



GEORISORSE 1

I depositi di minerali da cui si possono estrarre vantaggiosamente dei metalli sono detti giacimenti metalliferi, mentre i minerali che contengono questi metalli sono detti minerali metalliferi. I minerali metalliferi comprendono i solfuri, gli ossidi e i silicati. Alcuni metalli come l'oro, l'argento e il platino esistono però anche allo stato nativo, senza cioè essere combinati con altri elementi.

Quando un minerale diventa di interesse economico?

Il fattore di concentrazione, cioè il rapporto tra l'abbondanza di un elemento in un giacimento e la sua abbondanza media nella crosta terrestre varia da elemento a elemento. Un minerale diventa di interesse economico quando si può estrarre ricavandone un ricavo tenendo conto degli attuali costi di coltivazione e costi di trasporto e dei prezzi di vendita.

Un giacimento con un'alta concentrazione di un determinato elemento è chiamato giacimento ad alto tenore. Viceversa, un giacimento in cui il contenuto di un minerale è minimo ma ancora sfruttabile è definito giacimento a basso tenore.

In determinati casi può diventare meno costoso estrarre un elemento da prodotti industriali di scarto piuttosto che da giacimenti minerari; questo procedimento è definito riciclaggio.

Tab. 3 – Contenuto (o range) medio di elementi minori e in traccia nella crosta terrestre, in diversi tipi di rocce, nei suoli e nelle acque dei fiumi. (Tutti i valori in ppm, fatta eccezione per l'acqua dei fiumi per la quale i valori sono in ppb). (da Levinson, 1974).

Elemento	Crosta terrestre	R. Ultramafiche	Basalti	Granodiorite	Granito	Argilliti	Calcarei	Suoli	Acque fluviali
Ag	0,07	0,06	0,1	0,07	0,04	0,05	1	0,1	0,3
As	1,8	1	2	2	1,5	15	2,5	1-50	2
Au	0,004	0,005	0,004	0,004	0,004	0,004	0,005	—	0,002
B	10	5	5	20	15	100	10	2-100	10
Ba	425	2	250	500	600	700	100	100-3000	10
Be	2,8	—	0,5	2	5	3	1	6	—
Bi	0,17	0,02	0,15	—	0,1	0,18	—	—	—
Br	2,5	1	3,6	—	2,9	4	6,2	—	20
Cd	0,2	—	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	1	—
Ce	60	8	35	40	46	50	10	—	0,06
Cl	130	85	60	—	165	180	150	—	7800
Co	25	150	50	10	1	20	4	1-40	0,2
Cr	100	2000	200	20	4	100	10	5-1000	1
Cs	3	—	1	2	5	5	—	6	0,02
Cu	55	10	100	30	10	50	15	2-100	7
Dy	3	0,59	3	3,2	0,5	5	0,4	—	0,05
Er	2,8	0,36	1,69	4,8	0,2	2	0,5	—	0,05
Eu	1,2	0,16	1,27	1,2	—	1	—	—	0,07
F	625	100	400	—	735	740	330	—	100
Ga	15	1	12	18	18	20	0,06	15	0,09
Gd	5,4	0,65	4,7	7,4	2	6	0,6	—	0,04
Ge	1,5	1	1,5	1	1,5	1,5	0,1	1	—
H	3	0,5	2	2	4	3	0,5	—	—
Hg	0,08	—	0,08	0,08	0,08	0,5	0,05	0,03	0,007
Ho	1,2	0,14	0,64	1,6	0,07	1	0,1	—	0,01
I	0,5	0,5	0,5	—	0,5	2,2	1,2	—	7
In	0,1	0,01	0,1	0,1	0,1	0,1	0,02	—	—
Ir	0,0004	—	—	—	—	—	—	—	—
La	30	3,3	10,5	36	25	20	6	—	0,2
Li	20	—	10	25	30	60	20	5-200	3
Lu	0,50	0,064	0,20	—	0,01	0,5	—	—	0,008
Mn	950	1300	2200	1200	500	850	1100	850	7
Mo	1,5	0,3	1	1	2	3	1	2	1
Nb	20	15	20	20	20	20	—	—	—
Nd	28	3,4	17,8	26	18	24	3	—	0,2
Ni	75	2000	150	20	0,5	70	12	5-500	0,3
Os	0 0004	—	—	—	—	—	—	—	—
Pb	12,5	0,1	5	15	20	20	8	2-200	3
Pd	0,004	0,02	0,02	—	0,002	—	—	—	—
Pr	8,2	1,02	3,9	8,5	4,6	6	1	—	0,03
Pt	0,002	0,02	0,02	—	0,008	—	—	—	—
Rb	90	—	30	120	150	140	5	20-500	1
Re	0,0005	—	0,0005	—	0,0005	—	—	—	—
Rh	0,0004	—	—	—	—	—	—	—	—
Ru	0,0004	—	—	—	—	—	—	—	—
Sb	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	1	—	5	1
Sc	16	10	38	10	5	15	5	—	0,004
Se	0,05	—	0,05	—	0,05	0,6	0,08	0,2	0,2
Sm	6	0,57	4,2	6,8	3	6	0,8	—	0,03
Sn	2	0,5	1	2	3	4	4	10	—
Sr	375	1	465	450	285	300	500	50-1000	50
Ta	2	1	0,5	2	3,5	2	—	—	—
Tb	0,9	0,088	0,63	1,3	0,05	1	—	—	0,008
Te	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,01	—	—	—
Th	10	0,003	2,2	10	17	12	2	13	0,1
Ti	5700	3000	9000	8000	2300	4600	400	5000	3
Tl	0,45	0,05	0,1	0,5	0,75	0,3	—	0,1	—
Tm	0,48	0,053	0,21	0,5	—	0,2	0,1	—	0,009
U	2,7	0,001	0,6	3	4,8	4	2	1	0,4
V	135	50	250	100	20	130	15	20-500	0,9
W	1,5	0,5	1	2	2	2	0,5	—	0,03
Y	30	—	25	30	40	25	15	—	0,7
Yb	3	0,43	1,11	3,6	0,06	3	0,1	—	0,05
Zn	70	50	100	60	40	100	25	10-300	20
Zr	165	50	150	140	180	160	20	300	—

