

Risorse della Terra



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Dipartimento di Scienze della Terra

Silvano Mignardi



Risorse della Terra

Silvano Mignardi



Risorse della Terra

Silvano Mignardi

Rocce

- “ Le tappe dello sviluppo della civiltà dell'uomo sono segnate dall'utilizzo di vari prodotti della Terra
- “ Circa 2 milioni di anni a.C. l'uomo utilizza i primi attrezzi in pietra



Ossidiana
(vetro vulcanico)



SiO₂

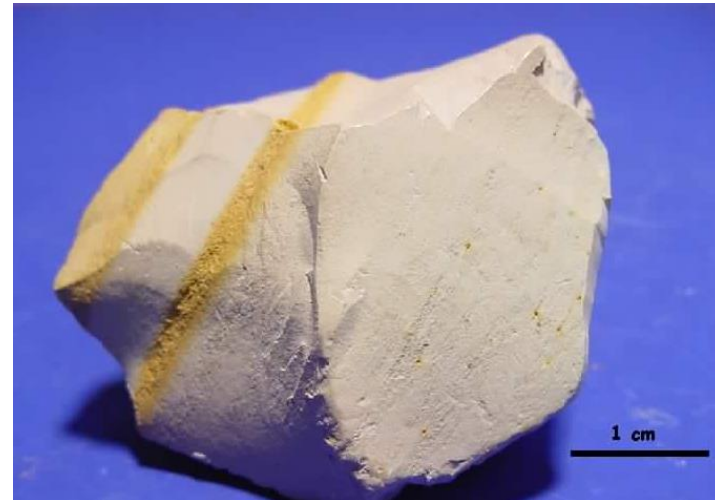
Ceramiche

- “ Circa 7000 anni a.C. vengono prodotti i primi mattoni crudi e le prime ceramiche cotte in forno



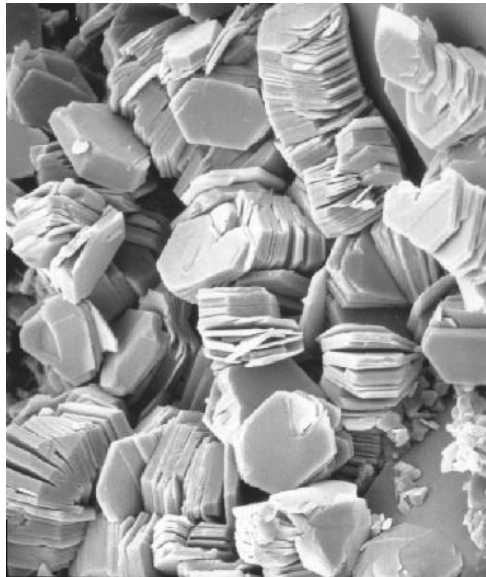
Ceramiche

- “ La materia prima è la **argilla**, un termine utilizzato per indicare:
- ✓ sedimenti fini (con particelle di diametro inferiore a 4 micron, 0,004 mm)
 - ✓ sedimenti composti prevalentemente da minerali argillosi



- “ Nessun altro materiale estratto dalla Terra è stato destinato dall'uomo ad una varietà di usi maggiore dell'argilla
- “ È utilizzato da oltre 20.000 anni sempre con nuovi impieghi
- “ Motivo? Le argille sono diffuse ovunque, bagnate sono plastiche e modellabili e asciugandosi o bruciandole passano da uno stato plastico ad uno litoido

- “ Oltre a minerali argillosi, contengono percentuali variabili di quarzo, feldspati, carbonati, ossidi ed idrossidi di ferro ed alluminio, microfossili
- “ Esistono diversi tipi di minerali argillosi con strutture cristalline e composizioni diverse. A seconda del tipo di minerale argilloso prevalente, le argille hanno caratteristiche tecniche ed usi diversi



Cristalli di caolinite $\text{Al}_4(\text{OH})_8\text{Si}_4\text{O}_{10}$

Dimensioni dei cristalli normalmente $< 2\mu\text{m}$.

Il caolino è un'argilla pregiata perchè è bianca, chimicamente inerte, refrattaria (fonde a 1850°C), plastica, non espandibile.

- “ Da sempre: mattoni, tegole, ceramiche, contenitori
- “ Moderni: isolanti elettrici, refrattari, argille espanse, detergenti, carta patinata, materiali ceramici avanzati



Metalli

- “ I primi impieghi dei metalli da parte dell'uomo risalgono a circa 4000 anni a.C.
- “ Inizialmente solo per produrre oggetti ornamentali



Au

Ag



Cu



Il Padiglione d'oro . Kyoto

- “ In seguito anche per utensili
- “ Probabilmente per caso scopre che con la fusione può dare ai metalli la forma che vuole



“ L'uomo scopre che da strani ciottoli colorati può estrarre con la fusione un metallo facilmente lavorabile: il **rame**



