

Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria dell'Energia

« Paesi produttori, risorse, Processi di estrazione, trasformazione ed arricchimento dell'Uranio »

Tutor Universitario : prof. *Giuseppe Zollino*

Brando Bordignon 1226173



Indice

1. URANIO.....	2. ARRICCHIMENTO
1.1 Caratteri	2.1 Processo e Gradi di Arricchimento...
1.2 Isotopi.....	2.2 Diffusione gassosa.....
1.3 Applicazioni ed usi....	2.3 Centrifugazione gassosa.....
1.4 Storia.....	2.4 EMIS e AVLIS.....
	2.5 Siti dedicati
3. ESTRAZIONE.....	4. RISORSE, RISERVE, PRODUZIONE, DOMANDA
3.1 Aziende estrattive al mondo	4.1 Uranium 2020: Resources, Production and Demand..
3.2 Estrazione convenzionale.....	4.2 Risorse.....
3.2.1 Cava a cielo aperto.....	4.3 Produzione e Riserve.....
3.2.2 Cava sotterranea – Miniera.....	
3.3 Estrazione In Situ Leach Minig (Isl)..	
3.4 Cenni : Fonti di Uranio Alternative...	

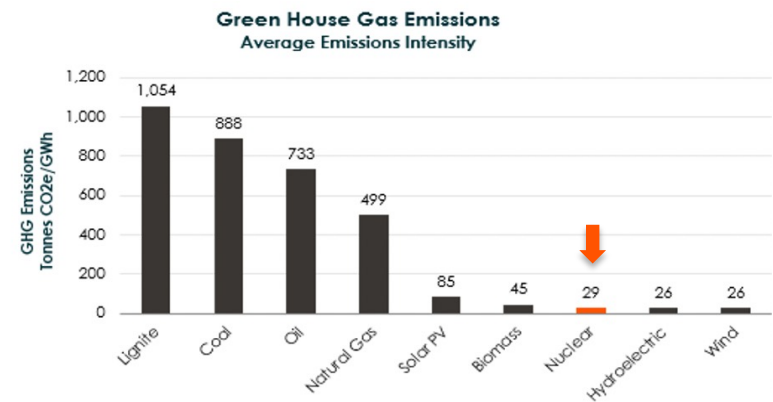
Sommario

In accordo con la International Energy Agency (IEA) , a livello globale l'energia nucleare dovrebbe raddoppiare entro il 2050, passando dai 413 GW di potenza attuali a 812 GW .

Il nucleare svolgerebbe importanti funzioni per la rete elettrica (specialmente se dominata dalle rinnovabili), garantendone *flessibilità, programmabilità e adeguamento* .

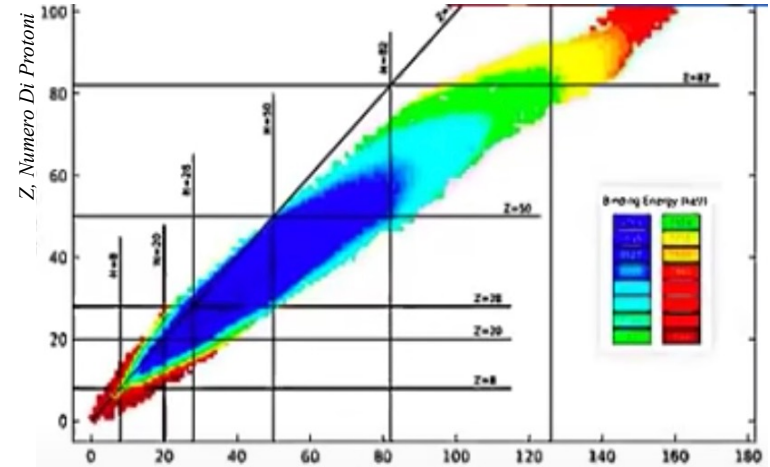
L'*Uranio* è la fonte primaria che consente alle centrali di generare elettricità. Si prevede quindi, in concordo con un aumento di energia elettrica da fonti nucleari, un aumento della richiesta di uranio.