Nota: I trattini indicano che non sono disponibili dati.

***TABELLA 13.2 Fattori di concentrazione per una attività estrattiva redditizia di metalli selezionati**

Metallo	Concentrazione percentuale		Fattore di concentrazione
	<i>Percentuale media nella Crosta Terrestre</i>	<i>In Giacimento</i>	
Alluminio	8	35	4
Rame	0,0063	0,4-0,8	80-160
Oro	0,0000004	0,001	2500
Ferro	5	20-69	4-14
Piombo	0,0015	4	2500
Mercurio	0,00001	0,1	10.000
Silicio	28,2	46,7	2
Titanio	0,57	32-60	56-105

Fonte: U.S. Geological Survey Professional Paper 820, 1973.

Geologia dei giacimenti minerari

Un giacimento minerario si forma quando sono soddisfatte tre condizioni:

- 1- Esiste una fonte di minerali in un luogo accessibile ad un trasporto naturale
- 2- È disponibile un meccanismo di trasporto naturale
- 3- Esiste un sito dove il meccanismo di trasporto può depositare i metalli

Non è un caso che i giacimenti siano posti tendenzialmente in prossimità della superficie dove ci sono fratture e fessure aperte che facilitano il trasporto dei fluidi mineralizzati e dove le rocce sono più fredde e quindi i minerali possono precipitare dalle soluzioni.

Processi ignei

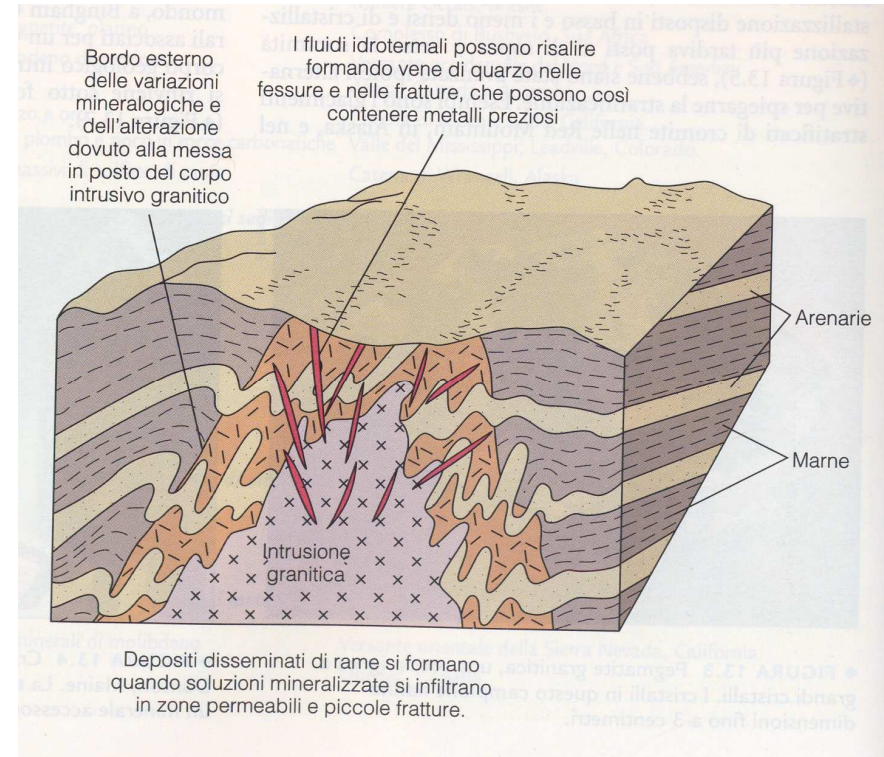
Giacimenti intrusivi: giacimenti di questo tipo si formano quando i minerali che cristallizzano per primi da un magma fuso scendono attraverso la massa ancora fluida e si accumulano sul fondo della camera magmatica (cristallizzazione frazionata). La maggior parte dei giacimenti di cromo e platino esistenti al mondo come quelli del Bushveld; Great Dyke, Stillwater etc etc si formano in questo modo.