Calcopirite CuFeS_2



Azzurrite $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$

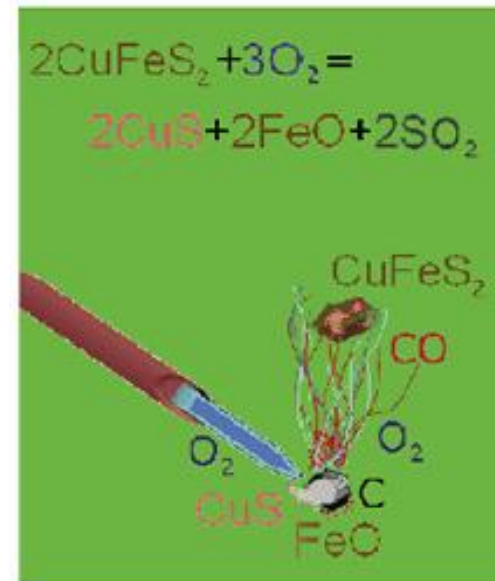
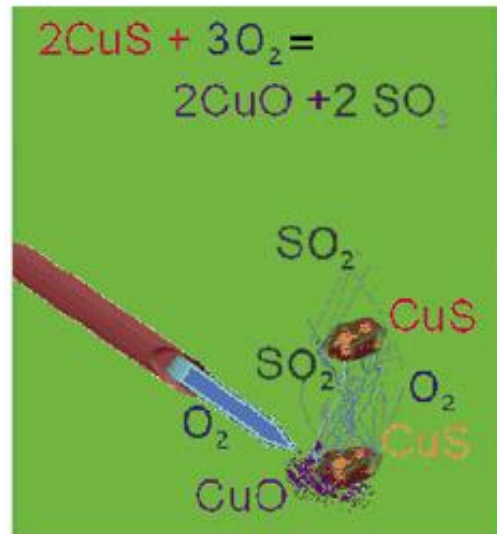
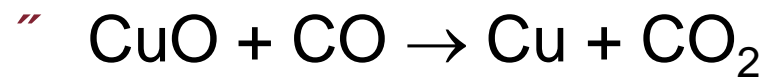
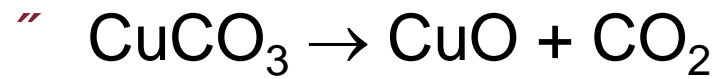
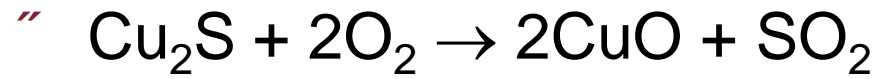


Malachite $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$

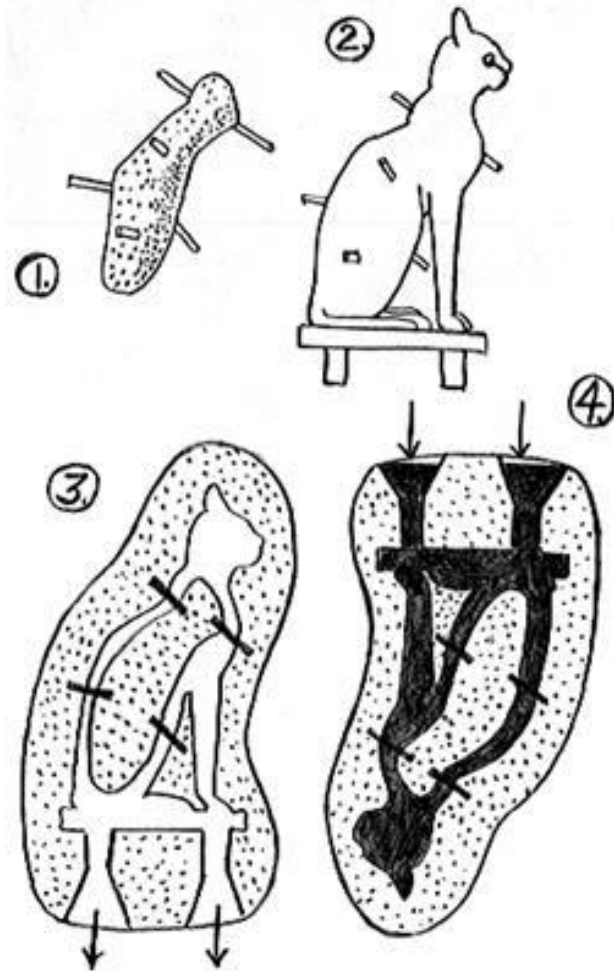
<i>Minerale</i>	<i>Formula</i>	<i>Rame (%)</i>
Azzurrite	$\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$	55,1
Bornite	Cu_5FeS_4	63,3
Calcocite	Cu_2S	79,8
Calcopirite	CuFeS_2	34,5
Covellite	CuS	66,5
Crisocola	$\text{CuSiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	37,9
Cuprite	Cu_2O	88,8
Malachite	$\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$	57,3
Tetraedrite	$\text{Cu}_3(\text{Sb,As})\text{S}_3$	32-45

- “ Dopo l'estrazione in miniera, i minerali di rame vengono frantumati e macinati
- “ Attraverso la **flottazione** le polveri emulsionate con **liquidi tensioattivi** vengono immerse in vasche dalle quali si asporta lo stato schiumoso superficiale, ricco in rame ancora legato allo zolfo





- “ **Bronzo**: è una lega di Cu con circa 3-10% di Sn ed ha durezza superiore a quella del metallo.



Monetazione

Cu



Ag



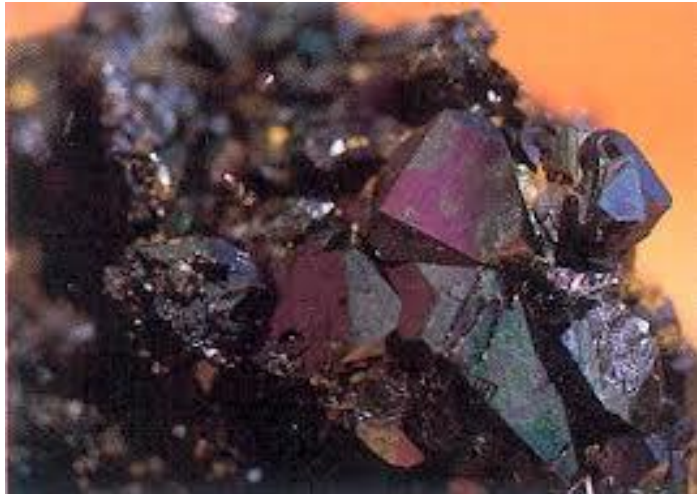
Bronzo (Cu+Sn)

Au



Elettro (Au80-Ag20)

“ Circa 1200 anni a.C. l'uomo inizia ad utilizzare anche il **ferro**



Hematite Fe_2O_3



Magnetite $\text{Fe}^{3+}_2\text{Fe}^{2+}\text{O}_4$

- “ $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} \rightarrow 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$
- “ Il prodotto di questo processo era un materiale spugnoso con percentuali elevate di scorie e carbone.



