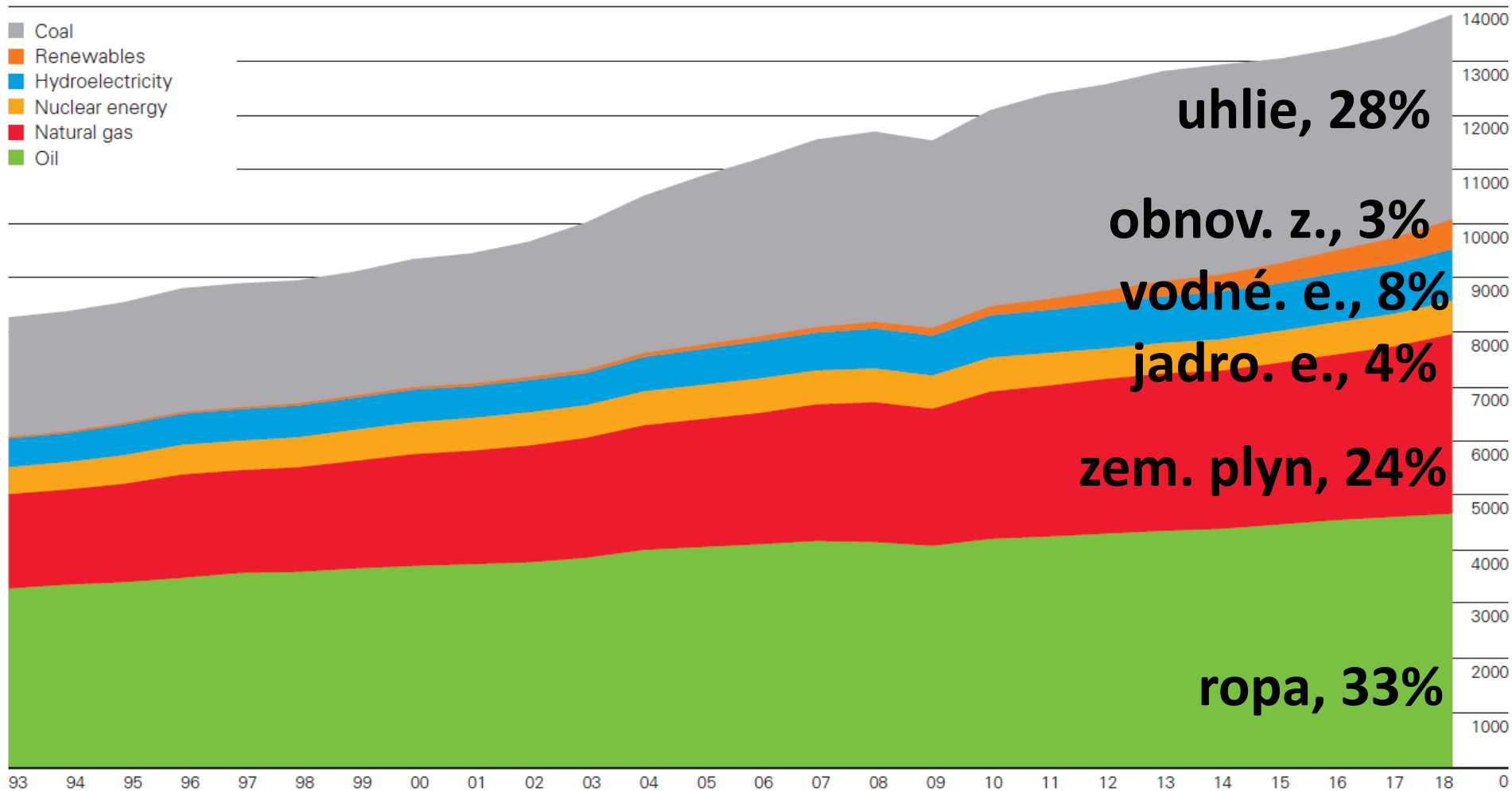
Spotreba energie

⊗ Rozvoj ľudstva závisí od využívania energie

- ⊗ niekoľko tisícročí sa využívali len obnoviteľné zdroje
- ⊗ priemyselná revolúcia zlom
- ⊗ tepelná i pohybová energia
- ⊗ pred 180 rokmi robotníci/zamestnanci 9/1
- ⊗ 2000: menší ako 1/1
- ⊗ 21. stor. – robotizácia, umelá inteligencia

World consumption

Million tonnes oil equivalent



uhlie, 28%

obnov. z., 3%

vodné. e., 8%

jadro. e., 4%

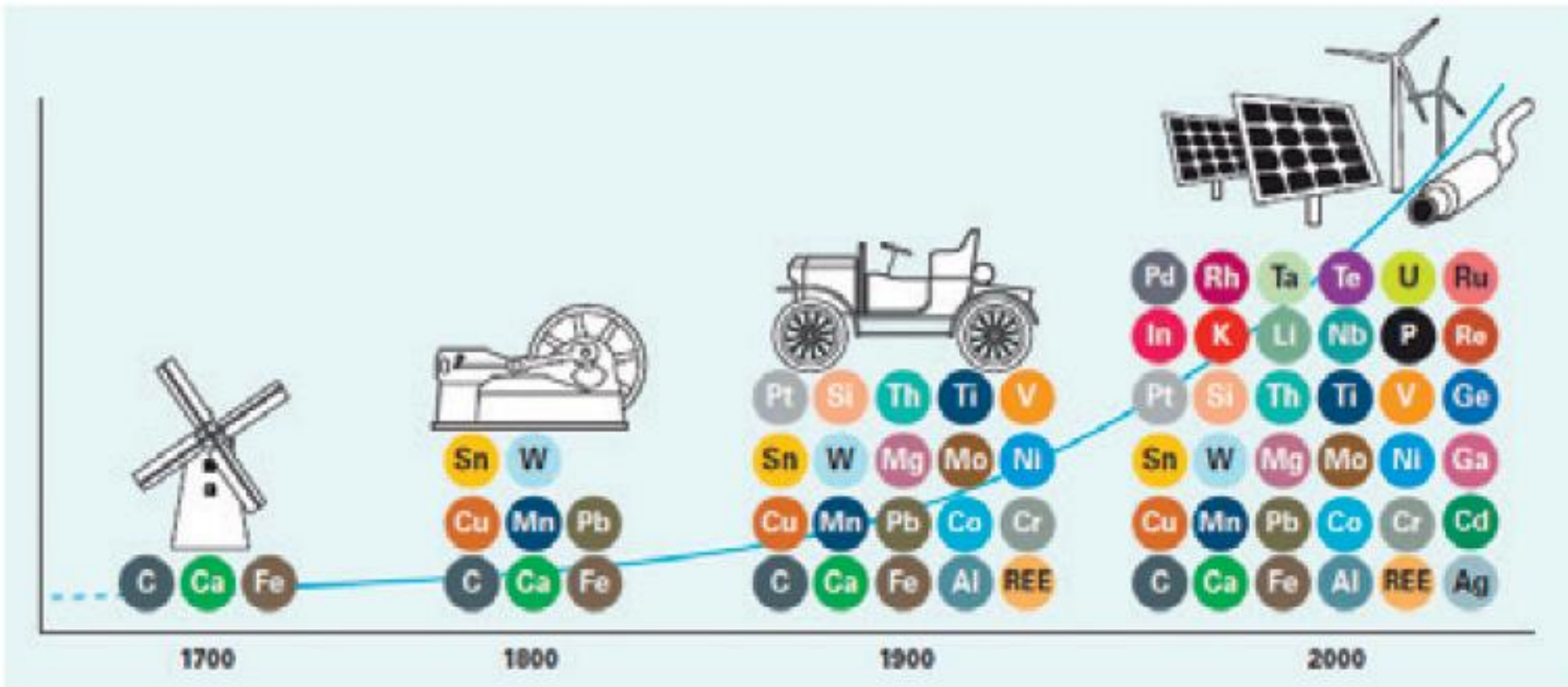
zem. plyn, 24%

ropa, 33%

1994 2000 2010 2018

Materiál používaný v technológiach na výrobu energie

Figure 2: Materials widely used in energy technologies (1700-2000)¹



Rudy

Chalkopyrit CuFeS_2

0,2 cm



Nerudy

1 cm



Vápenec



Fe páskovaná ruda

diamant



1 cm

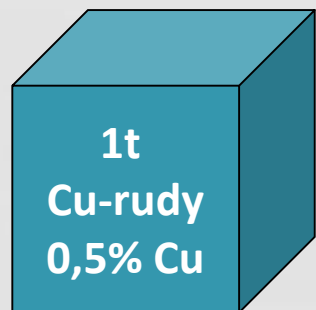
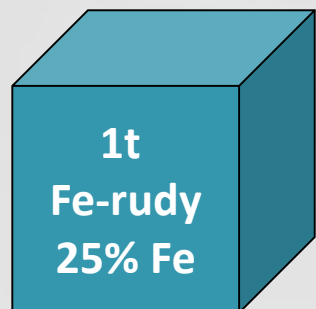
RUDY – Kovnatosť

- Obsah kovov v rude, ktorý rozhoduje o ekonomickom význame ložiska

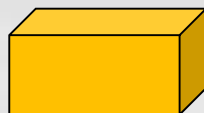
NERUDY – Kondície

- Súbor požiadaviek (obsah užitočných a škodlivých minerálov; fyzikálno-chemických vlastností, napr.: chemické zloženie, zrnitosť, belosť, merná hmotnosť....), ktoré rozhodujú či a v akom priemyselnom odvetví sa nerudná surovina využije

Ruda



Kov



250 kg

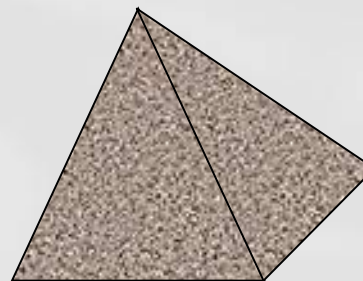


5 kg



2 g

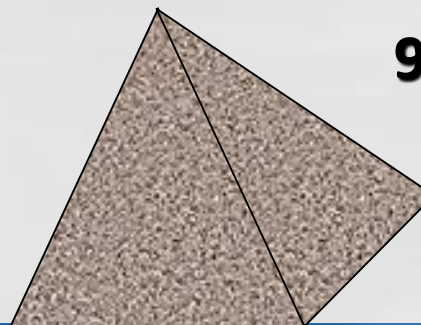
Odpad



750 kg



995 kg

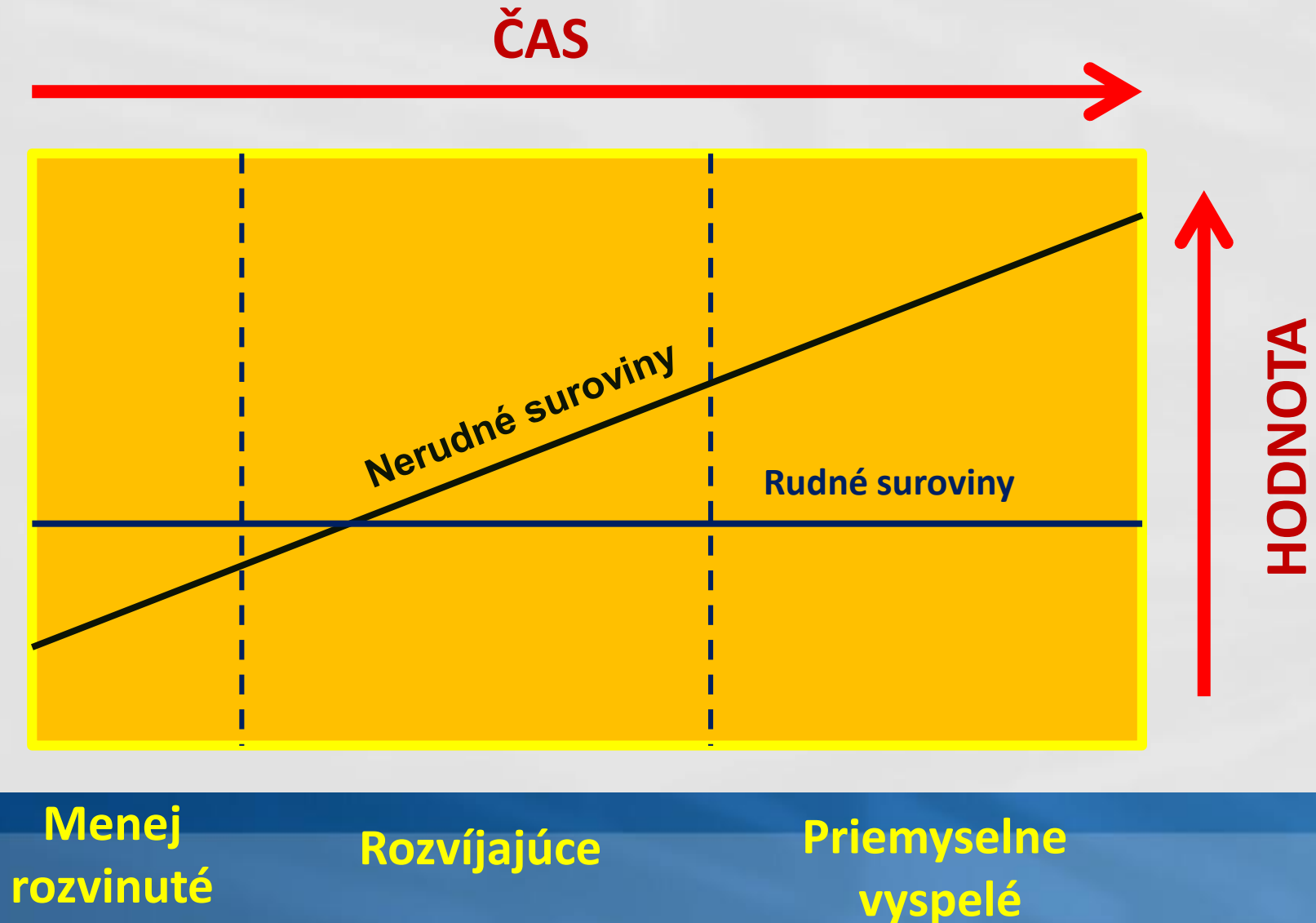


999,998 kg

Ceny (US\$/t)