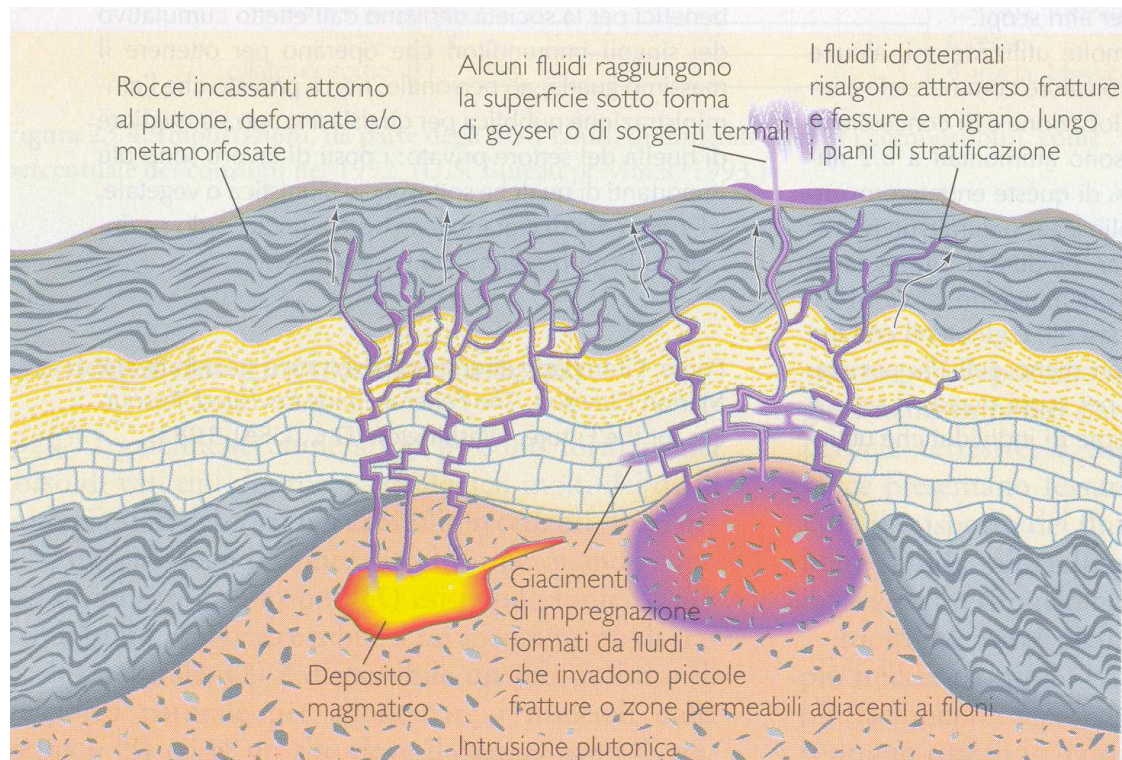
Il diamante è presente principalmente in rocce ignee ultrafemiche dette kimberliti, le quali si sono intruse fino alla superficie da zone profonde della crosta e del mantello superiore, sotto forma di camini lunghi e stretti (camini o neck kimberlitici)

Giacimenti pegmatitici: le pegmatiti sono piccoli corpi ignei intrusivi con grana molto grossolana che possono essere fonti di mica, quarzo, feldspato, berillio, litio e pietre preziose.

Giacimenti disseminati: si formano quando una moltitudine di piccole vene mineralizzate si sviluppa nei pressi o alla sommità di una vasta intrusione ignea. I più comuni sono i giacimenti di rame disseminato nei quali i minerali sono ampiamente distribuiti in un grande volume di rocce granitoidi. Questi giacimenti di solfuri sono comunemente conosciuti come porphyry copper.