“ La vera rivoluzione è però l'introduzione dell'acciaio: scaldando il Fe in presenza di carbone si otteneva un prodotto dalle proprietà tecnologiche superiori, che miglioravano ancora se si scaldava in ambiente riducente e poi si raffreddava in acqua, realizzando la tempra



Materiale	% carbonio	% fosforo
Ferro battuto	< 0.1	< 0.1
Acciaio	0.2 - 2	< 0.1
Ghisa	2 - 5	< 0.1
Acciaio al fosforo	< 0.2	0.2 - 4





Columbite
 $\text{Fe}^{2+}\text{Nb}_2\text{O}_6$

Materiale	Componenti principali	Caratteristiche tecnologiche	Durezza a freddo	Temp. max di taglio
Acciaio speciale al carbonio	Ferro Carbonio	Buona tenacità Buona lavorabilità Scarsa durezza a caldo Scarsa res. all'usura	63 + 65 HRC	250 °C
Acciaio debolmente legato	Ferro Carbonio Tungsteno Molibdeno Cromo Vanadio	Buona tenacità Scarsa durezza a caldo Scarsa res. all'usura	63 + 65 HRC	300 °C
Acciaio fortemente legato	Ferro Carbonio Tungsteno Molibdeno Cromo Vanadio Cobalto	Media tenacità Buona durezza a caldo Buona res. all'usura	62 + 64 HRC	500 + 600 °C
Leghe fuse	Cobalto Cromo Tungsteno	Elevata res. all'usura Elevata fragilità Buona durezza a caldo Stellitaggio	57 + 58 HRC	850 °C
Carburi Metallici Sinterizzati	Carburo di tungsteno Cobalto Carburo di titanio Carburo di tantalio Carburo di niobio	Elevata res. all'usura Elevata dur. a caldo Scarsa tenacità	74 + 78 HRC	1000 °C e oltre



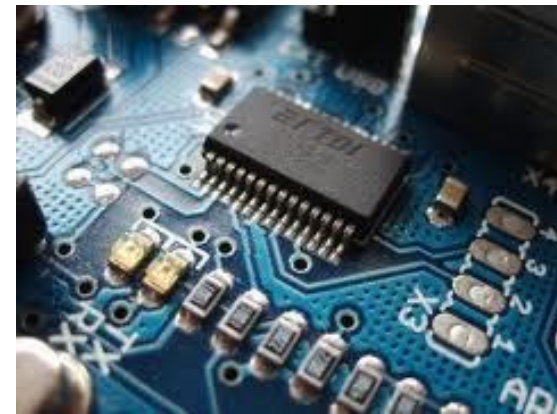
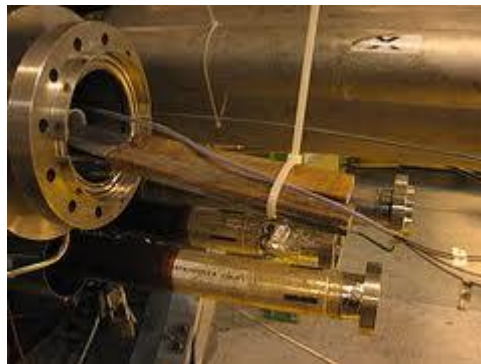
Tantalite $\text{Fe}^{2+}\text{Ta}_2\text{O}_6$



Ilmenite $\text{Fe}^{2+}\text{TiO}_3$



Wolframite $(\text{Fe},\text{Mn})\text{WO}_4$



Risorse della Terra

Silvano Mignardi

period	group 1*												13	14	15	16	17	18	
	1a	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	VIIIb	
1	H	He																	
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	
3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar											
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
7	Fr	Ra	Ac	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	

6	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
7	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

alkali metals	other metals	noble gases
alkaline earth metals	other nonmetals	lanthanides
transition metals	halogens	actinides

* Numbering system recommended by the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC)
 ** Previous IUPAC numbering system
 *** Numbering system recommended by the Chemical Abstracts Service
 **** For the names of elements 104–112, see table.



"HAVE YOU COME ACROSS ANY OF THE RARE
EARTHS — PRASEODYMIUM, GADOLINIUM, DYSPROSIUM—
STUFF LIKE THAT?"



Monazite
 $(\text{REE})\text{PO}_4$



Euxenite
 $(\text{Y,Ca,Ce})(\text{Nb,Ta,Ti})_2\text{O}_6$



Allanite
 $\text{Ca}(\text{REE,Ca})\text{Al}_2(\text{Fe}^{2+},\text{Fe}^{3+})(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)\text{O}(\text{OH})$



Composizione della crosta terrestre secondo Clark

Elemento	%	Elemento	%
Ossigeno	49,13	Idrogeno	1,00
Silicio	26,00	Titanio	0,61
Alluminio	7,45	Carbonio	0,35
Ferro	4,20	Cloro	0,20
Calcio	3,25	Fosforo	0,12
Sodio	2,40	Zolfo	0,10
Potassio	2,35		

Abundance of Elements in the Earth's Crust

Elements	Crustal Abundance (parts per million)
Nickel ($_{28}\text{Ni}$)	90
Zinc ($_{30}\text{Zn}$)	79
Copper ($_{29}\text{Cu}$)	68
Cerium ($_{58}\text{Ce}$)^a	60.0
Lanthanum ($_{57}\text{La}$)	30.0
Cobalt ($_{27}\text{Co}$)	30
Neodymium ($_{60}\text{Nd}$)	27.0
Yttrium ($_{39}\text{Y}$)	24.0
Scandium ($_{21}\text{Sc}$)	16.0
Lead ($_{82}\text{Pb}$)	10
Praseodymium ($_{59}\text{Pr}$)	6.7
Thorium ($_{90}\text{Th}$)	6
Samarium ($_{62}\text{Sm}$)	5.3