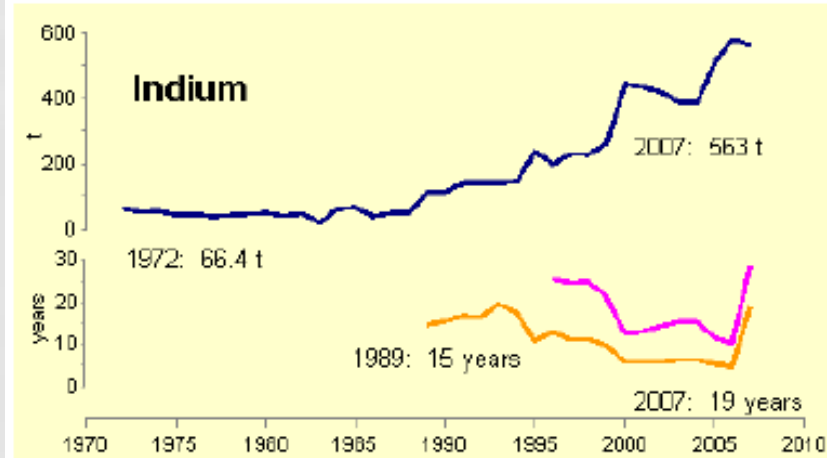
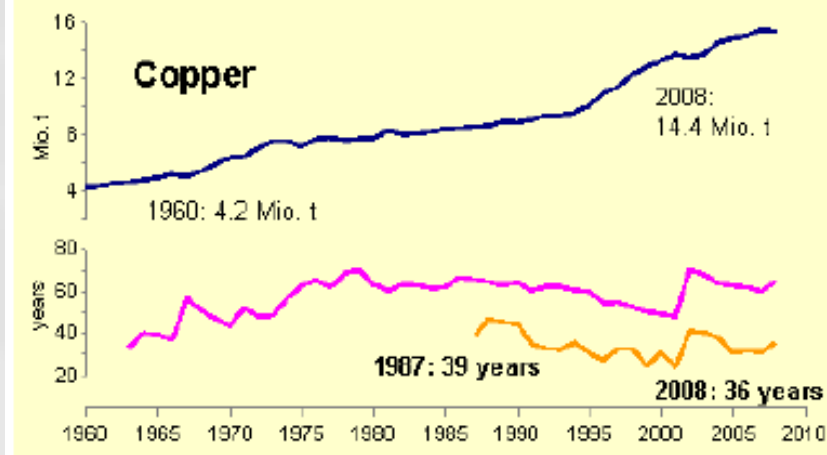
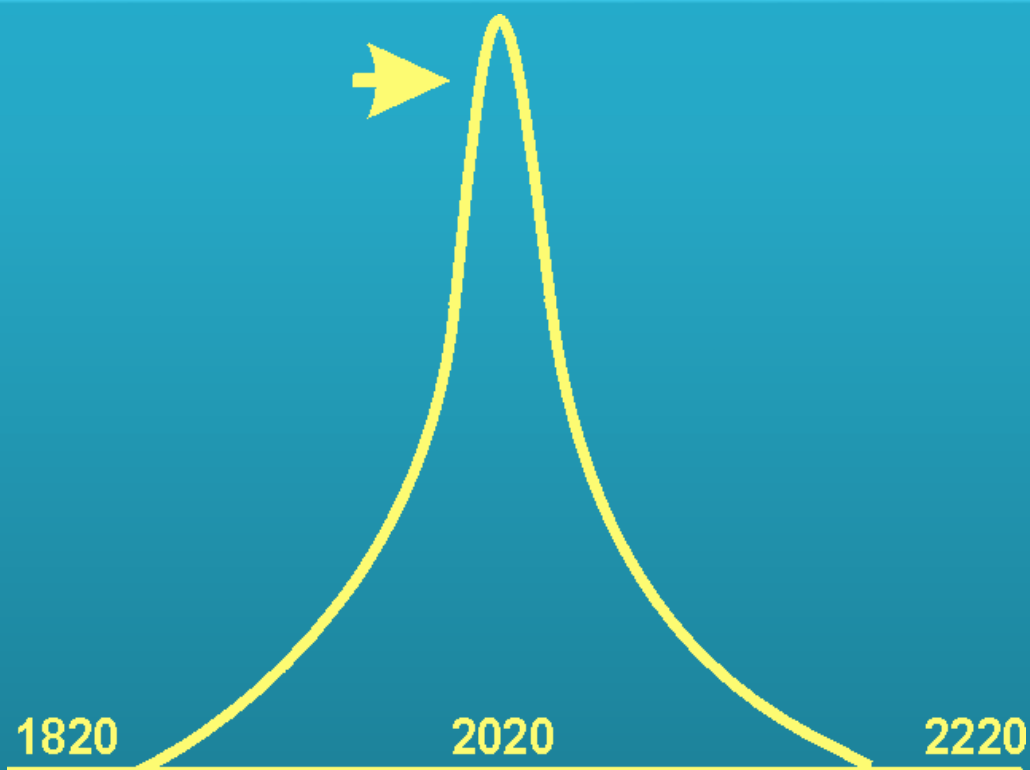
1-10	10-100	100-1 000	1 000-10 000	>10000
štrkopiesok	barit	azbest	bastnäsit	diamant (priem.)
drvený kameň	bentonit	bauxit	bróm	jód
sadrovec	živec	bórax	REE	REE
halit	kaolín	diatomit	rutil	striebro
	magnezit	fluorit	zirkón	zlato
	olivín	granát	meď	
	fosfát	andaluzit	olovo	
	pyrofylit	distén	zinok	
	vápenec	sillimanit		
	zeolit	muskovit		
	Fe-ruda	spodumen		
		perlit		
		síra		
		mastenec		
		vápenec		
		vermikulit		
		wollastonit		

Ekonomická zrelosť krajiny vs Hodnota NS (Bristow in Christidis, 2011)



Dostatok či nedostatok NS

Prognóza ťažby ropy z prelomu 20. a 21. stor.



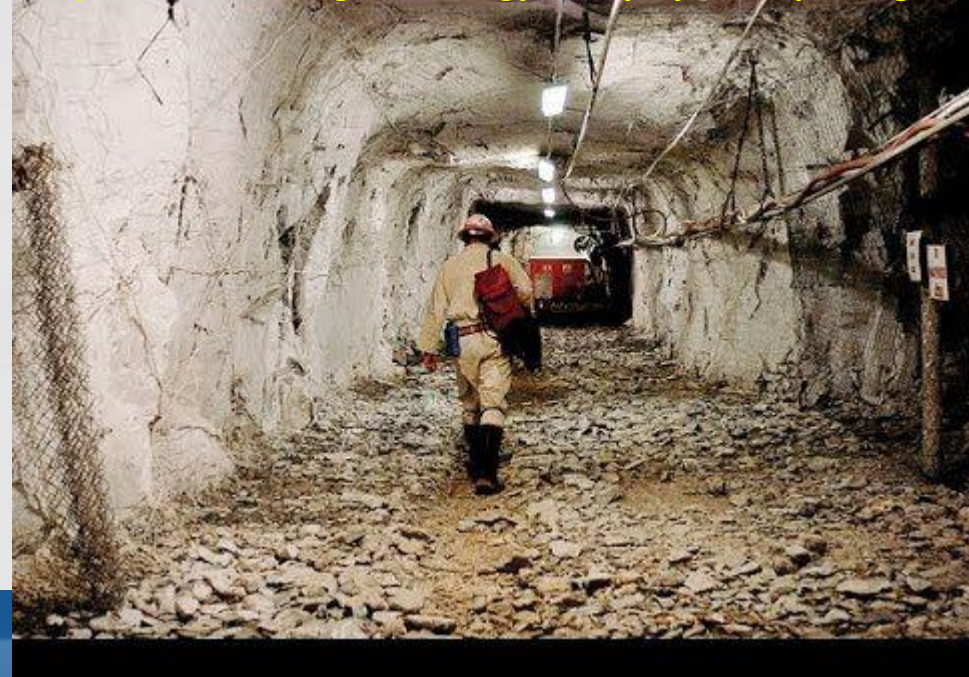
- produkcia
- ekonomické zásoby
- zásoby

Ako hlboko poznáme zemskú kôru ?

- väčšina
prieskumných vrtov
nepresahuje 200 m
- aj cez 500 m
- Najhlbšia baňa cca
4000 m (Mponeng,
JAR, Au)



<https://www.mining-technology.com/projects/mponeng/>



Trvalo udržateľný rozvoj nerastných surovín



- Evapority - výnimka
- Halit, K-soli, Br



- **Birnam Canyon (Utah, US)**
 - 19 mil. t Cu-rudy za 100 r.
 - 300 000 t Cu /ročne
 - 14 000 t Au/ročne

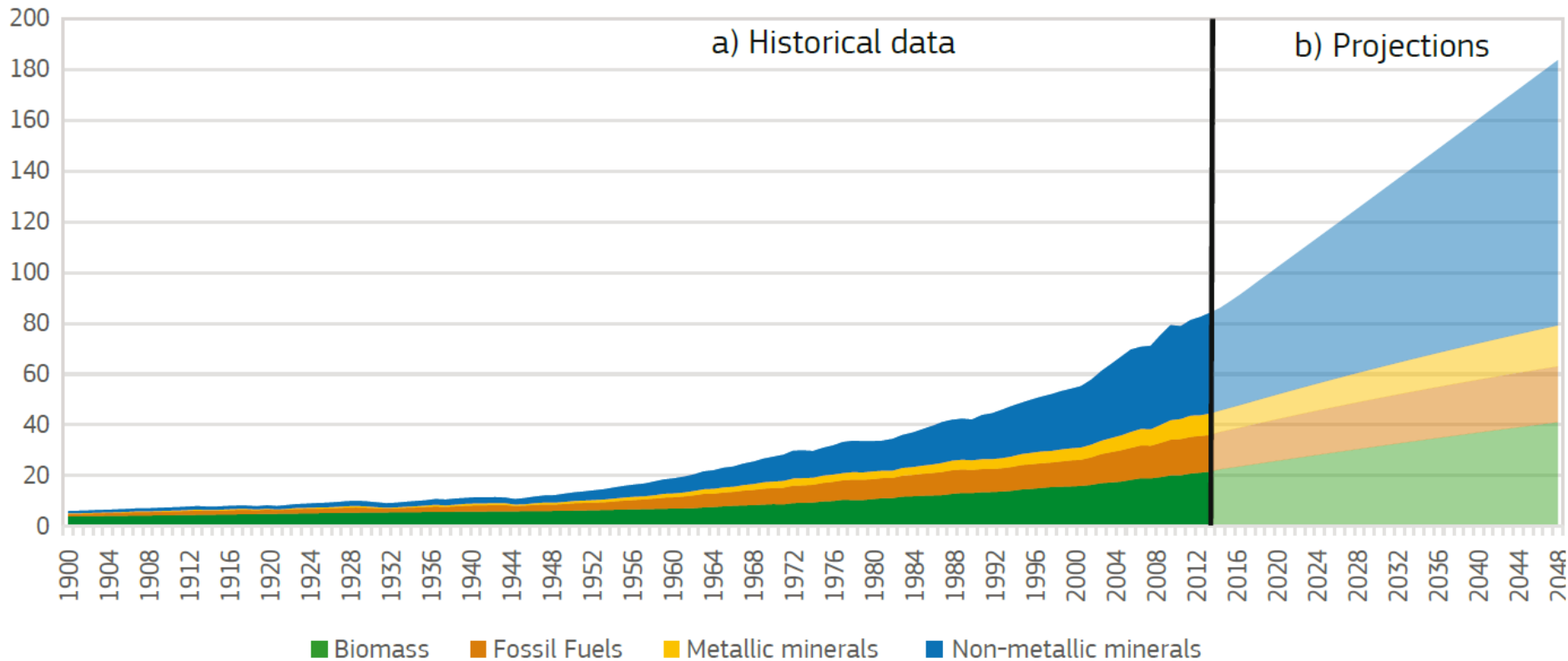
- **Pyrenéjsky pol.(5000 r.)**
- **Laviron (Gr., 3000 r.)**

Trvalo udržateľný rozvoj nerastných surovín

- Nerastné suroviny sú neobnoviteľným zdrojom
- Cieľom trvalo udržateľného rozvoja nerastných surovín je zabezpečiť, aby sa využívanie nerastných surovín udržiavalo na minimálnom množstve bez negatívneho dopadu na hospodársky rast. To sa dosahuje účinným využívaním minerálov, ako aj recykláciou a používaním alternatívnych materiálov (BGS)

Celosvetová spotřeba surovin

Figure 2: Global material extraction by resource type: a) historical (world, 1900-2015) and b) projected data (world, 2015-2050)¹⁰.