Giacimenti idrotermali: si originano da fluidi surriscaldati ricchi di minerali, provenienti da serbatoi magmatici in raffreddamento durante la cristallizzazione. Quando i fluidi raffreddano, i minerali cristallizzano creando vene idrotermali, che i minatori chiamano solitamente filoni. I minerali precipitano assieme a quarzo, calcite e altri minerali che comunemente riempiono i filoni e che costituiscono la ganga cioè la parte che nello sfruttamento viene separata dal minerale e scartata.



Giacimenti vulcanogenici: quando l'attività vulcanica fa scaturire fluidi in superficie talvolta associati all'attività di fumarole nere (black smokers) dovute a sorgenti calde situate sul fondale oceanico si formano questi tipi di giacimento. I giacimenti che ne derivano sono chiamati solfuri massivi.





Depositi minerari sedimentari

Precipitazione superficiale: si formano per precipitazione diretta (ovvero il processo di formazione di un solido da una soluzione) di sali in acqua marina, solitamente in bacini poco profondi. Sono le evaporiti che possono essere marine (sali di sodio e potassio, gesso, anidrite e solfati) o continentali (carbonato di calcio e sodio, nitrati, solfati e composti del boro). Altri giacimenti di questo tipo sono i cosiddetti BIF (Banded Iron Formation). Si formarono durante il Precambriano quando l'atmosfera scarseggiava di ossigeno libero. In tali condizioni il ferro disciolto nelle acque superficiali venne trasportato in soluzione negli oceani dove precipitò assieme alla silice formando immensi giacimenti di diaspri rossi e minerali di ferro.

Precipitazione in acque oceaniche profonde: i noduli di manganese si sono formati per precipitazione sui fondali oceanici. Si accrescono in strati concentrici attraverso la diretta precipitazione dell'acqua dell'oceano.

Giacimenti alluvionali: sono concentrati dal movimento dell'acqua. In inglese sono conosciuti con il termine di placers. I minerali più pesanti e resistenti all'erosione come oro, platino, diamanti e stagno vengono accumulati nei giacimenti alluvionali dall'azione dilavante dell'acqua corrente.

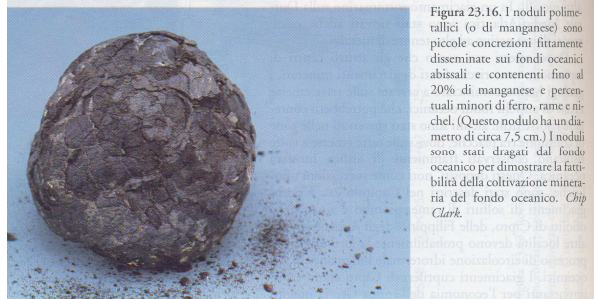
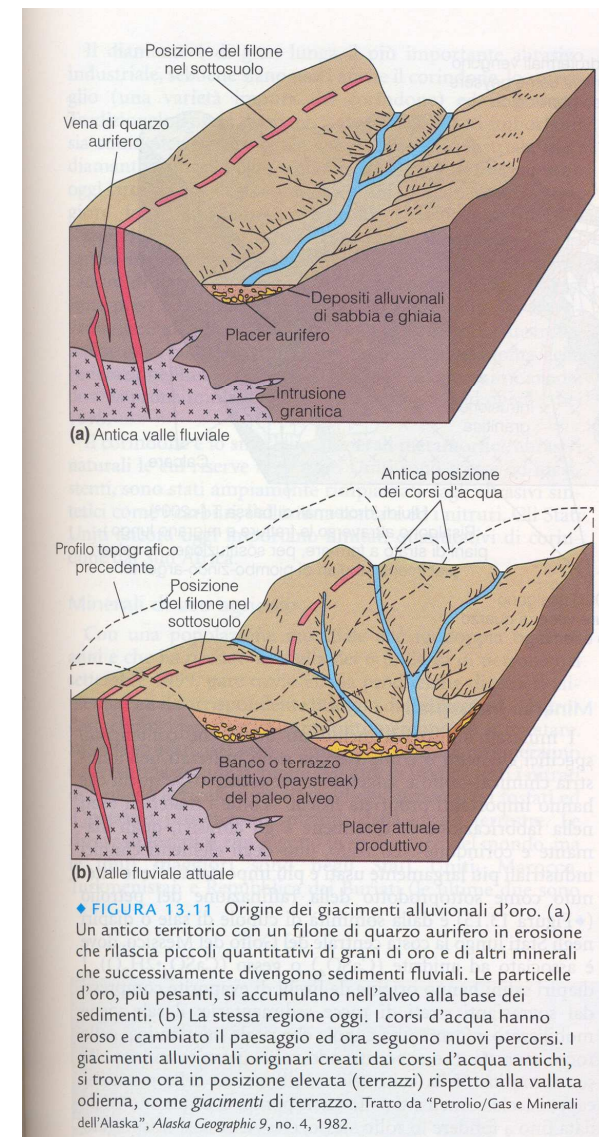


Figura 23.16. I noduli polimerici (o di manganese) sono piccole concrezioni fittamente disseminate sui fondi oceanici abissali e contenenti fino al 20% di manganese e percentuali minori di ferro, rame e nichel. (Questo nodulo ha un diametro di circa 7,5 cm.) I noduli sono stati dragati dal fondo oceanico per dimostrare la fattibilità della coltivazione mineraria del fondo oceanico. Chip Clark.