Fuel Type	Heat Values in MJ/Kg (Unless otherwise mentioned)
Brown coal (lignite)	10
Firewood (dry)	16
Black coal (low quality)	13-23
Black coal (hard)	24-30
Natural Gas	38 (MJ/m ³)
Crude Oil	45-46
Natural uranium, in LWR (normal reactor)	500,000
→ Uranium enriched to 3.5%, in LWR	3,900,000



Uranio

1 1,008 H Idrogeno																	2 4,003 He Elio
3 6,941 Li Litio	4 9,012 Be Berillio											5 10,81 B Boro	6 12,01 C Carbonio	7 14,01 N Azoto	8 16,00 O Ossigeno	9 19,00 F Fluoro	10 20,18 Ne Neon
11 22,99 Na Sodio	12 24,31 Mg Magnesio											13 26,98 Al Alluminio	14 28,09 Si Silicio	15 30,97 P Fosforo	16 32,07 S Zolfo	17 35,45 Cl Cloro	18 39,95 Ar Argon
19 39,10 K Potassio	20 40,08 Ca Calcio	21 44,96 Sc Scandio	22 47,87 Ti Titanio	23 50,94 V Vanadio	24 52,00 Cr Cromo	25 54,94 Mn Manganese	26 55,85 Fe Ferro	27 58,93 Co Cobalto	28 58,69 Ni Nichel	29 63,55 Cu Rame	30 65,37 Zn Zinco	31 69,72 Ga Gallio	32 72,64 Ge Germanio	33 74,92 As Arsenico	34 78,96 Se Selenio	35 79,91 Br Bromo	36 83,80 Kr Kriptone
37 85,47 Rb Rubidio	38 87,62 Sr Stronzio	39 88,91 Y Ittrio	40 91,22 Zr Zirconio	41 92,91 Nb Niobio	42 95,94 Mo Molibdeno	43 98,91 Tc Tecnecio	44 101,1 Ru Rutenio	45 101,07 Rh Rodio	46 106,4 Pd Palladio	47 106,9 Ag Argento	48 112,4 Cd Cadmio	49 114,8 In Indio	50 118,7 Sn Stagno	51 121,8 Sb Antimonio	52 127,6 Te Tellurio	53 126,9 I Iodio	54 131,3 Xe Xenone
55 132,9 Cs Cesio	56 137,3 Ba Bario	57 138,9 La Lantanio	58 175,0 Hf Hafnio	59 180,9 Ta Tantalio	60 186,2 W Wolframio	61 188,9 Re Renio	62 186,2 Os Osmio	63 190,2 Ir Iridio	64 197,0 Pt Platino	65 197,0 Au Oro	66 200,6 Hg Mercurio	67 204,4 Tl Tallio	68 207,2 Pb Piombo	69 208,9 Bi Bismuto	70 208,9 Po Polonio	71 209,0 At Astatina	72 222,0 Rn Radone
87 223,0 Fr Francio	88 226,0 Ra Radio	89 227,0 Ac Attinio	90 232,0 Th Torio	91 231,0 Pa Protattinio	92 238,0 U Uranio	93 237,0 Np Neptunio	94 244,0 Pu Plutonio	95 243,0 Am Americio	96 247,0 Cm Curio	97 247,0 Bk Berkelio	98 251,0 Cf Californio	99 252,0 Es Einsteinio	100 257,0 Fm Fermio	101 261,0 Md Mendelevio	102 269,0 No Nobelio	103 278,0 Lr Lawrencio	104 287,0 Og Oganesson



N, Numero Di Neutroni

L'uranio è un metallo bianco argenteo, tossico e radioattivo e presente in natura sempre e soltanto sotto forma di ossido in vari minerali (tra cui il più famoso è la cosiddetta *pechblenda* o *uraninite*).