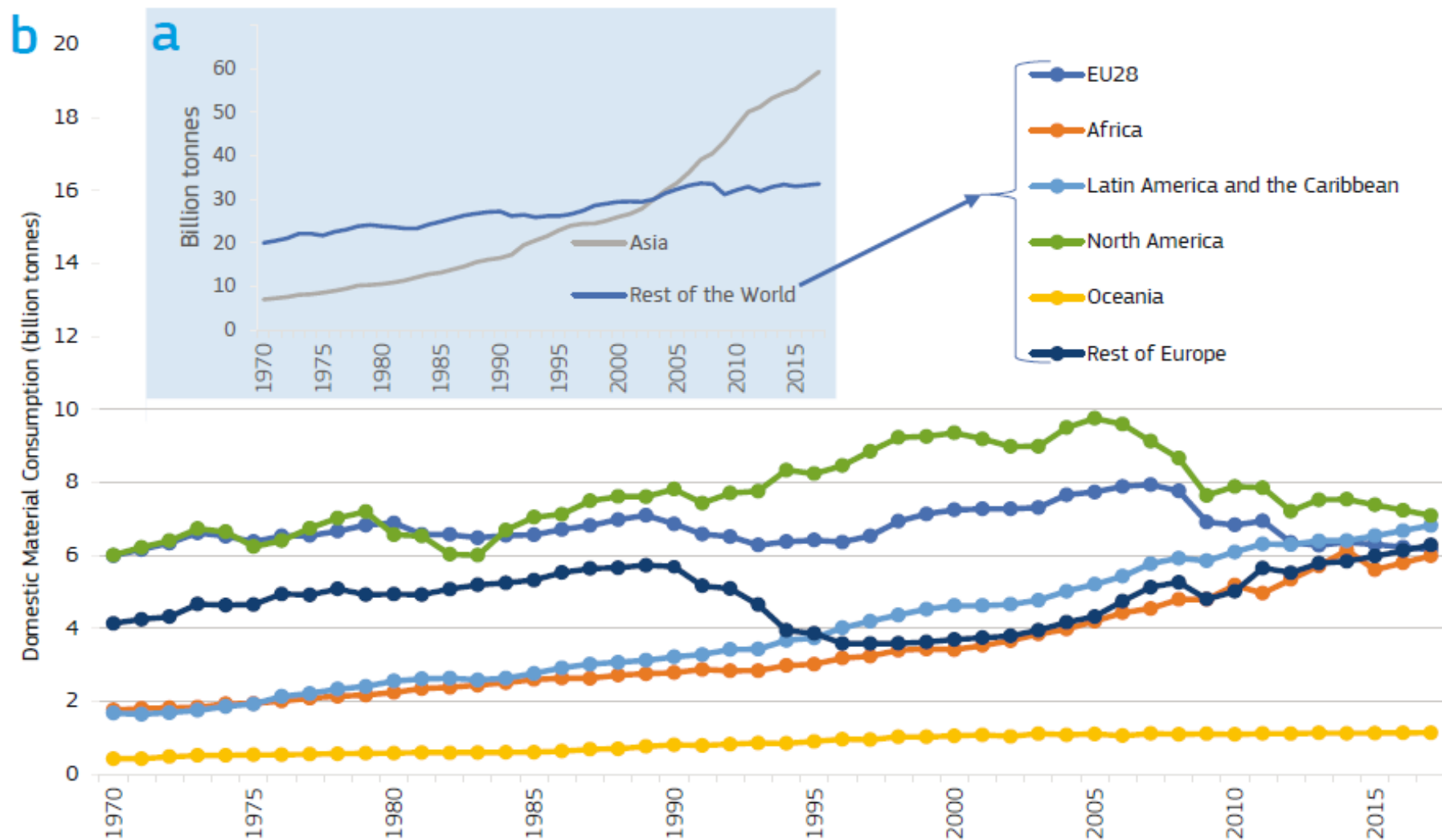
Biomasa

Fosilné
palivá

Rudy

Nerudy

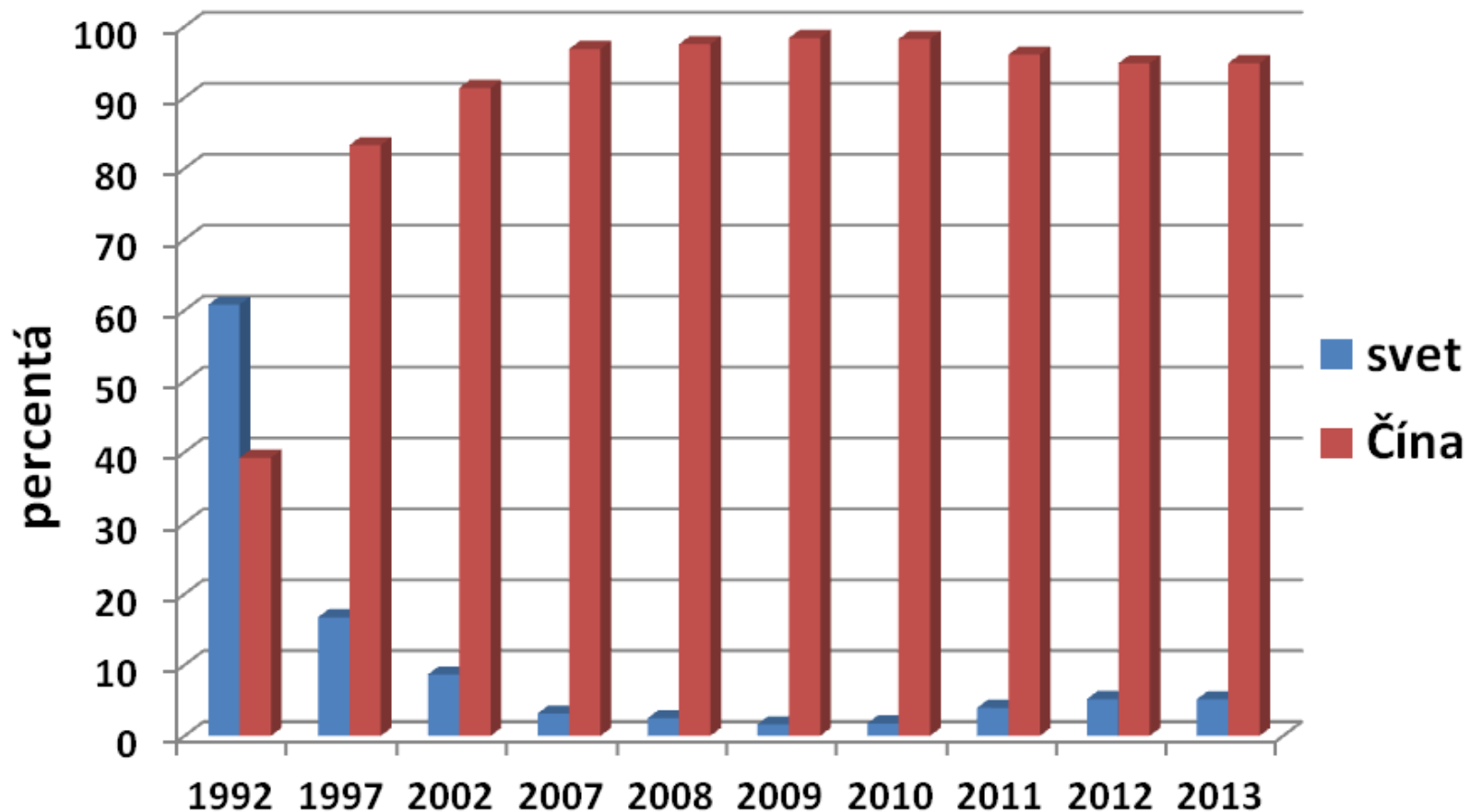
Figure 3: Domestic material consumption per region (1970-2017): a) shows material consumption from Asia and the rest of the world; b) shows material consumption from the EU-28, Africa, other European countries, Oceania, Latin America and the Caribbean, and North America¹¹.



Využitie REE pre hybridné automobily



Svetová těžba REO (oxidy prvků vzácných zemín)



Veterné turbíny využívají Nd-Fe-B magnety



Lítiové batérie



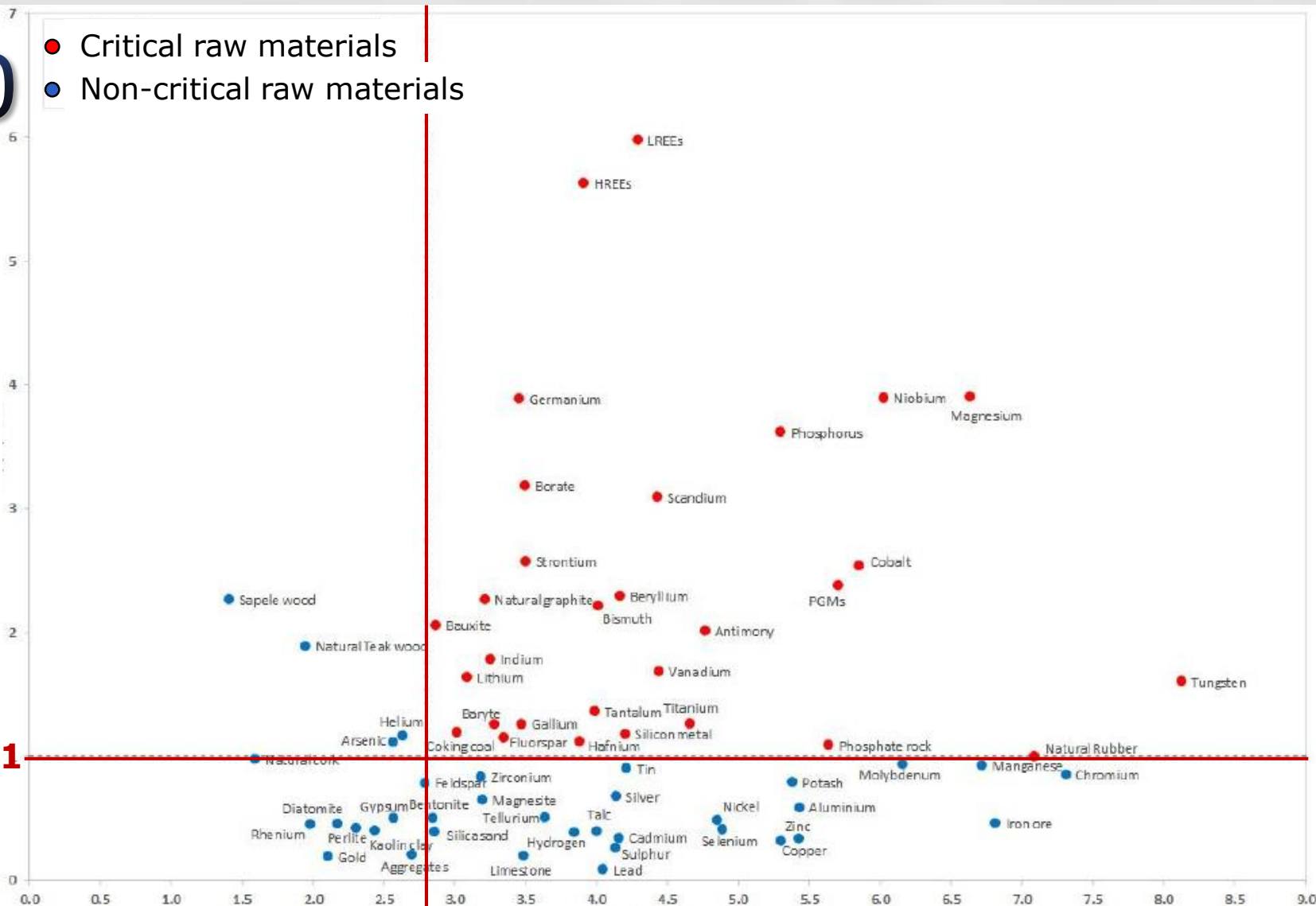
40 kg grafitu

2020

**Riziko
nedostupnosti**

- Critical raw materials
- Non-critical raw materials

Threshold: 1



Threshold: 2.8

Ekonomická důležitost

2020

2020 CRMs vs. 2017 CRMs

Antimony	Germanium	PGMs	Bauxite
Baryte	Hafnium	Phosphate rock	Lithium
Beryllium	HREEs	Phosphorus	Titanium
Bismuth	LREEs	Scandium	
Borate	Indium	Silicon metal	
Cobalt	Magnesium	Tantalum	Strontium
Coking Coal	Natural Graphite	Tungsten	
Fluorspar	Natural Rubber	Vanadium	
Gallium	Niobium	Helium	