Elements	Crustal Abundance (parts per million)
Gadolinium ($_{64}\text{Gd}$)	4.0
Dysprosium ($_{66}\text{Dy}$)	3.8
Tin ($_{50}\text{Tn}$)	2.2
Erbium ($_{68}\text{Er}$)	2.1
Ytterbium ($_{70}\text{Yb}$)	2.0
Europium ($_{63}\text{Eu}$)	1.3
Holmium ($_{67}\text{Ho}$)	0.8
Terbium ($_{65}\text{Tb}$)	0.7
Lutetium ($_{71}\text{Lu}$)	0.4
Thulium ($_{69}\text{Tm}$)	0.3
Silver ($_{47}\text{Ag}$)	0.08
Gold ($_{79}\text{Au}$)	0.0031
Promethium ($_{61}\text{Pm}$)	10^{-13}



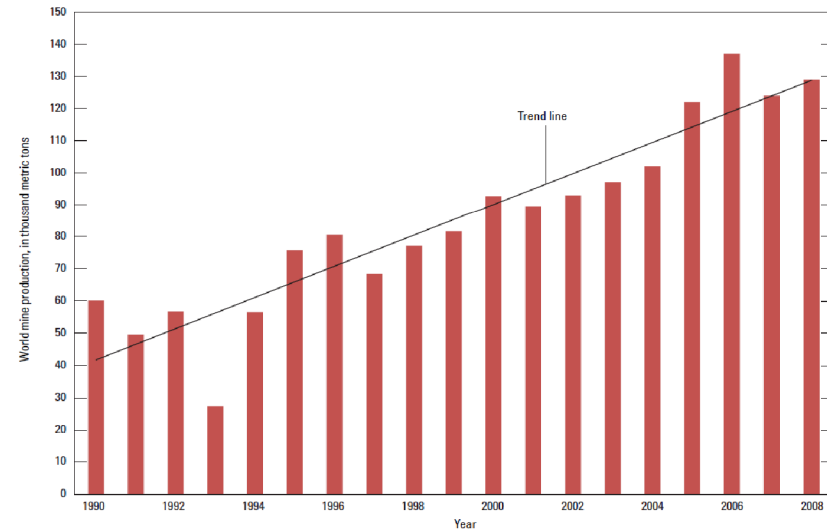
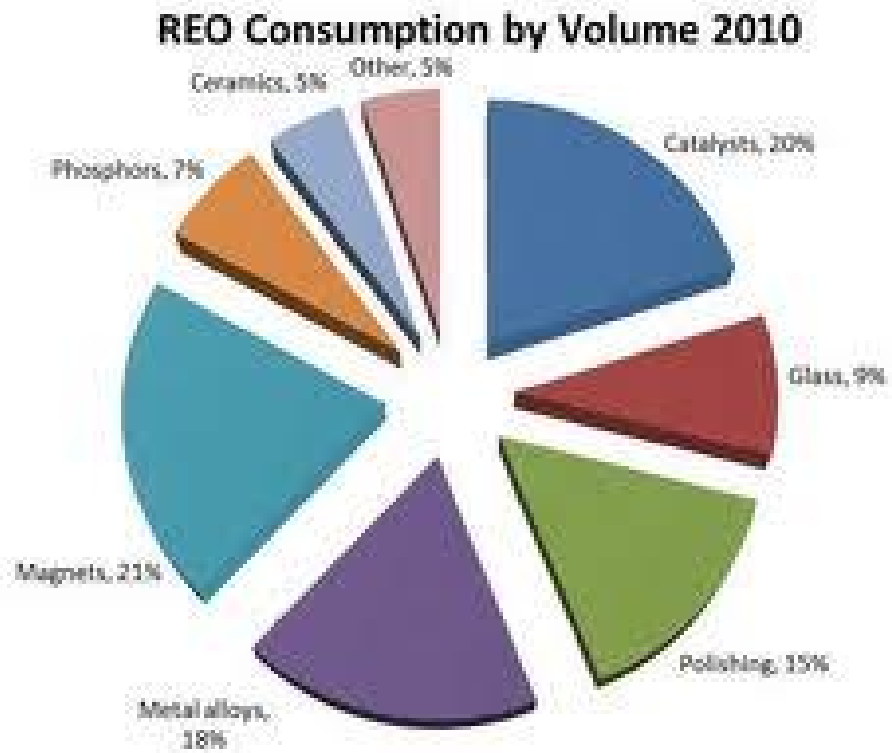


Figure 1. Chart showing world mine production of rare earth oxides from 1990 through 2008. Data are from Hedrick (1996–2009) and Cordier and Hedrick (2010).

Table 1. Estimated worldwide end uses for rare earth elements in 2008, by amount of rare earth oxide in end use.