- i. Biossido di uranio anche detto ossido di uranio, formula UO_2 (*uraninite*)
- ii. Triossido di uranio UO_3
- iii. Octaossido di triuranio, formula U_3O_8 (*Yellow-Cake*)



Uraninite o Pechblenda [UO_2]



Yellow-Cake [U_3O_8]

FONTE : The Chemical Book

Isotopi - Arricchimento

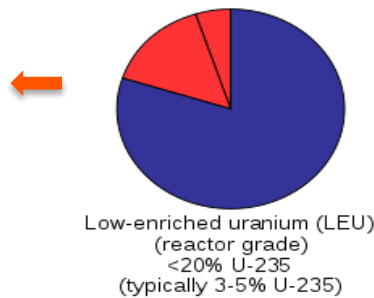
L'uranio naturale è composto da una miscela di tre isotopi:

- $U-238$ presente in percentuale variabile tra 99,2739-99,2752%
- $U-235$ presente in percentuale variabile tra 0,7198-0,7202%
- $U-234$ presente in percentuale variabile tra 0,0050-0,0059%

Per ottenere la configurazione adeguata al fine di produrre reazioni di fissione e mantenere l'integrità della reazione a catena, occorre che il titolo di $U-235$ non sia pari a quello naturale, corrispondente allo 0.7%, ma che sia portato **almeno al 3,5%**

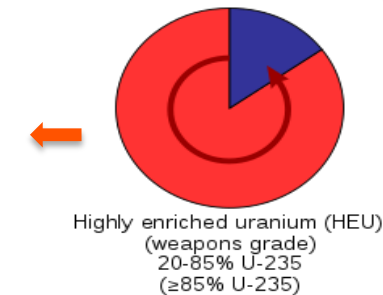
LEU

Impiegato nella maggior parte dei reattori nucleari



HEU

Impiegato in reattori di sommergibili nucleari e per >85% in armi



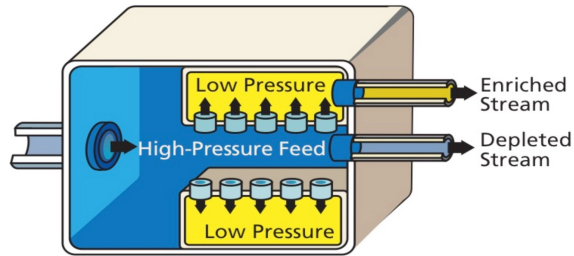
FISSILE ; FERTILE



Arricchimento - Metodi

Supply source:	2000	2010	2015	projected 2020
Diffusion	50%	25%	0	0
Centrifuge	40%	65%	100%	93%
Laser	0	0	0	3%

Diffusione Gassosa



Il gas esafluoruro di uranio UF_6 viene forzato e fatto passare attraverso membrane porose semimpermeabili sfruttando la piccola differenza di massa tra U-238 e U-235