FIGURE 5

This 8 kg gold nugget (Kingover, Victoria, Australia) was found in the near surface with a metal detector in 1995.

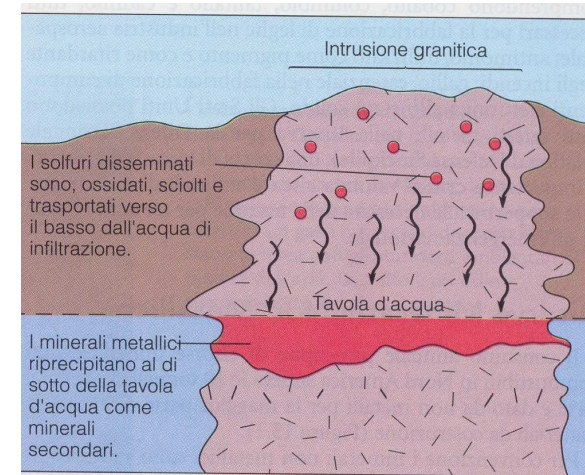


Altri processi

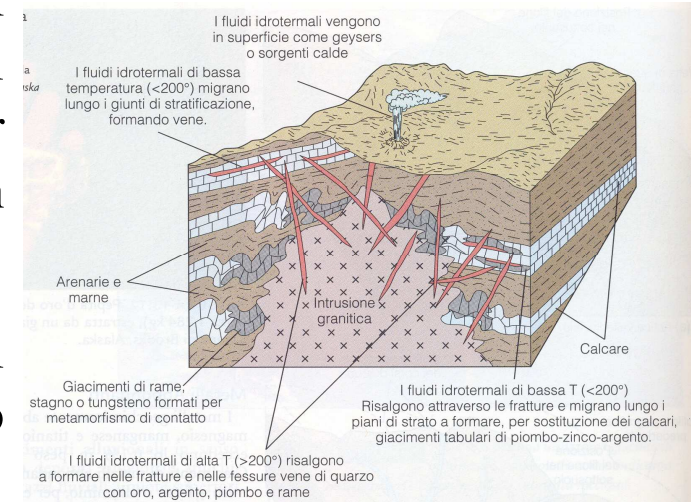
Processi di alterazione: l'alterazione chimica profonda delle rocce nei climi tropicali caldo umidi favorisce l'arricchimento di altri minerali quali ferro e alluminio che in tali condizioni sono relativamente insolubili. Si formano così dei giacimenti di laterite. Quando il contenuto di ferro è invece relativamente basso si forma la bauxite.

Arricchimento secondario: l'acqua sotterranea percolando attraverso un giacimento di solfuri disseminati può sciogliere i metalli disseminati attraverso presenti al di sopra della falda per produrre al di sotto della tavola d'acqua un giacimento arricchito.

Processi metamorfici: ci possono essere giacimenti di metamorfismo da contatto. Asbesto e talco hanno origine dal metamorfismo regionale.