[Values are in metric tons of rare earth oxides and are rounded to three significant digits. Percentages are rounded to the nearest decimal. Values may not add to totals shown owing to independent rounding. CeO₂, cerium oxide; Dy₂O₃, dysprosium oxide; Eu₂O₃, europium oxide; Gd₂O₃, gadolinium oxide; La₂O₃, lanthanum oxide; Nd₂O₃, neodymium oxide; Pr₆O₁₁, praseodymium oxide; SmO, samarium oxide; Tb₆O₇, terbium oxide; Y₂O₃, yttrium oxide; REO, rare earth oxide; —, no consumption]

End uses	CeO ₂	La ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Y ₂ O ₃	Pr ₆ O ₁₁	Dy ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	SmO	Tb ₆ O ₇	Eu ₂ O ₃	Other
Quantity used, in metric tons											
Automobile catalytic converters	6,840	380	228	—	152	—	—	—	—	—	—
Ceramics	840	1,190	840	3,710	420	—	—	—	—	—	—
Fluid catalytic cracking	1,980	17,800	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Glass additives	7,920	2,880	360	240	120	—	—	—	—	—	480
Metallurgy, except batteries	5,980	2,990	1,900	—	633	—	—	—	—	—	—
Neodymium magnets	—	—	18,200	—	6,140	1,310	525	—	53	—	—
Battery alloys	4,040	6,050	1,210	—	399	—	—	399	—	—	—
Phosphors	990	765	—	6,230	—	—	162	—	414	441	—
Glass polishing	10,700	5,170	—	—	574	—	—	—	—	—	—
Other	2,930	1,430	1,130	1,430	300	—	75	150	—	—	75
Total	42,200	38,700	23,900	11,600	8,740	1,310	762	549	467	441	555
Percentage of total REOs used											
Automobile catalytic converters	90.0	5.0	3.0	—	2.0	—	—	—	—	—	—
Ceramics	12.0	17.0	12.0	53.0	6.0	—	—	—	—	—	—
Fluid catalytic cracking	10.0	90.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Glass additives	66.0	24.0	3.0	2.0	1.0	—	—	—	—	—	4.0
Metallurgy, except batteries	52.0	26.0	16.5	—	5.5	—	—	—	—	—	—
Neodymium magnets	—	—	69.4	—	23.4	5.0	2.0	—	0.2	—	—
Battery alloys	33.4	50.0	10.0	—	3.3	—	—	3.3	—	—	—
Phosphors	11.0	8.5	—	69.2	—	—	1.8	—	4.6	4.9	—
Glass polishing	65.1	31.4	—	—	3.5	—	—	—	—	—	—
Other	39.0	19.0	15.0	19.0	4.0	—	1.0	2.0	—	—	1.0
Total	32.7	29.9	18.5	9.0	6.8	1.0	0.6	0.4	0.4	0.3	0.4