Legend:

Black: CRMs in 2020 and 2017

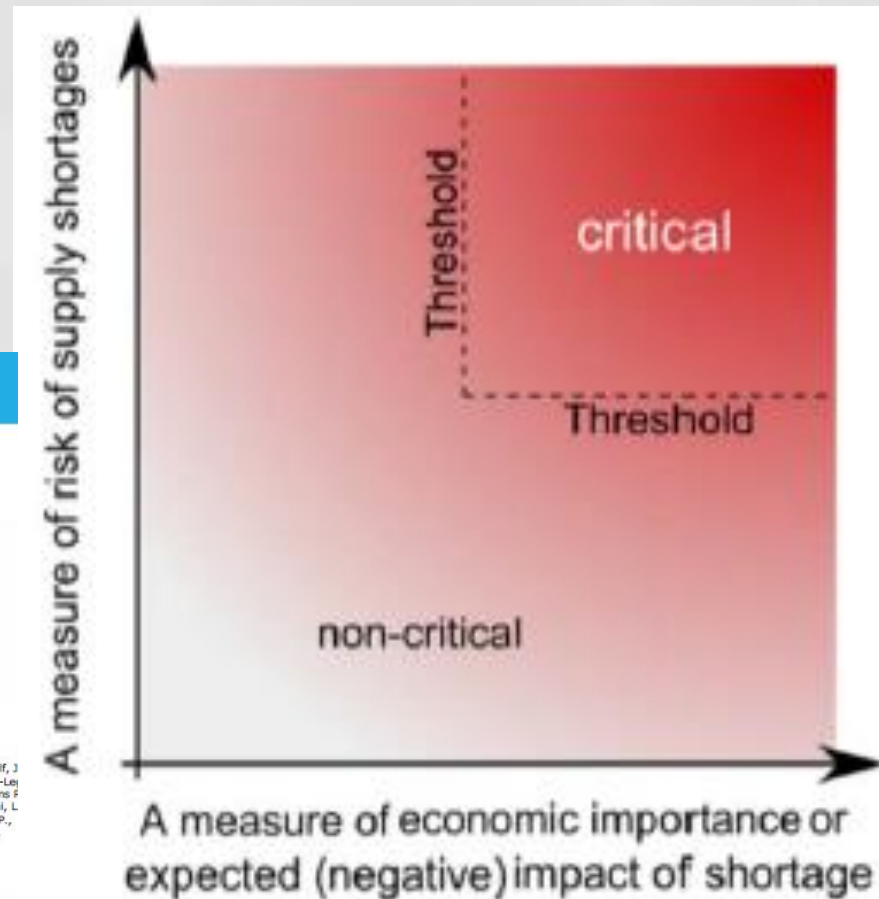
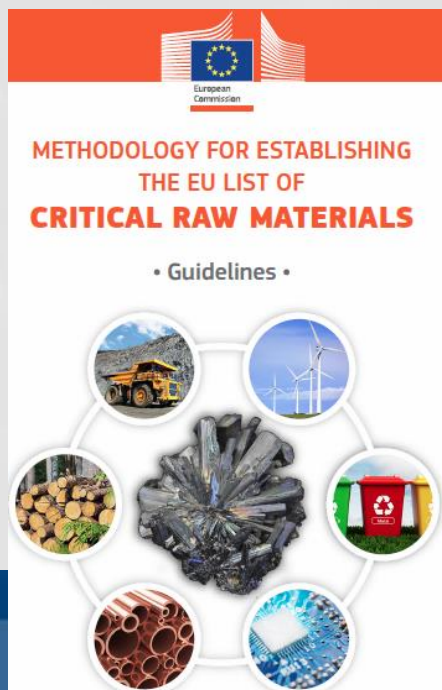
Red: CRMs in 2020, non-CRMs in 2017

Green: CRMs assessed in 2020 that were not assessed in 2017

~~Strike:~~ Non-CRMs in 2020 that were critical in 2017

Metodológia

- Ekonomická dôležitosť
- Riziko (nedostatok) dodávok



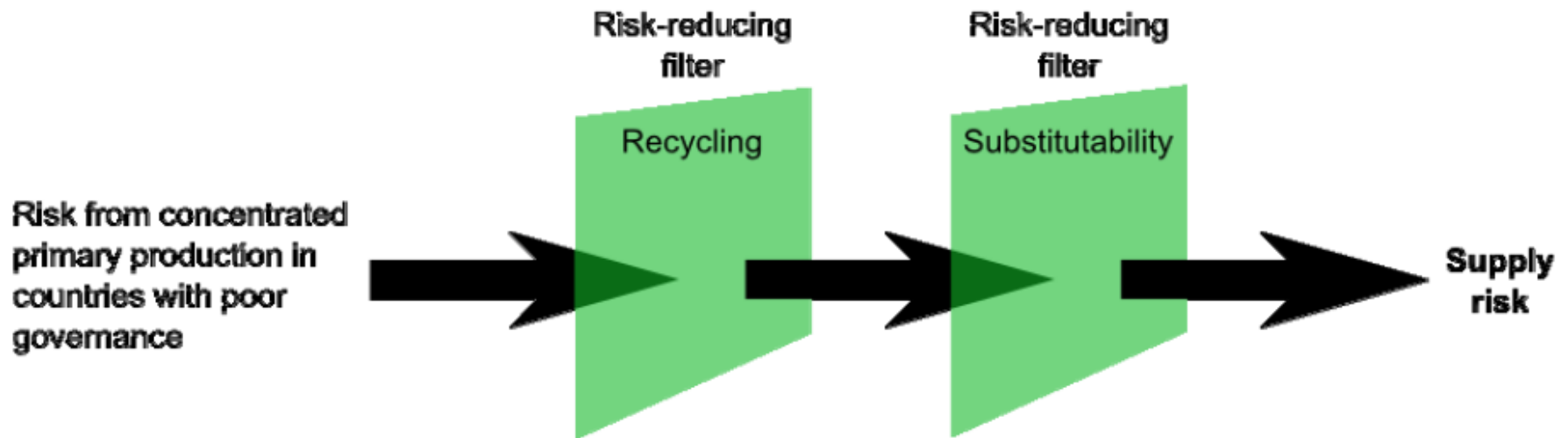
Ekonomická dôležitosť

$$EI_i = \frac{1}{GDP} \sum_s A_{is} Q_s$$

- GDP – gross domestic product (hrubý domáci produkt)
- A_{is} – podiel spotreby suroviny i v priemyselnom odvetví (megasector) s
- Q_s – ekonomická dôležitosť každého odvetvia potrebujúceho surovinu i je meraná z jej pridanej hodnoty (value-added)
- Hodnoty ekonomickej dôležitosti boli upravené do škály 0-10

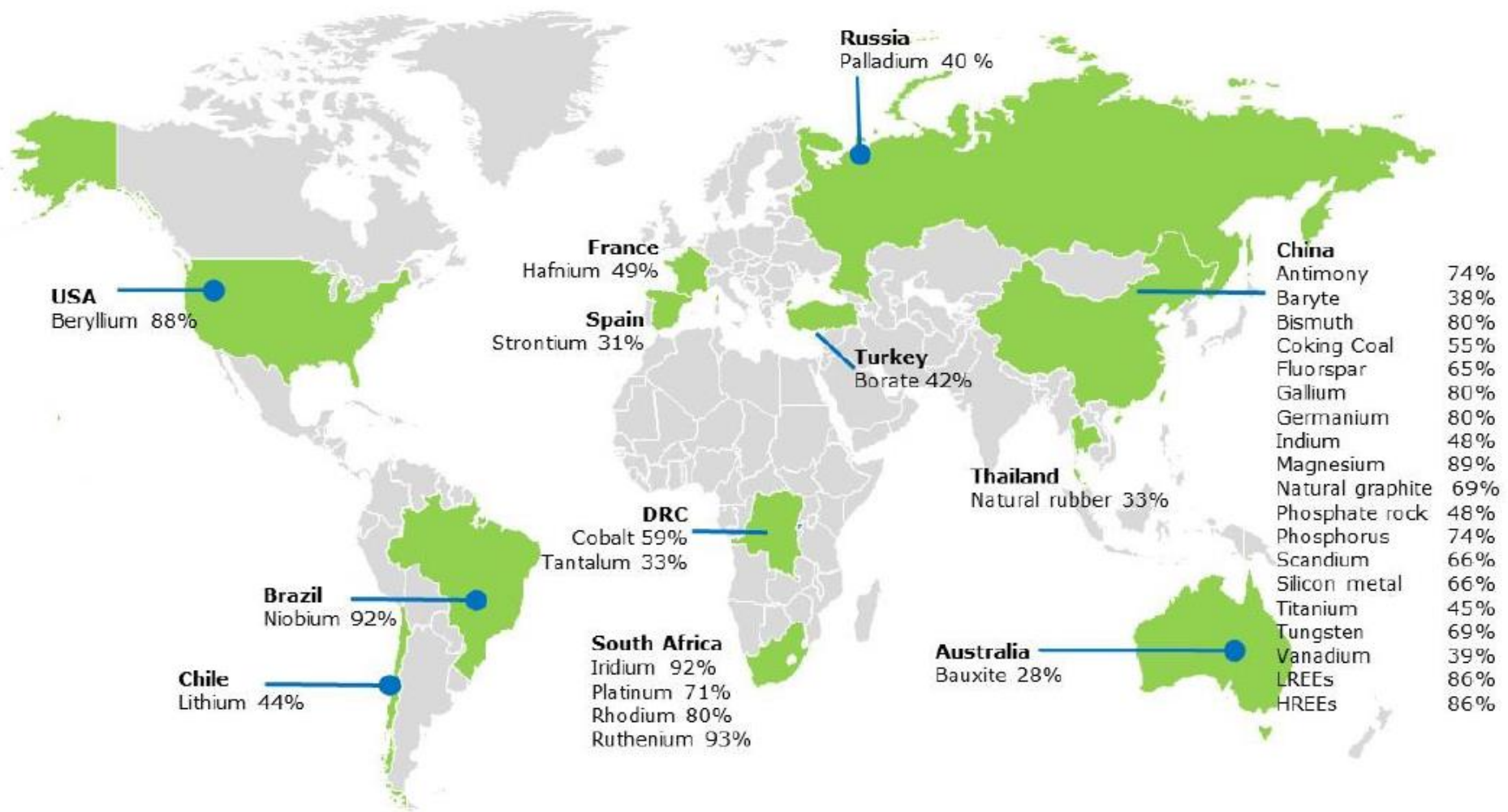
Riziko dodávok

$$SR_i = \sigma_i (1 - \rho_i) HHI_{WGI}$$



1. Stabilita krajiny produkujúcej surovinu + množstvo produkujúcej suroviny
2. možnosť recyklácie
3. Možnosť náhrady inou surovinou

2020



Filozofia EÚ:

Výber 9 technológií potrebných pre rozvoj 3 hlavných sektorov v rámci EÚ:

obnoviteľná energia



Li-ion batérie
(e-mobilita,
zásobníky
energie)



palivové články;
(dekarbonizácia
energetického
systému)



veterná energia
(obnoviteľný
zdroj energie)



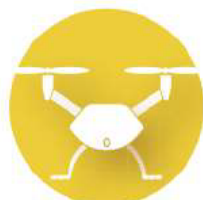
elektrické hnacie
motory



fotovoltaika
(obnoviteľný
zdroj energie)



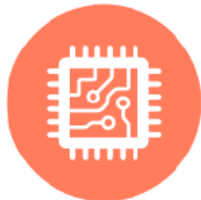
robotika



drony (UAV)



3D tlač



digitálne
technológie

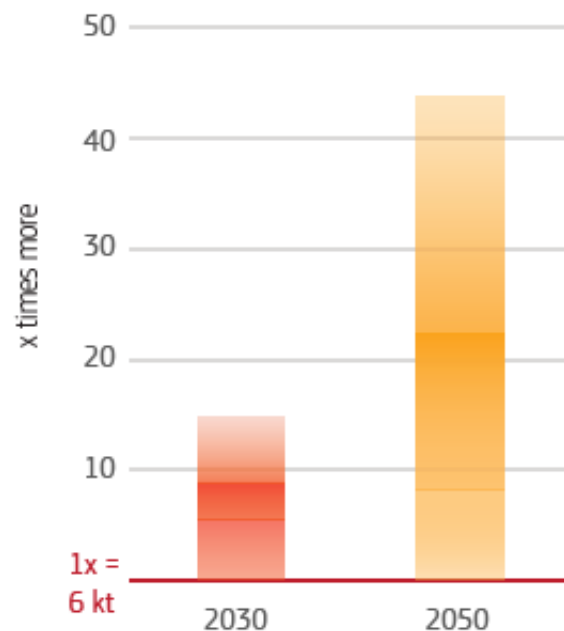
Supply Risk	Material									
	LREEs									
	HREEs									
	Magnesium									
	Niobium									
	Germanium									
	Borates									
	Scandium									
	Strontium									
	Cobalt									
	PGMs									
	Natural graphite									
	Indium									
	Vanadium									
	Lithium									
	Tungsten									