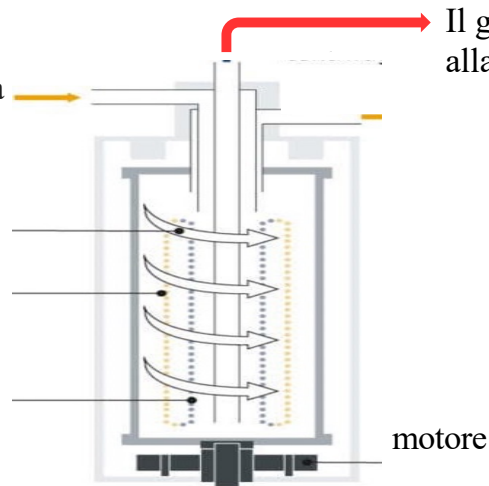
Centrifugazione Gassosa

UF_6 viene introdotto nella centrifuga

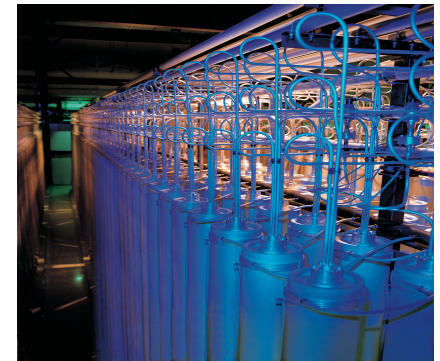
le molecole vengono separate

U-238 viene spinto all'esterno

U-235 viene raccolto al centro



Il gas arricchito in U-235 passa alla prossima centrifuga



Estrazione - Metodi

TIPOLOGIA	%
Convenzionale	29%
In Situ Leach (ISL)	66%
Co-prodotto	5%

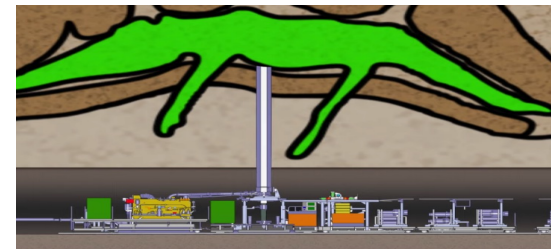
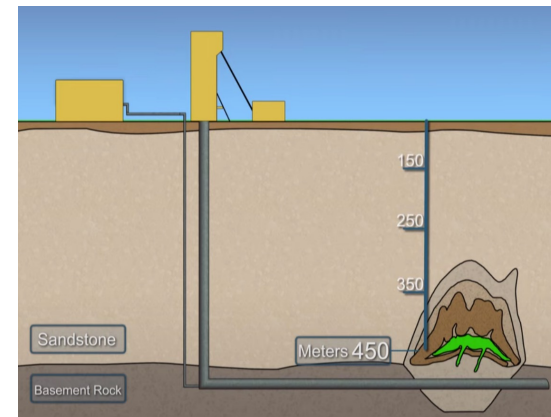
Cava a cielo aperto

Miniera sotterranea

Cava a cielo aperto



Miniera – Jet Boring System

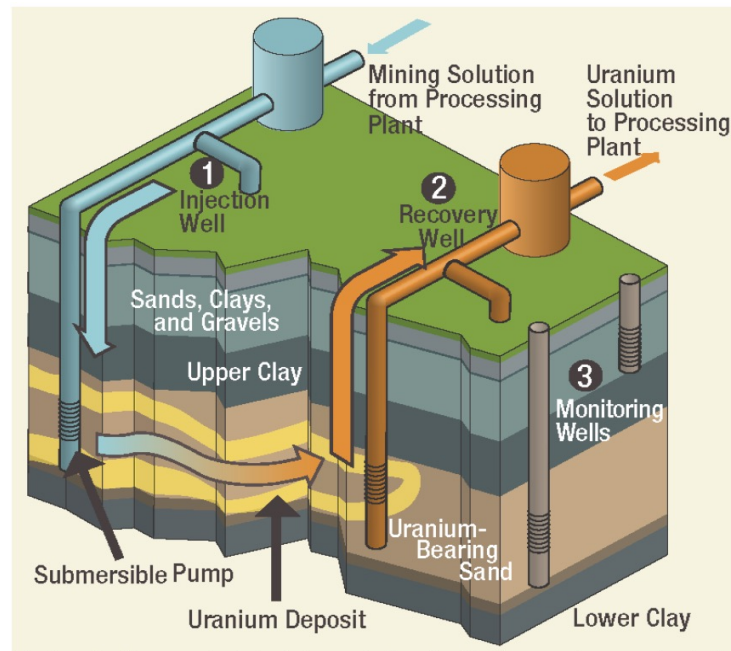


FONTI : Swakop Uranium ; Rössing Uranium ; Cigar Lake Mine

Estrazione - Metodi

In Situ Leach Mining - ISL

- la lisciviazione in situ «sul posto», consiste nel lasciare la roccia dove si trova (no estrazione meccanica) e recuperare da essa i minerali ricchi in uranio
- i maggiori utilizzatori di questa tecnica di estrazione sono Kazakhstan, Australia, Cina e Russia
- è visto come il modo di estrazione più conveniente ed ecologicamente accettabile.