Hybrid technology is totally dependent upon Rare Earths

HYBRID electric motor and generator

- Nd
- Pr
- Dy
- Tb

HYBRID NiMH battery

- La
- Nd
- Ce



Enabling better emission standards and lower energy consumption

lymas

GLASS AND MIRRORS
POLISHING POWDER
Ce

UV CUT GLASS
Ce

DIESEL FUEL
ADDITIVE
Ce, La

LCD SCREEN
Eu, Y, Ce

HYBRID ELECTRIC MOTOR
AND GENERATOR
Nd, Pr, Dy, Tb

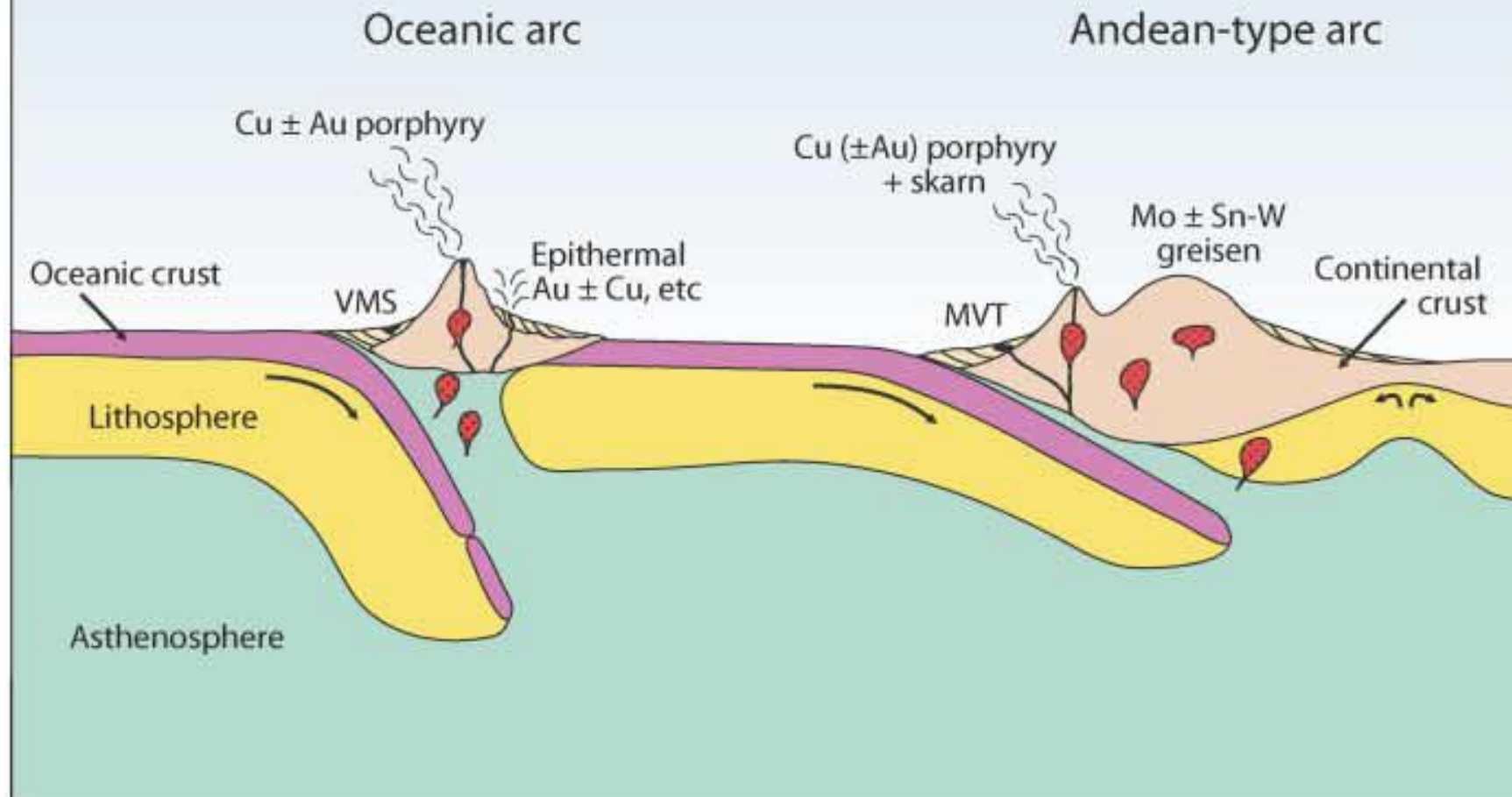
ELECTRIC
MOTORS
Nd magnets

CATALYTIC
CONVERTER
Ce, La

HYBRID NiMH
BATTERY
La, Ce



A. Constructional stage



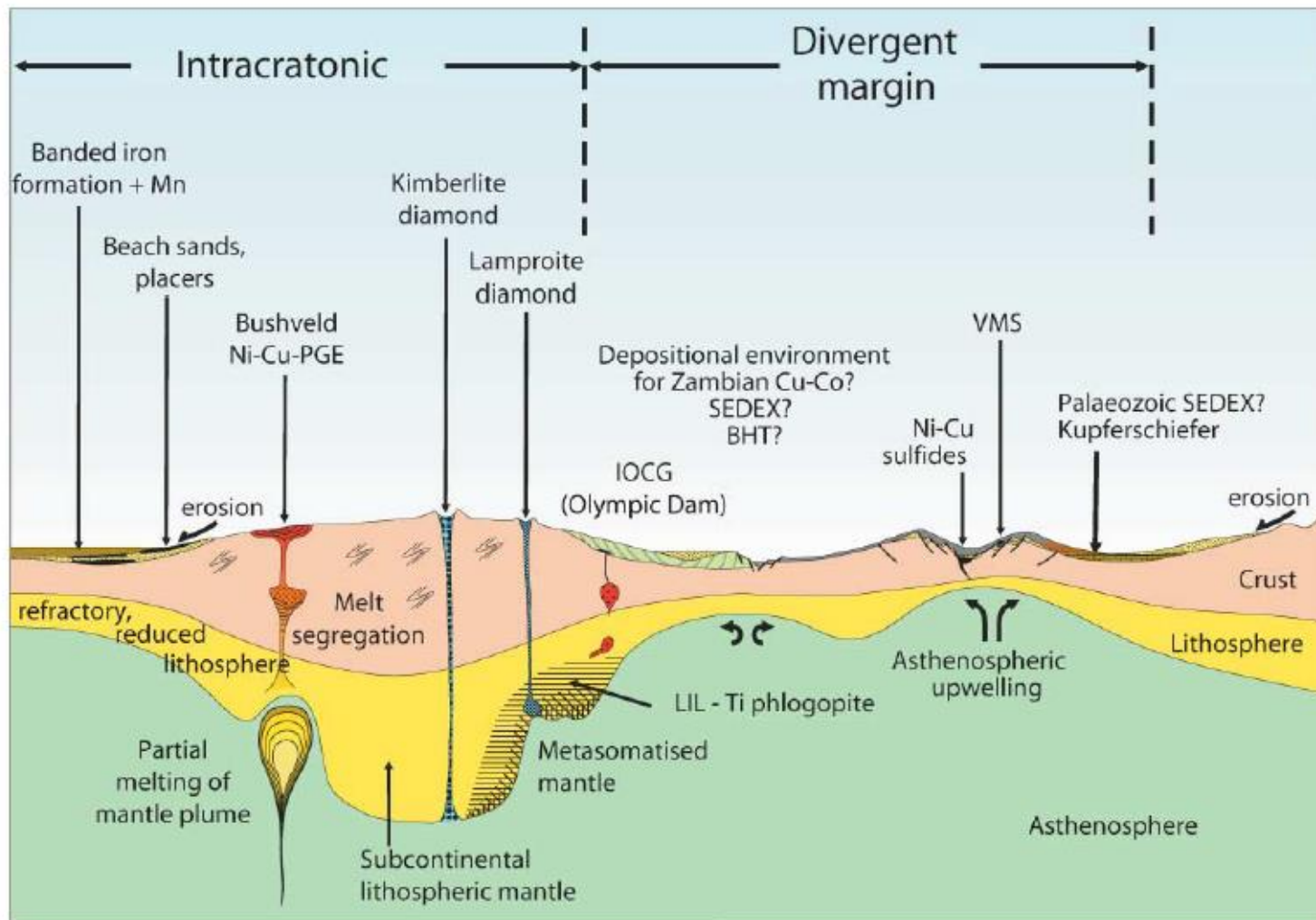


Fig. 2. Schematic diagram showing both major mineral deposit types formed in continental crust above SCLM, normally Archaean in age (adapted from Groves *et al.* 1987), and those formed in passive continental margins and oceanic spreading ridges in divergent margin tectonic settings. Thickness of crust and SCLM not to scale.