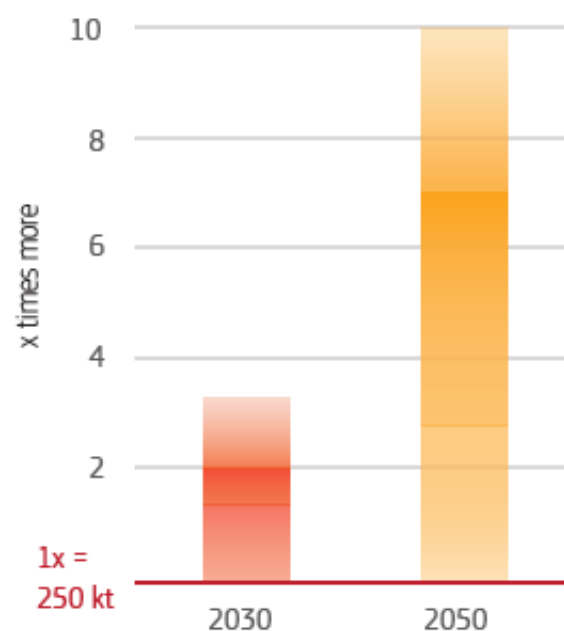
Additional material consumption for batteries in **e-mobility only** in 2030/2050 compared to current EU consumption* of the material in **all applications**



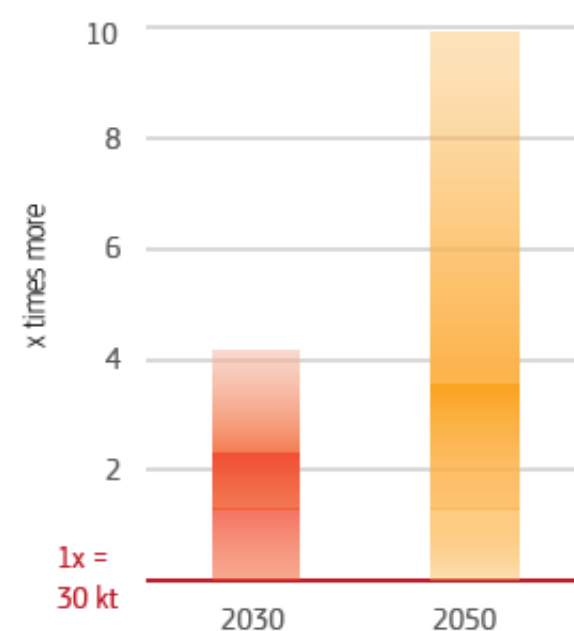
Lithium**



Graphite***



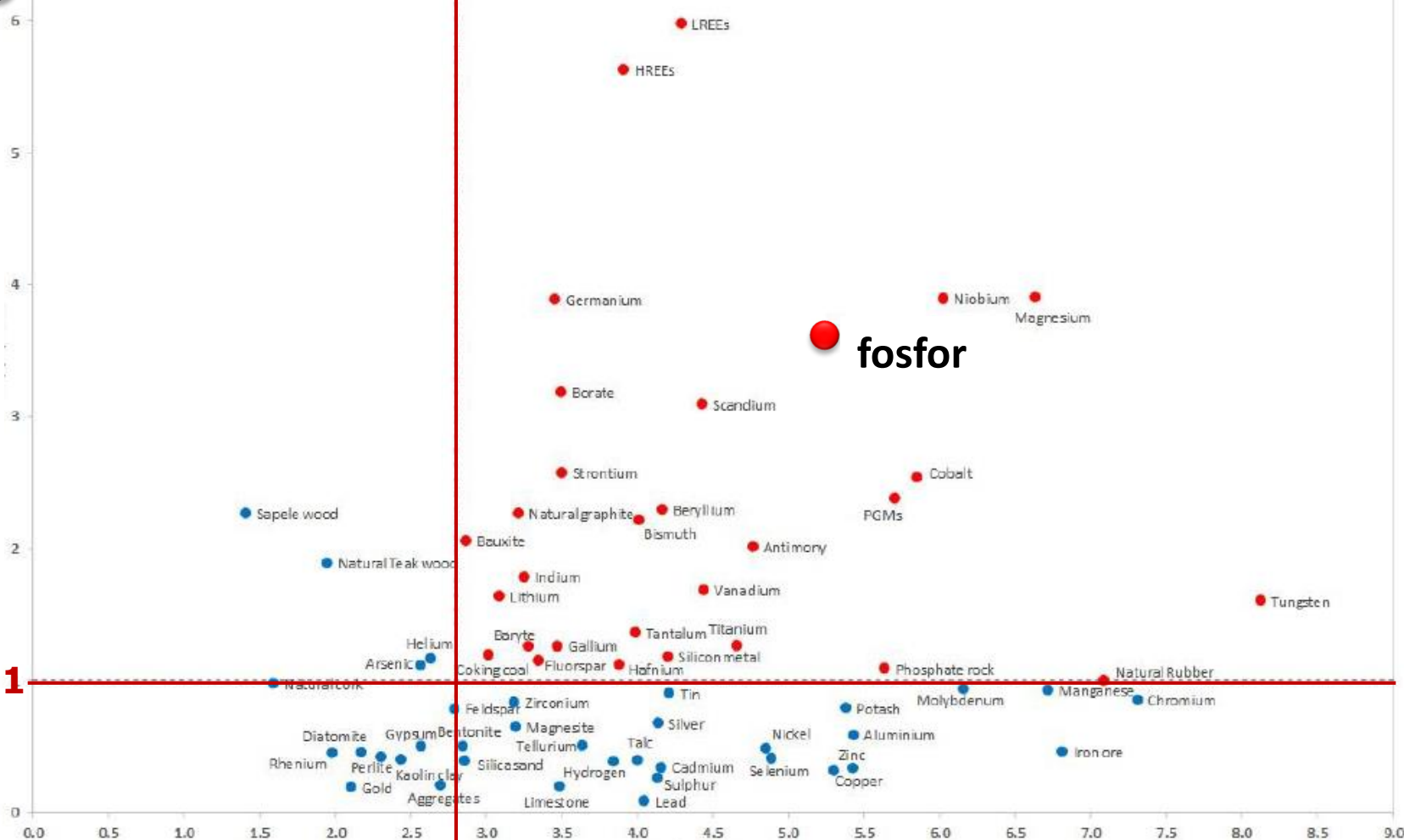
Cobalt



2020

Riziko
nedostupnosti

- Critical raw materials
- Non-critical raw materials



Ekonomická důležitost

Fosfor

- Patrí k 6 hlavným biogénnym prvkom (O, H, K, N, C, **P**)
 - PO_4^{3-} zložka DNA a RNA
 - PO_4^{3-} prenáša bunkovú energiu vo forme adenzíntrifosfátu (ATP)
 - $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ stvrdzuje kosti
 - Človek obsahuje 0,7 kg P (85-90% v kostiach a zuboch ako apatit)
- Fosfátové sedimenty sú dôležitým článkom pri regulácii C cyklu a klímy
 - Skleníkový efekt akceleruje vodíkový cyklus, intenzívnejšie zvetrávanie a významnejší splach P do oceánu
 - Vysoká produkcia sedimentácie organickej hmoty a fosfogenéza, to zvyšuje pochovávanie C a reguluje klímu znižovaním obsahu atmosferického CO_2