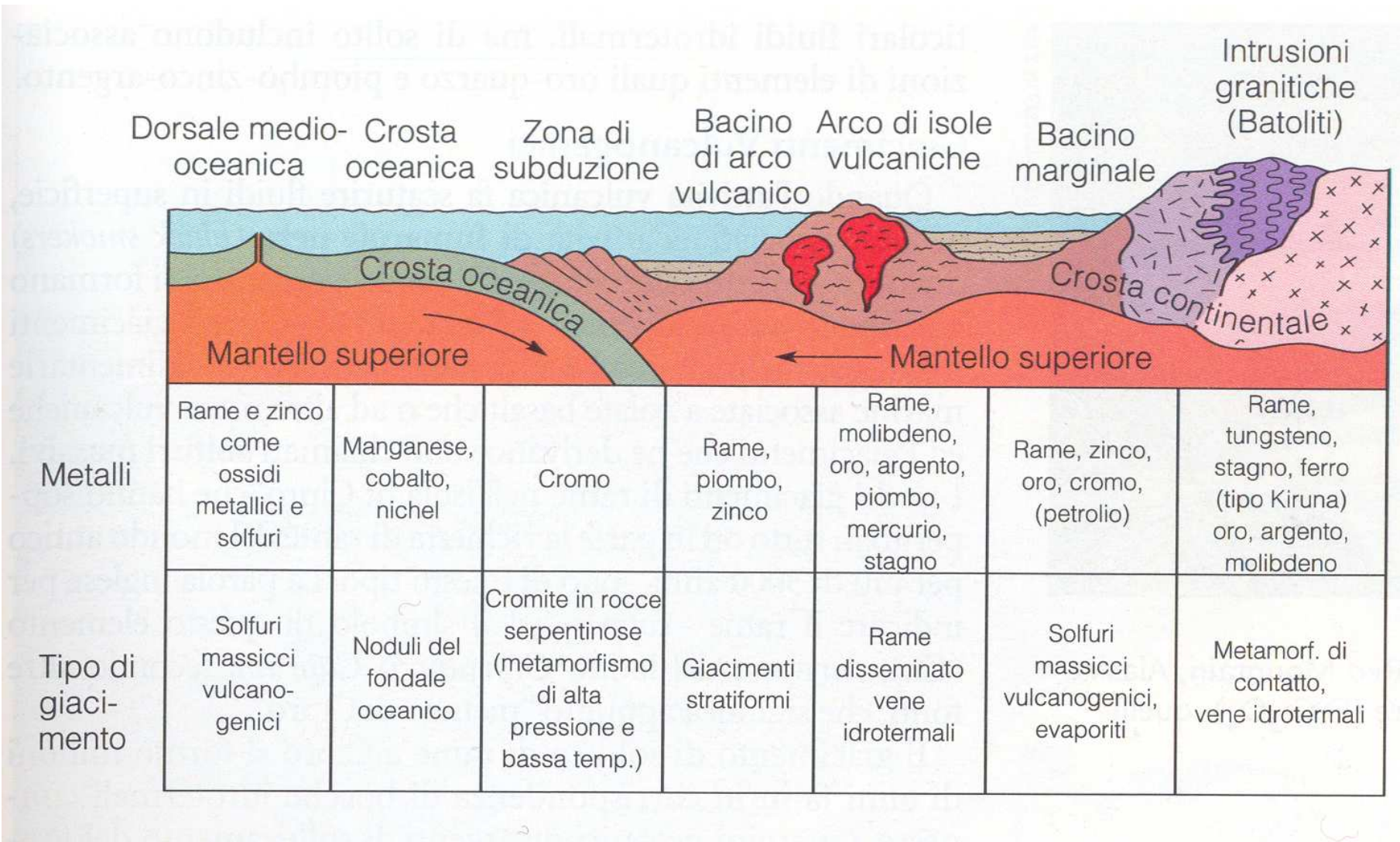


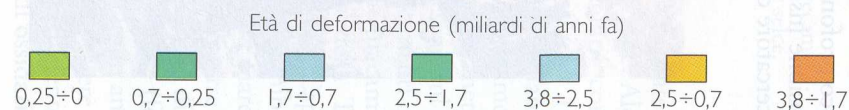
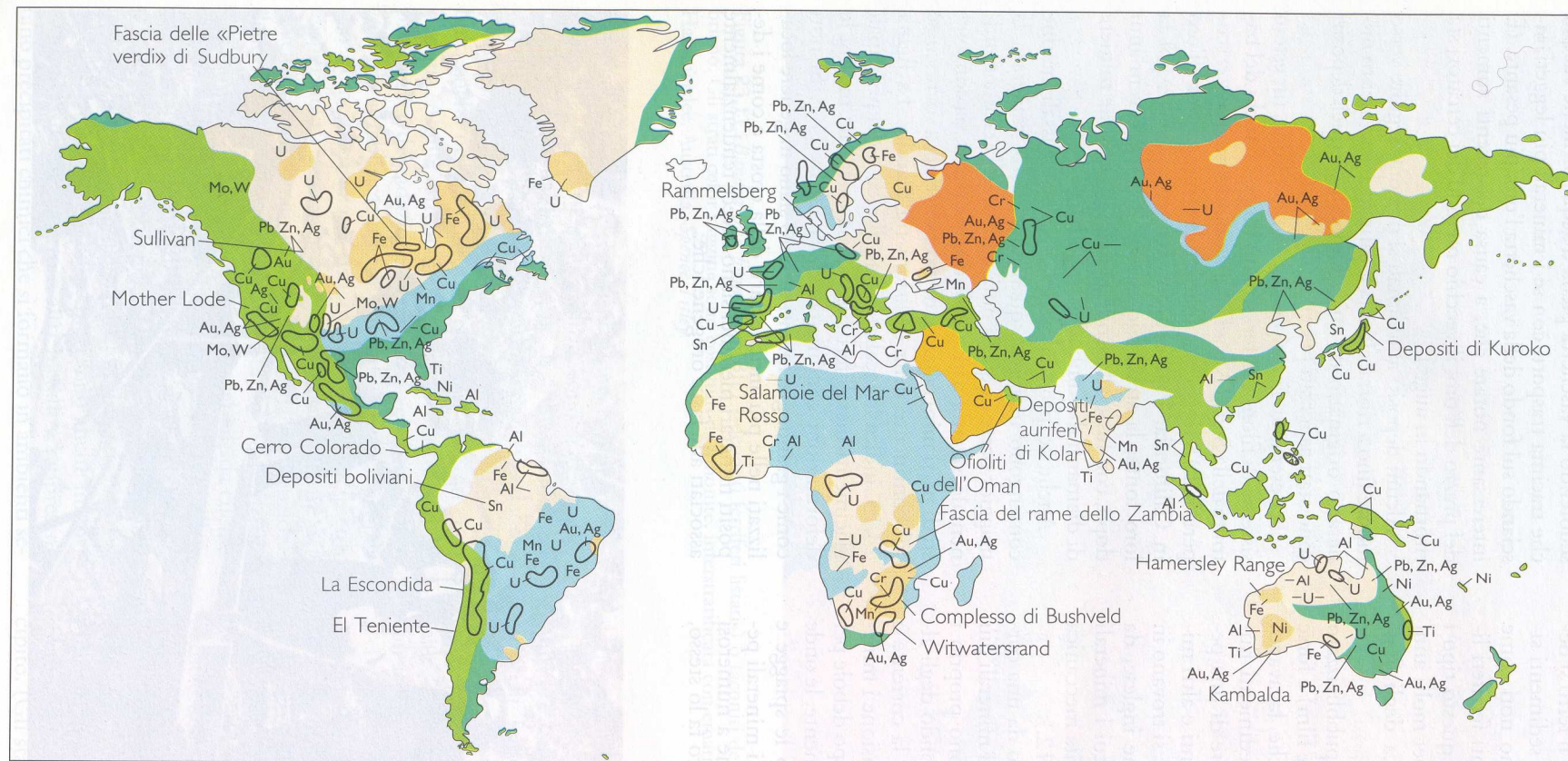
► FIGURA 13.13 Sviluppo di giacimenti per arricchimento secondario. L'acqua sotterranea, scorrendo, ossida e scioglie i solfuri solubili trasportandoli in profondità e lasciando un leposito residuale di limonite ed ematite dai colori brillanti. Al di sotto del livello di falda nuovi minerali metallici si concentrano per precipitazione in giacimenti secondari.



***TABELLA 13.4** Classificazione genetica dei giacimenti minerari

Tipo genetico	Esempi di Minerali formati	Luogo
Processi ignei		
Pegmatite	tormalina berillo	Contea di Oxford, Maine; Contea di San Diego, California; Miniere Gerais, Brasile.
Cristallizzazione frazionata	cromite, magnetite, platino	Complesso di Bushveld, Sud Africa.
Disseminati	rame e molibdeno disseminati diamanti	Versante occidentale del Nord e Sud America; Africa, Canada e Australia.
Idrotermale	vene di quarzo e oro, giacimenti di piombo e zinco in rocce carbonatiche	Catena di Mother Lode, California Valle del Mississippi; Leadville, Colorado.
Vulcanico	giacimenti massivi di solfato di rame	Catena di Wrangell, Alaska
Processi sedimentari		
Precipitazione chimica in bassi fondali marini	Formazione di bande di ferro	Regione del Lago Superiore