**La stiamo sfruttando
troppo**





Inquinamento del suolo

Inquinamento delle acque





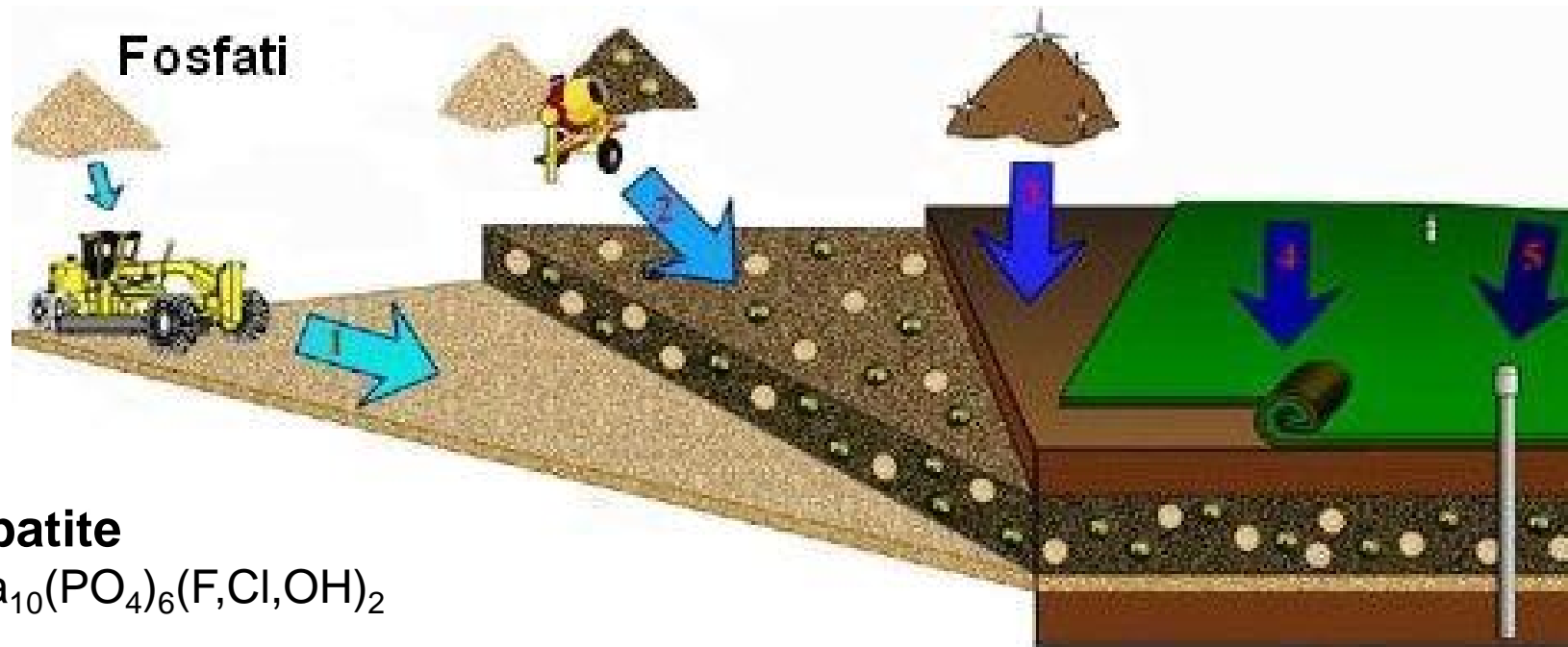
Risorse della Terra

Silvano Mignardi

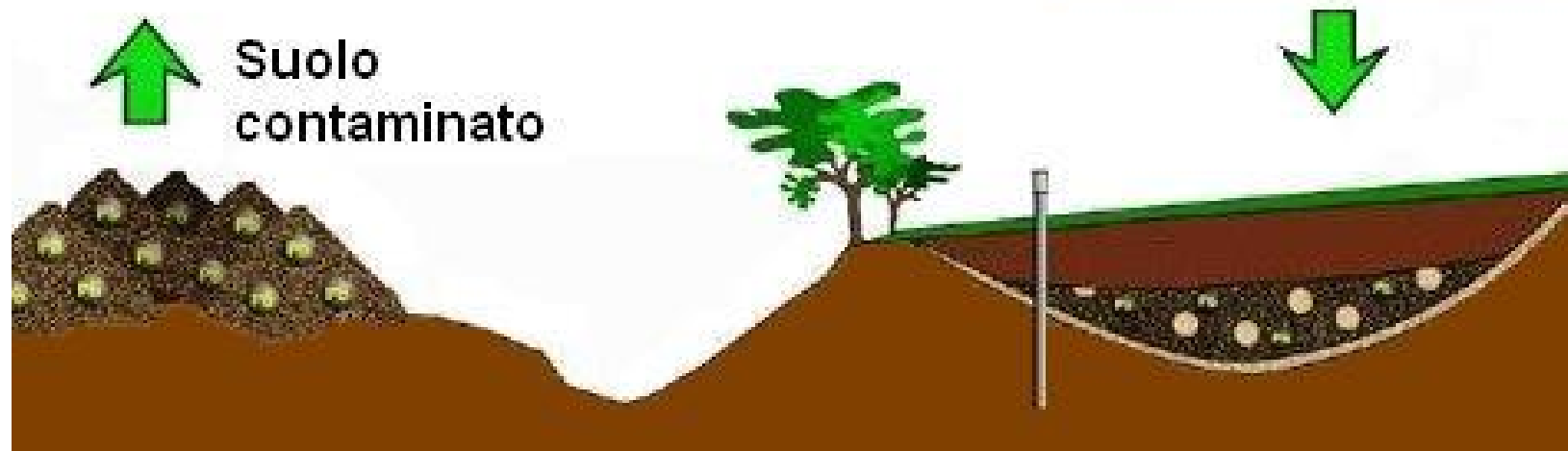
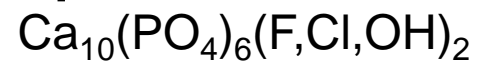
Ripristino ambientale (Remediation)

Obiettivi

- “ Ridurre la mobilità degli inquinanti
 - “ Ridurre la loro biodisponibilità per i recettori ambientali
 - “ Ristabilire la situazione pre-inquinamento
-
- “ La bonifica *in situ* dei suoli contaminati da metalli tossici riduce la biodisponibilità degli stessi nel suolo e offre una valida alternativa alla rimozione del suolo con trattamenti ex-situ che sono generalmente più costosi ed hanno un impatto negativo sull'ecosistema del suolo.