Fosfáty

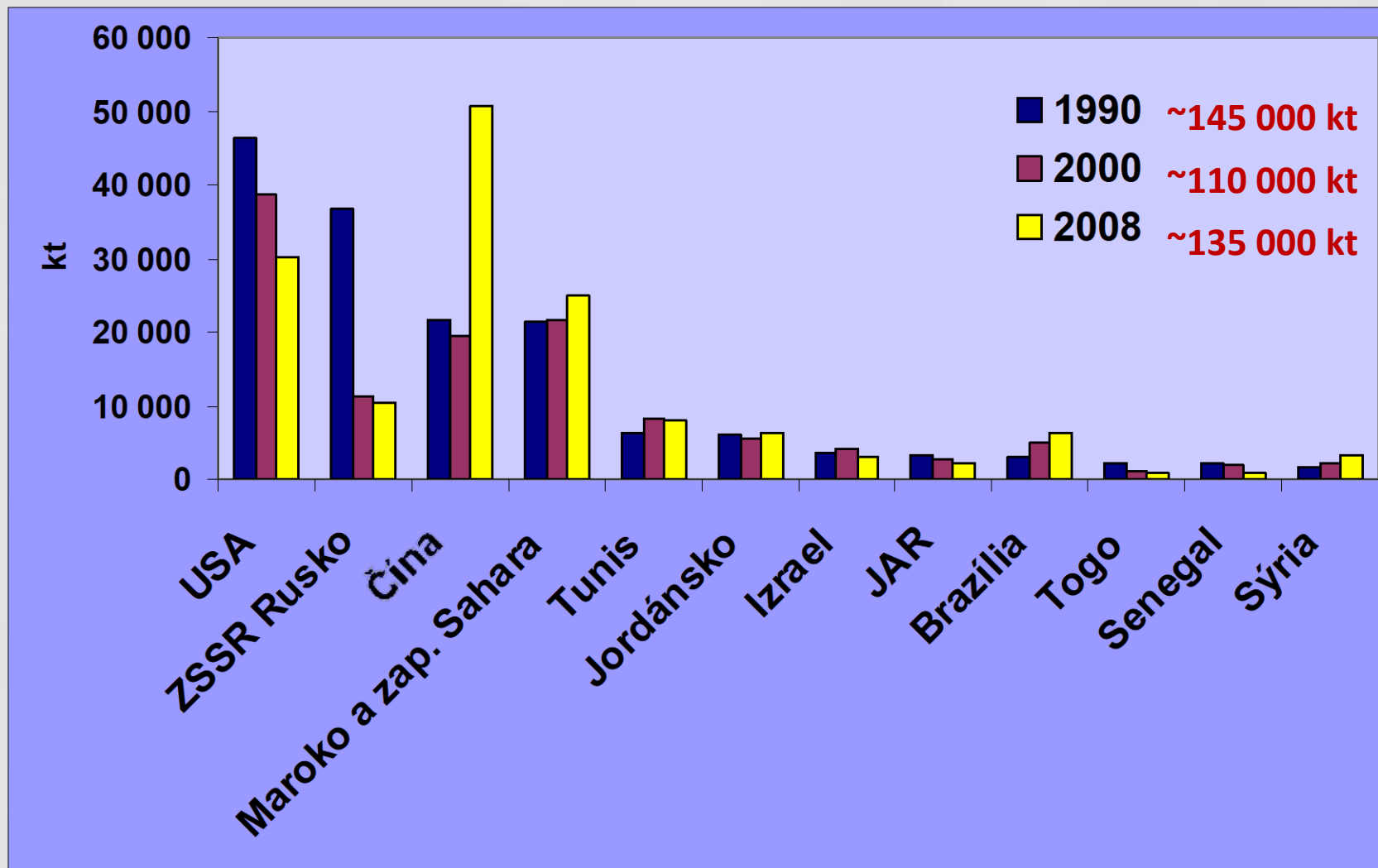


**Sedimentárneho
pôvodu**

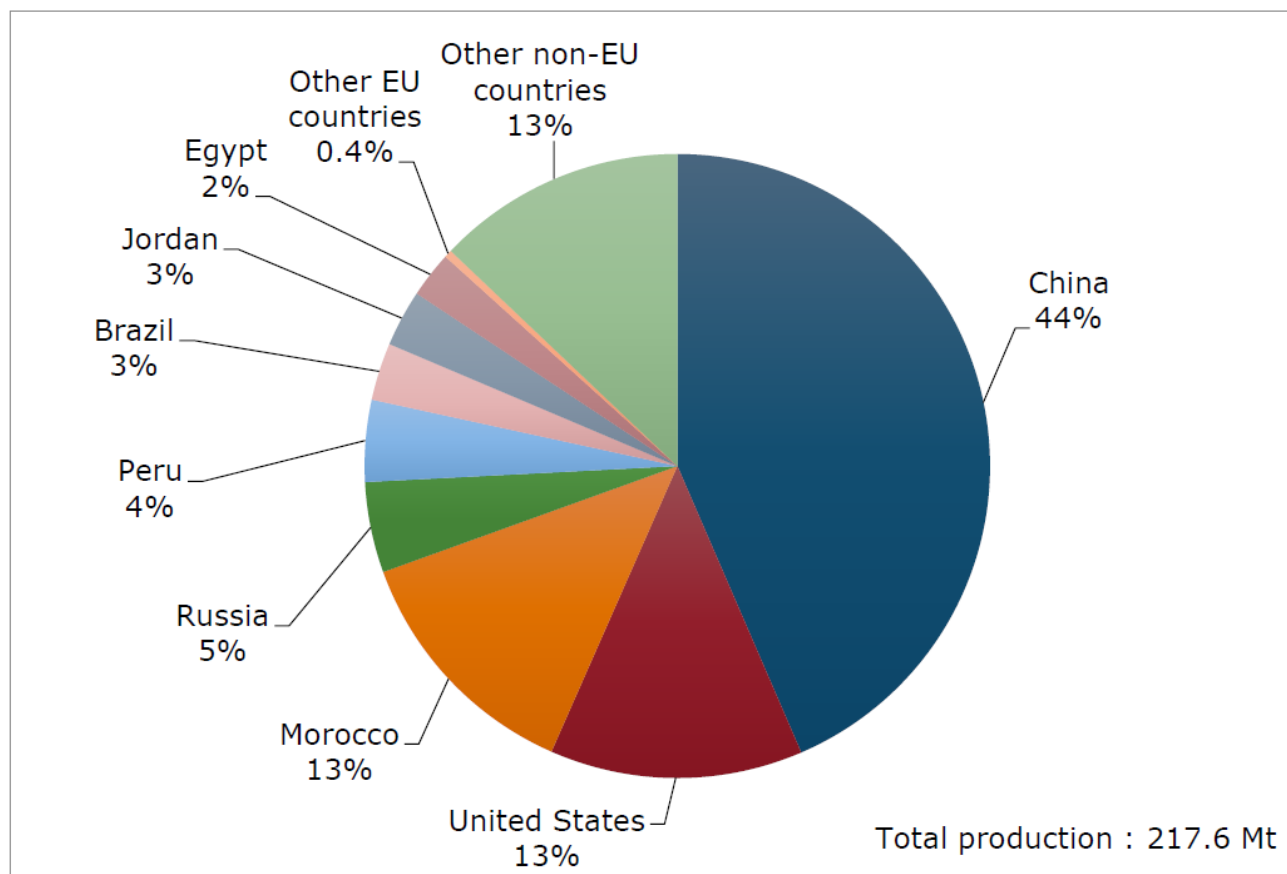


**Magmatického
pôvodu**

Svetová ťažba fosfátov:

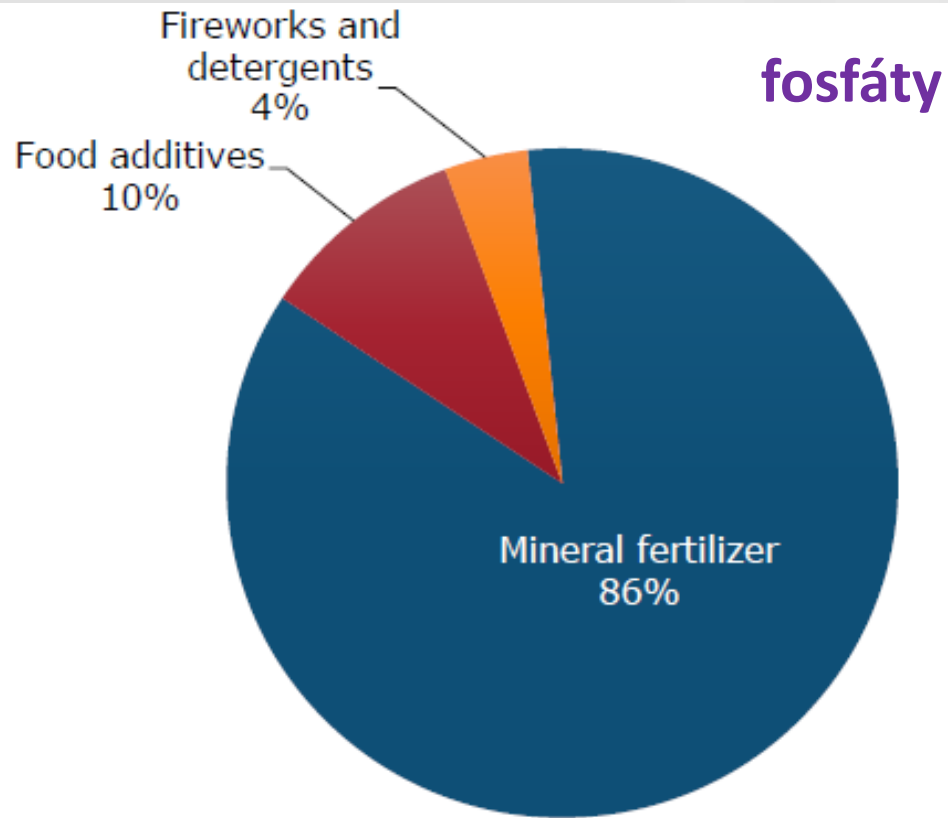


Svetová ťažba fosfátov:



**Figure 172: Global mine production of phosphate rock, average 2010–2014
(Data from BGS World Mineral Statistics database)**

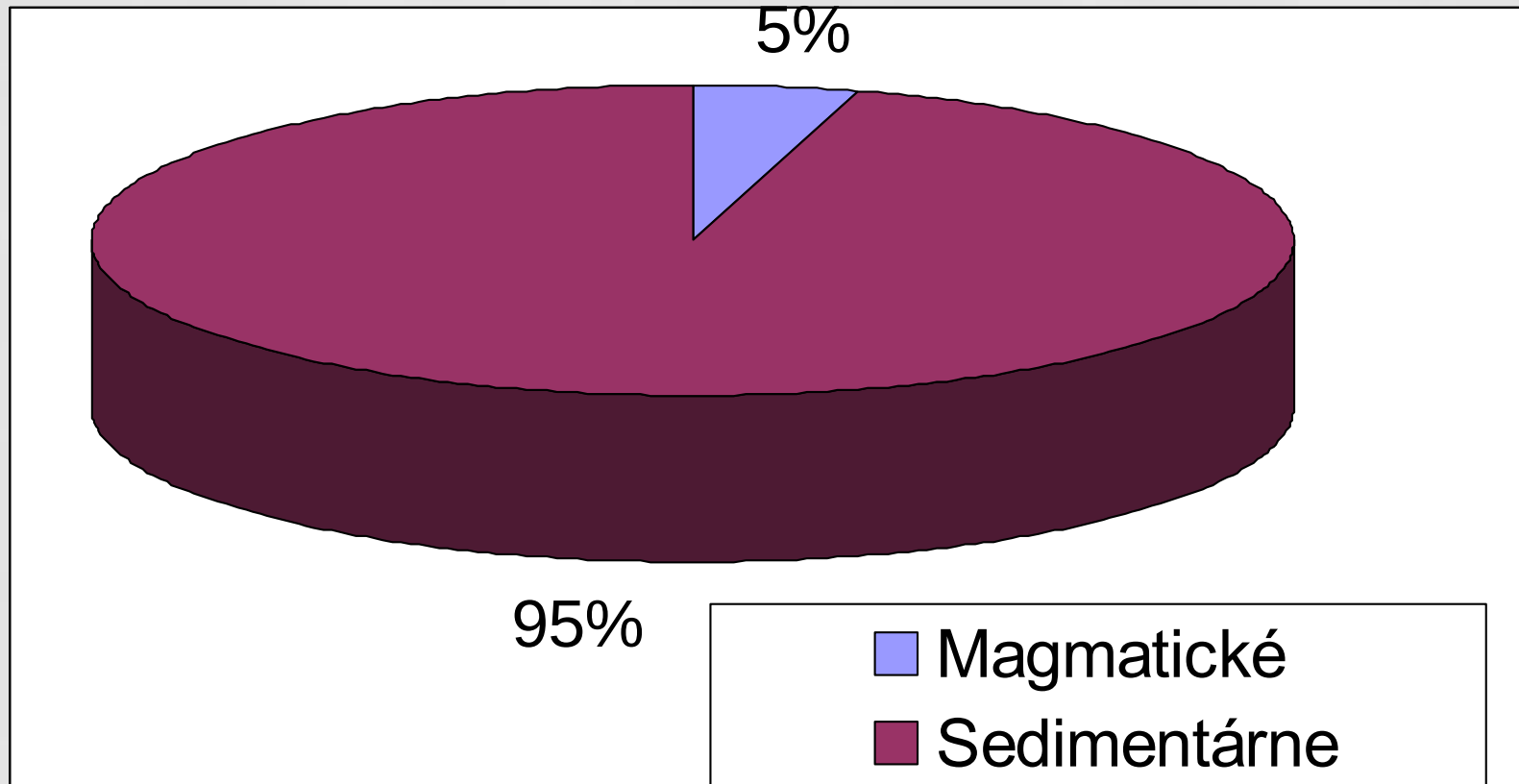
Využitie



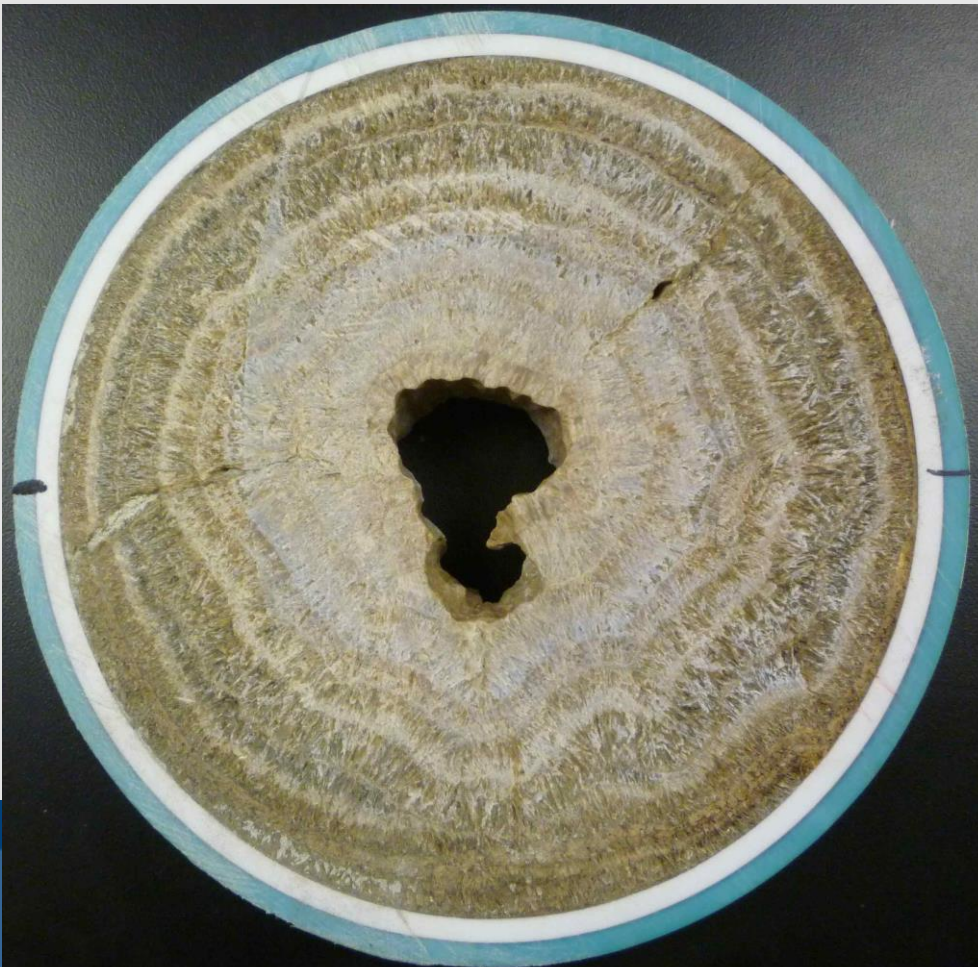
EU spotreba: 7,3 mil.t



Zásoby fosfátov (68 776 Mt)



Vyzrážanie struvitu
($\text{Nh}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) v potrubí
pre komunálnu odpadovú
vodu