Evaporiti marine	Sali di potassio	Carlsbad, Nuovo Messico
Evaporiti non marine	Carbonati e minerali di borace	Lago Searles, Trona, California
Precipitazione nei fondali oceanici	Noduli di ferro e manganese	Fondali oceanici di tutto il mondo
Depositi alluvionali	Oro	Territorio dello Yukon, Canada
Processi di alterazione		
Alterazione lateritica	Bauxite	Weipa, Australia; Giamaica.
Arricchimento secondario	Minerali di rame	Miami, Arizona
Processi metamorfici		
Metamorfismo da contatto	Tungsteno e minerali di molibdeno	Versante orientale della Sierra Nevada, California
Metamorfismo regionale	Asbesto	Québec, Canada





Elementi			
Cu	Rame	Ni	Nichel
Fe	Ferro	Mn	Manganese
Au, Ag	Oro e argento	Al	Alluminio
Pb, Zn, Ag	Piombo, zinco e argento	Ti	Titanio
Mo, W	Molibdeno e tungsteno	Sn	Stagno
Cr	Cromo	U	Uranio

Figura 23.13. Localizzazioni dei principali corpi minerali metalliferi sui continenti. Il ferro è concentrato principalmente nei terreni del Precambriano. Si noti anche l'associazione dei giacimenti minerali con le fasce orogenetiche. Alcuni noti corpi minerali sono identificati con il nome. (Tratto da: G. Brimhall, *The Genesis of Ore*, «Scientific American», maggio 1991, p. 84; basato su una carta di B. Clark Burchfiel).