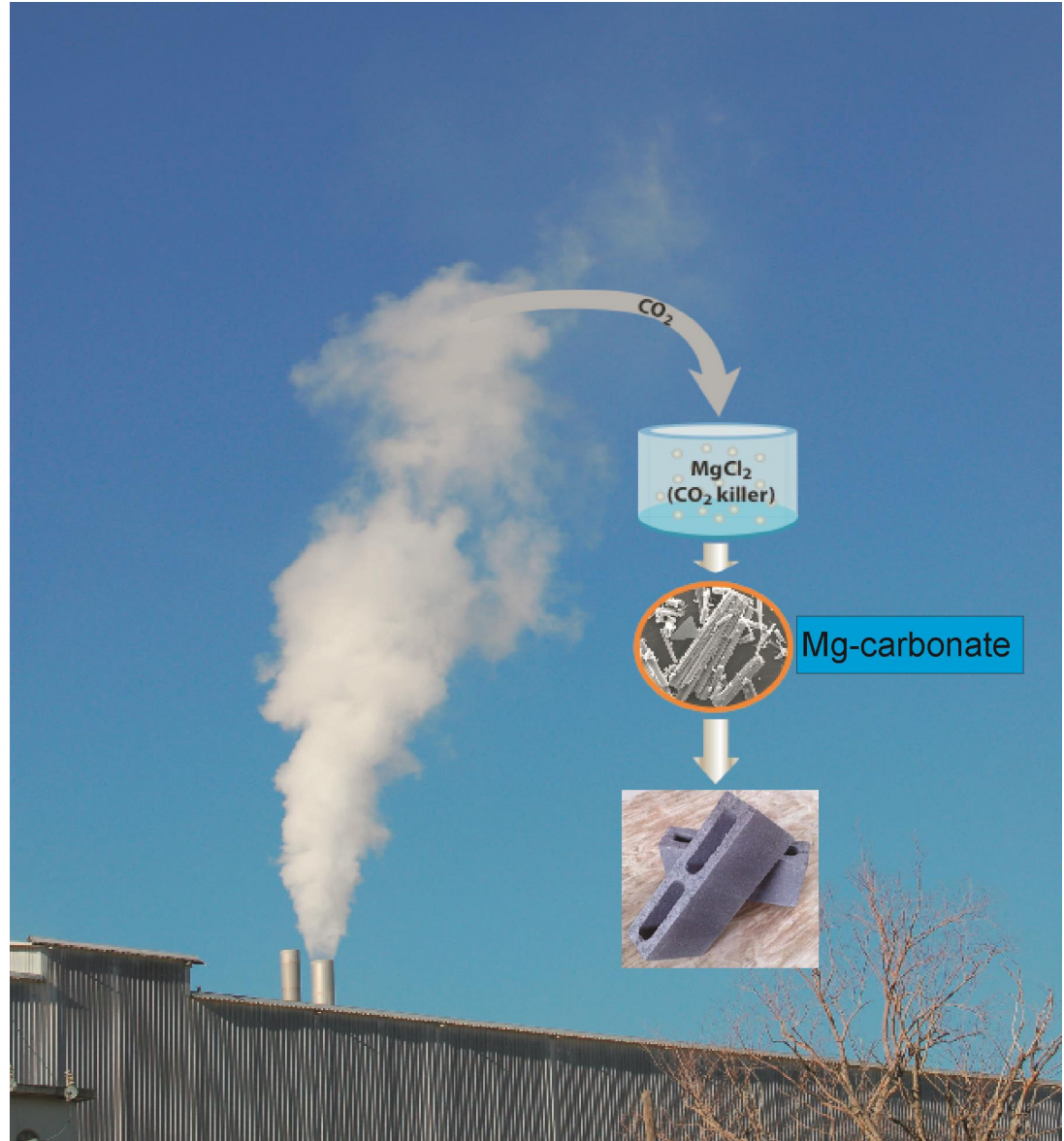
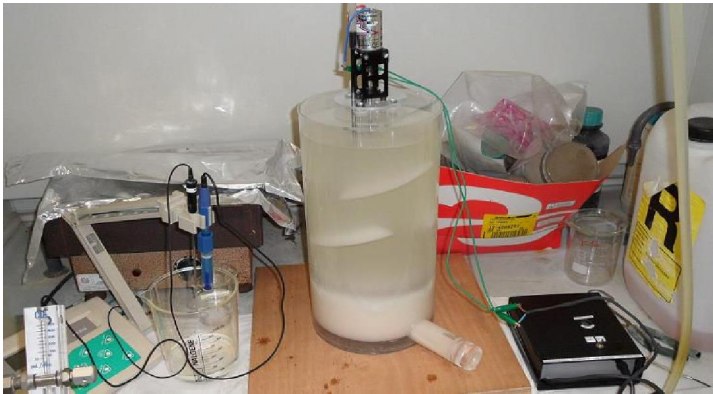
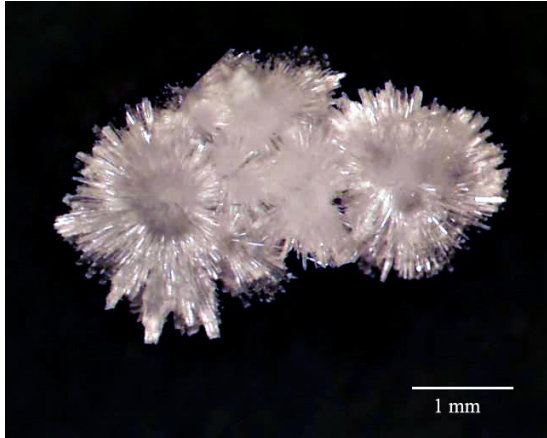


Apatite





"WE FINANCED AN INDEPENDENT STUDY WHICH
PROVED THERE IS NO HUMAN FACTOR IN CREATING
GREENHOUSE GASES."





**"We create it, we clean it up -
business couldn't be better."**