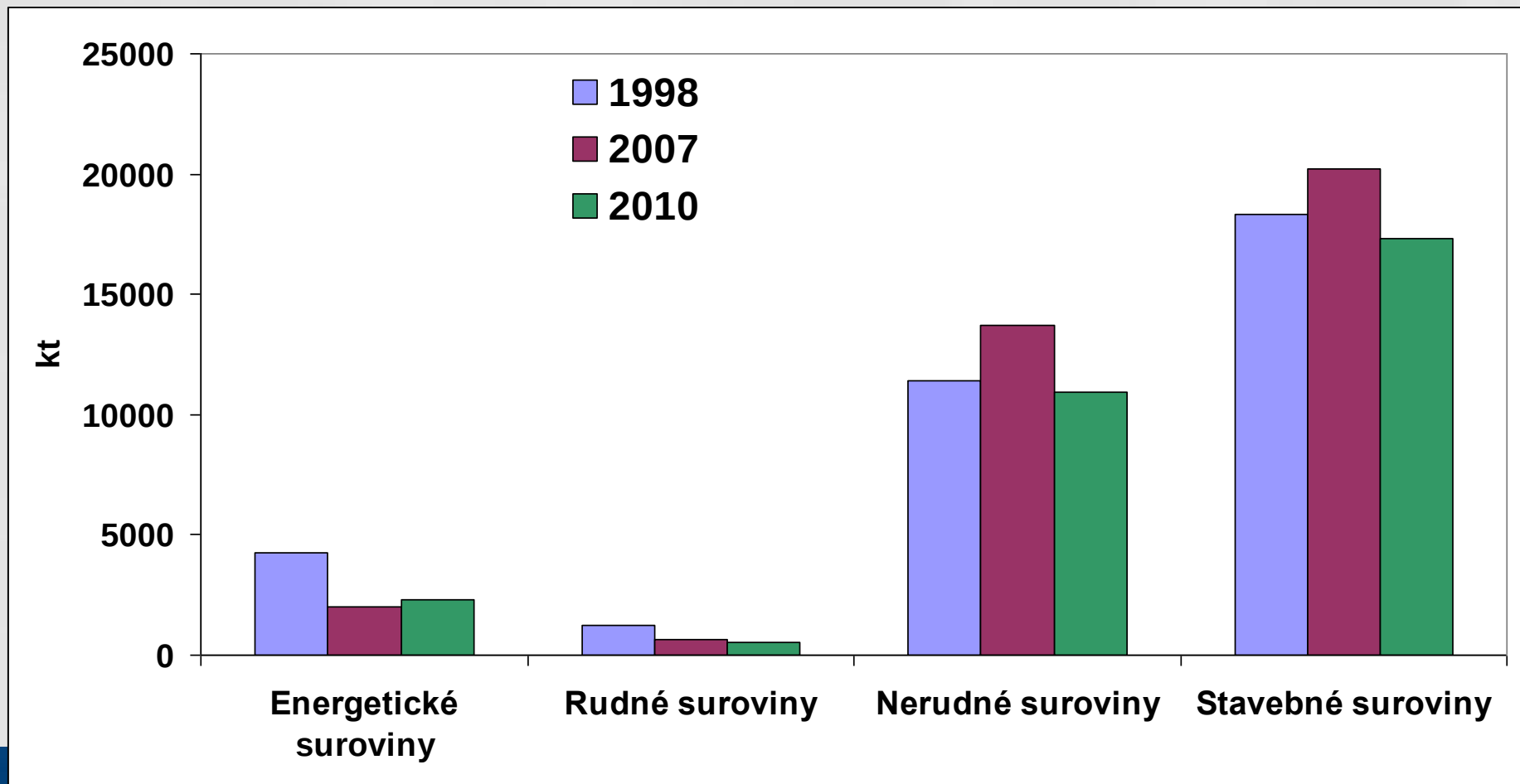
Perspektíva do budúcnosti

Cielená precipitácia:
Vzduchom miešaný
reaktor

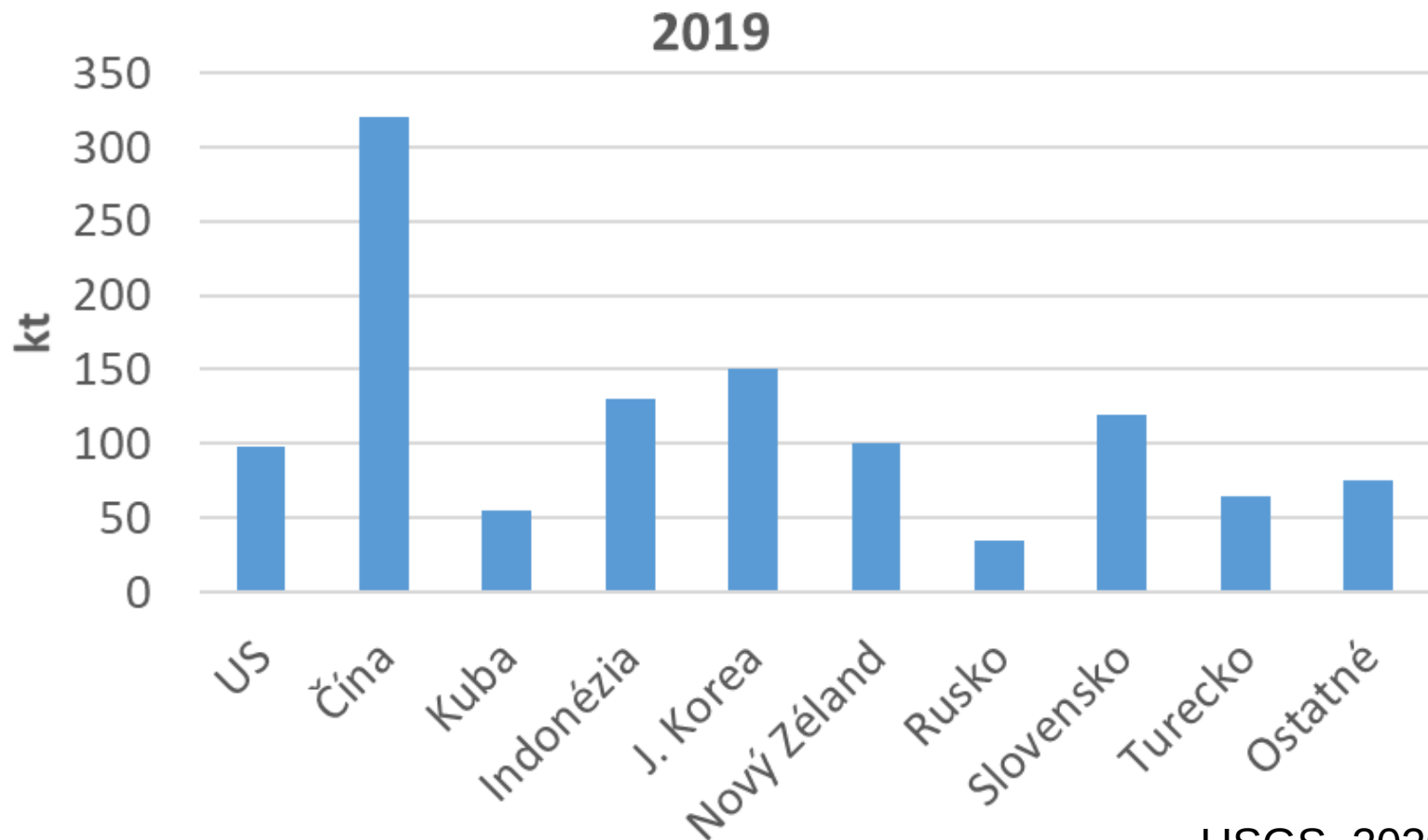
Kontrola chemického
zloženia odpadovej vody
(Mg:P:N 1:1:1)

Zárodkové jadrá (piesok,
struvit)

Nerastné suroviny SR



Ťažba zeolitu

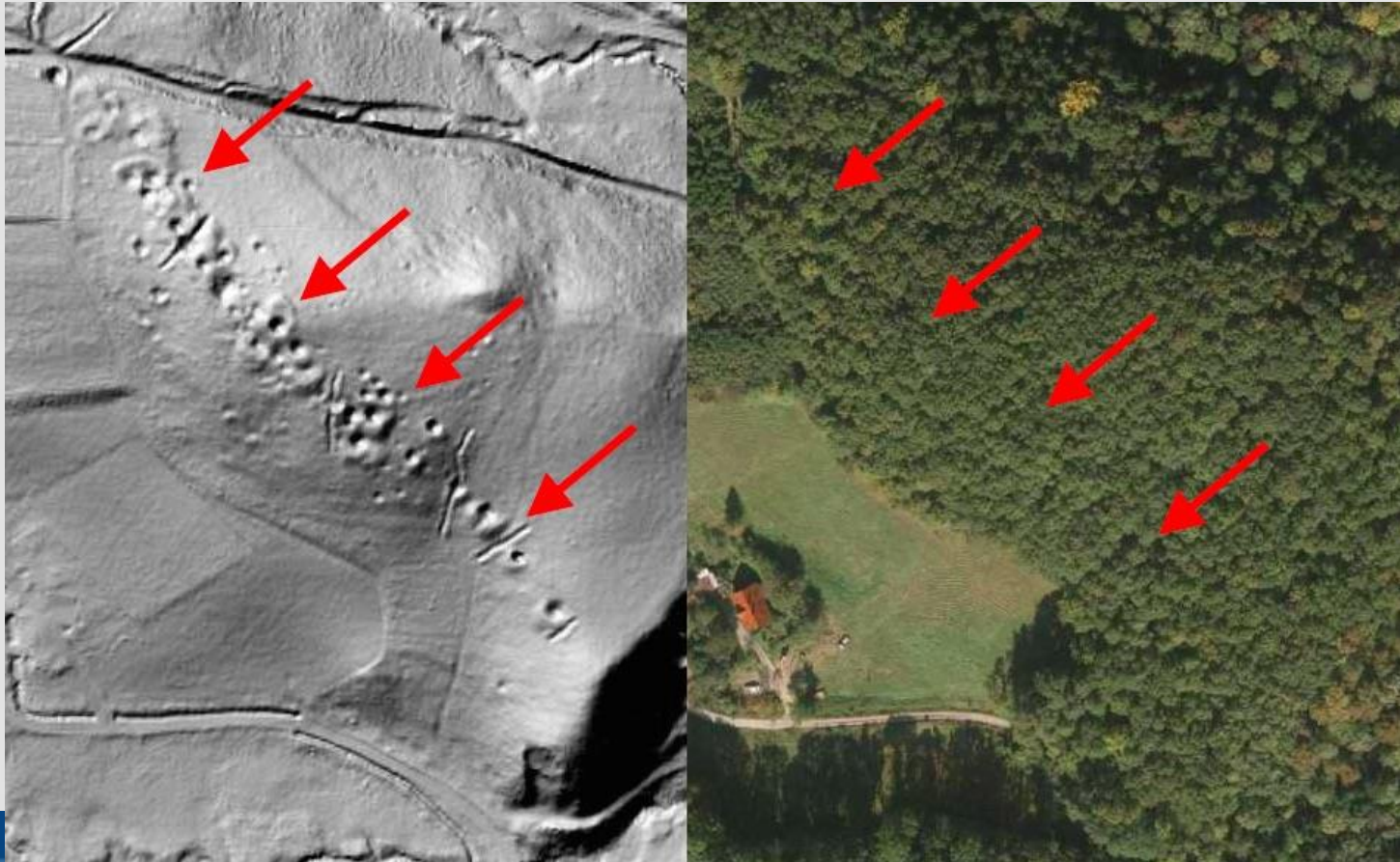


Ročenka SR: 2017 – 165 kt



LIDAR (Light Detection And Ranging)

je technológiá diaľkového prieskumu Zeme, ktorá využíva pulzné radarové lúče na meranie vzdialenosti medzi objektom a LIDARom umiestneným na palube lietadla. (letecký laserový skener.)



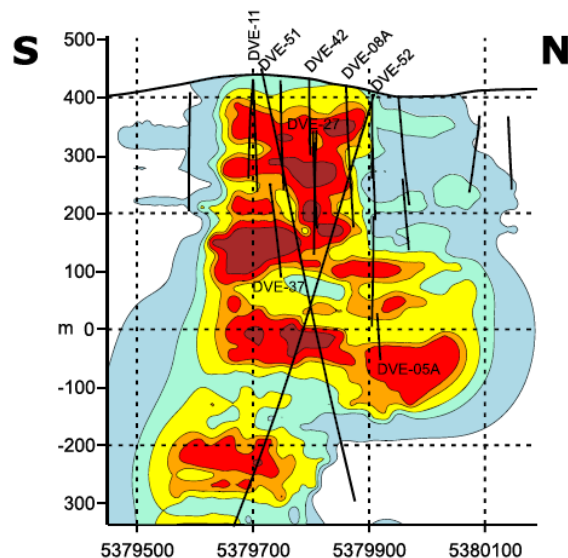
Stopy po historickej ťažbe železnej rudy. Pingy sledujú žilu.

eloblog.pl

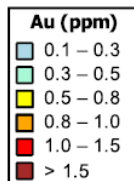
Prospekcia (Prieskum)