◆ FIGURA 13.7 La miniera di Bingham Canyon della Kennecott Corporation, situata a sud di Salt Lake City, Utah, è la più grande miniera a cielo aperto del mondo ed il più grande scavo artificiale. Nel 2002, lo scavo era profondo oltre 800 metri e largo all'incirca 4 chilometri.

Riserve minerarie

Metalliche

I minerali metallici sono raggruppati sulla base della loro relativa abbondanza nella crosta terrestre. Abbondanti sono ad esempio Al, Fe, Mg, Mn e Ti che hanno concentrazioni superiori allo 0.1 % in peso della crosta continentale. Rari sono quelli in cui le concentrazioni sono inferiori allo 0.1%.

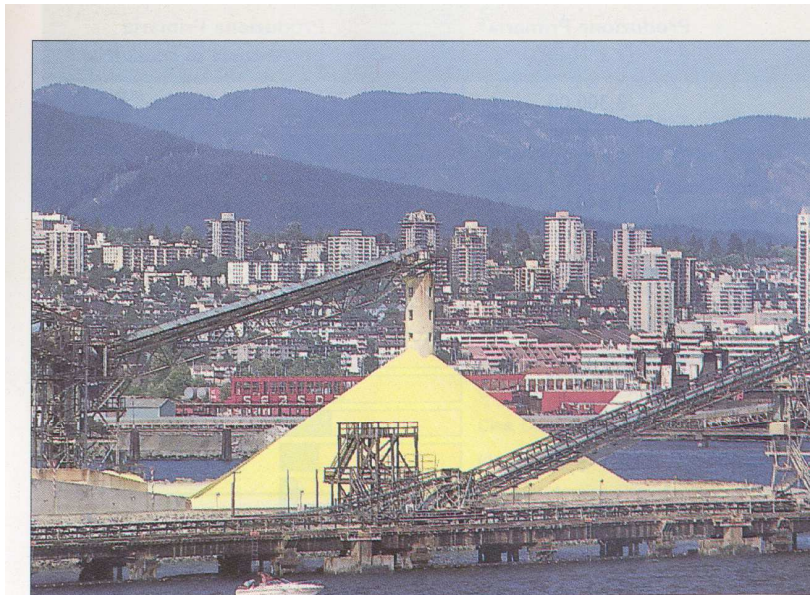
Non metalliche

Per convenzione i minerali non metallici sono suddivisi in tre gruppi basati sul loro utilizzo nell'industria, in agricoltura e nelle costruzioni.

Minerali industriali

Sono quelli che contengono elementi o composti utilizzati nell'industria chimica (zolfo e salgemma per es.) o materiali utilizzati nella fabbricazione di ceramiche e abrasivi come diamanti e corindone.

Lo zolfo viene ottenuto come sottoprodotto della raffinazione del petrolio, e dalla sommità di cupole di sale o diapiri dove è associato a gesso e anidrite. I diapiri salini hanno origine da livelli di evaporite compressi dagli strati sovrastanti. Il sale si mobilizza e forma una cupola che risale. Nella coltivazione viene pompata acqua surriscaldata che fonde lo zolfo.



◆ FIGURA 13.15 Zolfo pronto per l'imbarco a Vancouver (Columbia Britannica, Canada) per la spedizione in Asia. Lo zolfo ha origine dal gas naturale prodotto dai campi in Alberta. Lo zolfo in raffineria viene separato dal metano per ottenere un gas i cui residui di combustione siano in linea con gli standard ambientali di qualità dell'aria. Lo zolfo è un utile sottoprodotto di questo processo.

Minerali di uso agricolo

In pratica tutti i nitrati di impiego agricolo derivano dall'atmosfera, i fosfati e il potassio derivano invece dalla crosta.

Materiali da costruzione

Tra questi ci sono gli inerti (rocce frantumate, sabbia e ghiaia), l'argilla per mattoni, tegole e piastrelle e il gesso, principale componente per intonaco e leganti.

NB La quantità di inerti necessaria per la costruzione di una casa di 135 mq è notevole. Sono richiesti oltre 50 metri cubi di inerti ognuno dei quali consiste di 1.4 t di roccia frantumata e ghiaia e di 0.9 t di sabbia. Tutto questo ammonta a 114 t di materiale!