Model distribúcie zlata na ložisku Biely vrch

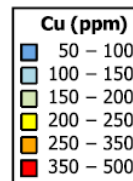


Gold

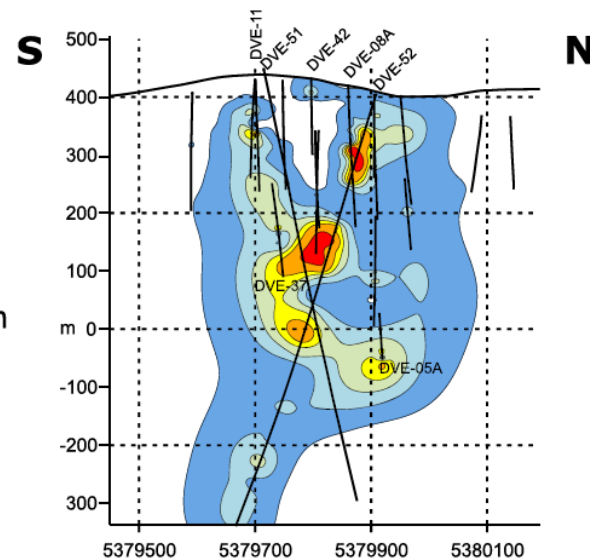


0 300 m

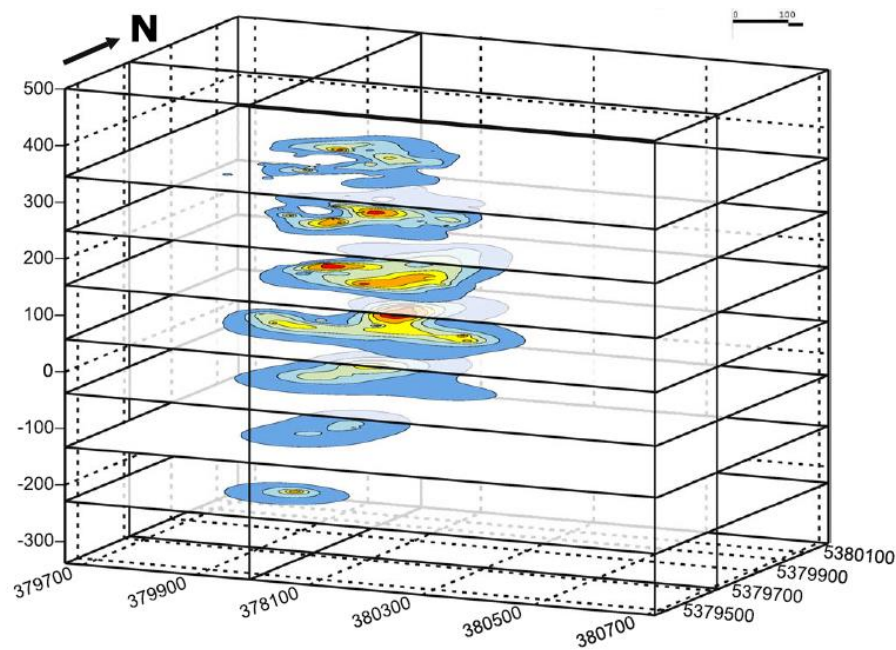
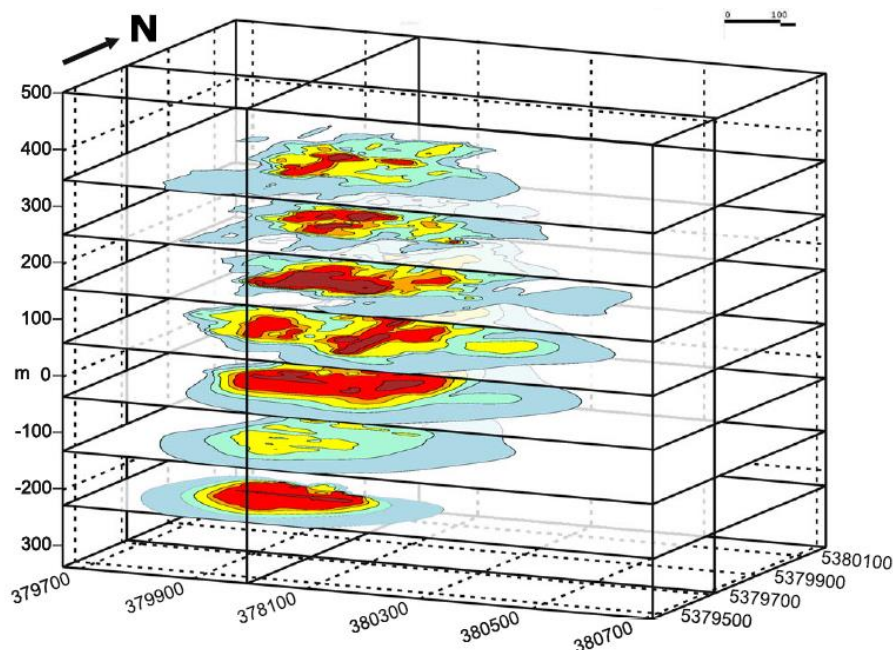
Copper



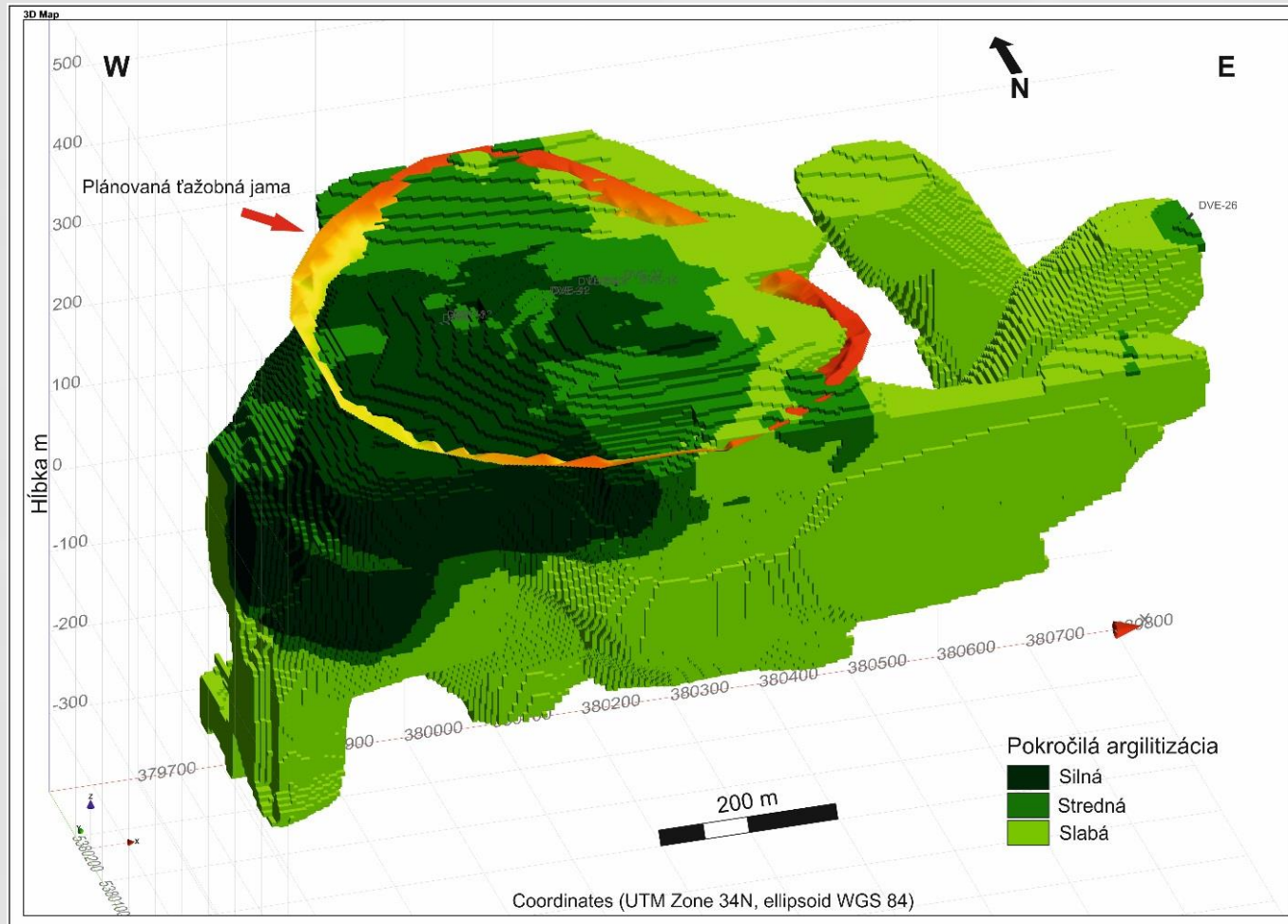
0 300 m



Koděra et al., 2018



Odhad zásob kaolinitu, pyrofylitu a dickitu ako potenciálnej sekundárnej suroviny pri ťažbe zlata na ložisku Biely vrch



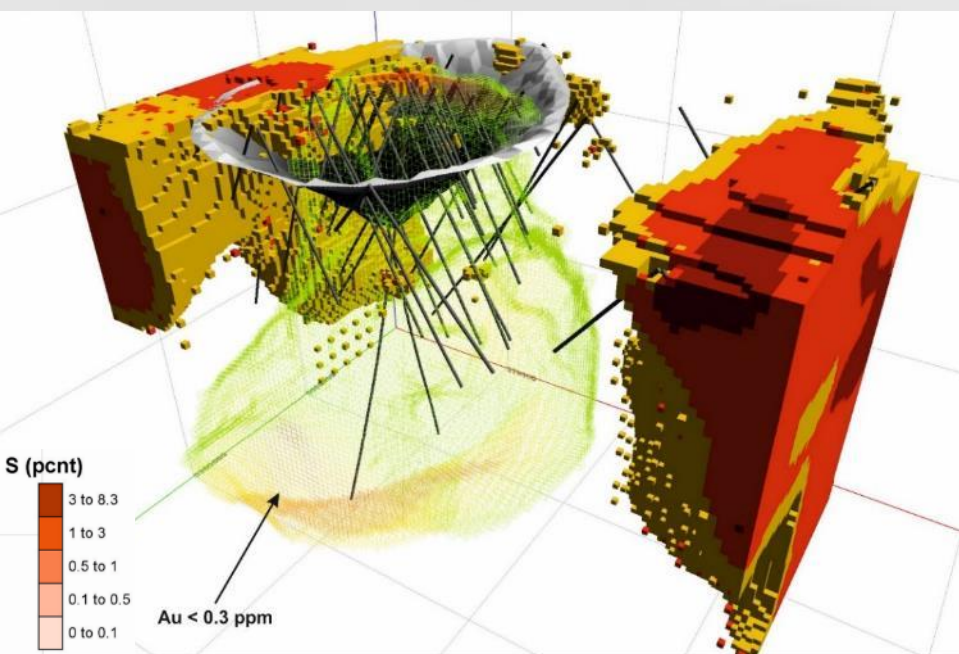
**Odhad zásob
kaolinitu zo
zóny
pokročilej
argilitizácie
9400 kt (Z-2)**

Jánošík, 2016

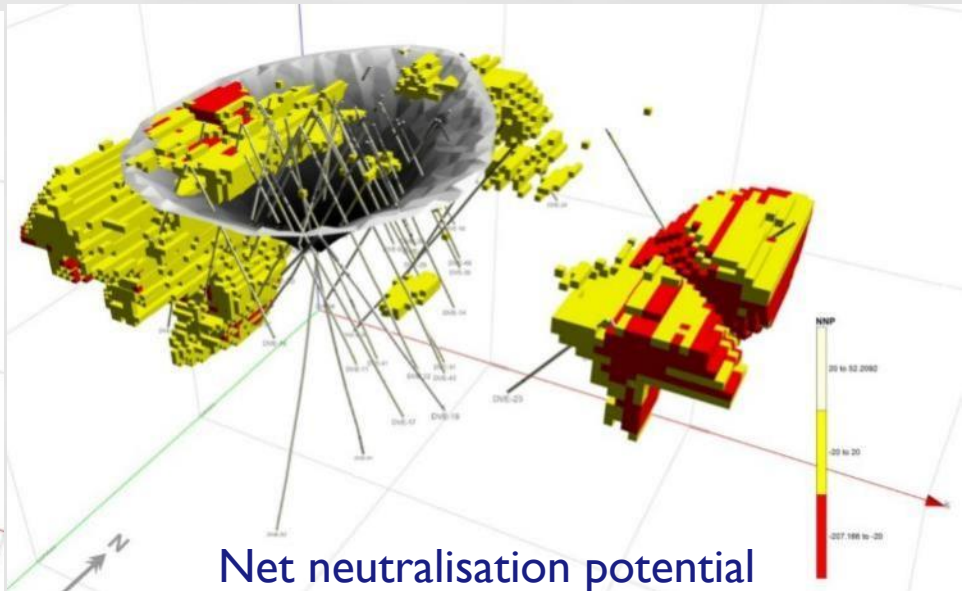
Jánošík, 2016

Na základe kritérií uvedených vo vyhláške Slovenského geologického úradu č.6 / 1992 Zb (zbierka.sk) boli zásoby ílovej suroviny zaradené do kategórii **Z-2** (priestor v rámci ťažobnej jamy) a **Z-3** (priestor mimo ťažobnej jamy).

Modely možného enviromentálneho impaktu ťažby na ložisku Biely vrch



model distribúcie síry



Net neutralisation potential

neutralizačný potenciál

Ďakujem

Kolegom z KLG, PRIF UK

Agentúre APVV (APVV-0339-12, APVV-15-0083)

Vám

peter.uhlik@uniba.sk

www.facebook.com/KLGPRIFUKBA

<https://fns.uniba.sk/klg/>