Fonti alternative

Estrazione Marina



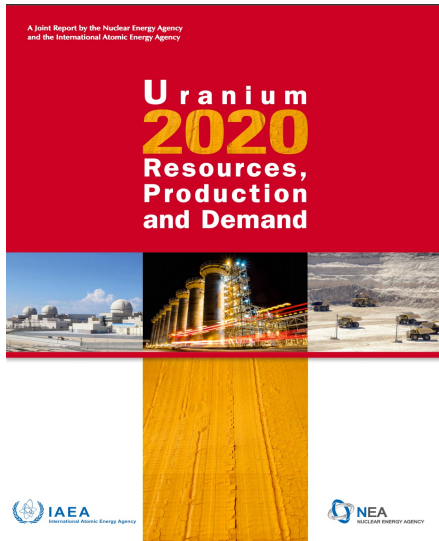
Riciclo delle scorie – Reattore BN-800



Smantellamento delle Testate Nucleari

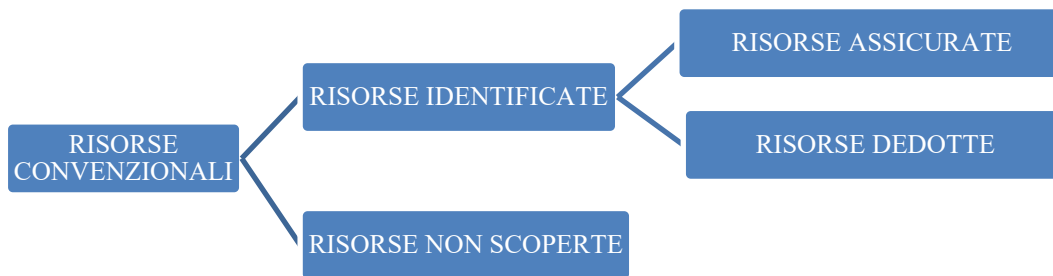


Red Book 2020 - Risorse



“Uranium Resources, Production and Demand”, conosciuto anche con il nome di **"Red Book"**, è una pubblicazione biennale prodotta congiuntamente da NEA e IAEA .

Il rapporto fa una review completa e aggiornata delle risorse mondiali di uranio grazie ai dati riguardanti l’esplorazione globale, le risorse, la produzione e la domanda



FONTE : Red Book 2020



Red Book 2020 - Distribuzione

Riserve

1. **Australia** , 1.692.700 tonnellate di uranio pari al 28% delle riserve mondiali.
2. **Kazakistan**, 906.800 tonnellate di uranio pari al 15% delle riserve mondiali.
3. **Canada**, 564.900 tonnellate di uranio pari al 9% delle riserve mondiali.
4. **Russia**, 486.000 tonnellate pari all'8% delle riserve mondiali.
5. **Namibia**, 448.300 tonnellate pari al 7% delle riserve mondiali.

Produzione mondiale di uranio, 2016-2020

	Production				
	2016	2017	2018	2019	2020
1. Kazakhstan	24,689	23,321	21,705	22,808	19,477
2. Australia	6,315	5,882	6,517	6,613	6,203
3. Namibia	3,654	4,224	5,524	5,476	5,413
4. Canada*	14,039	13,116	7,001	6,938	3,885
5. Uzbekistan**	3,325	3,400	3,450	3,500	3,500
Niger	3,479	3,448	2,911	2,983	2,991
Russia	3,005	2,917	2,904	2,911	2,846
China***	1,616	1,692	1,885	1,885	1,885
Ukraine	808	707	790	800	744
India***	385	423	423	308	400
South Africa	490	308	346	346	250
USA	1,125	960	582	58	6
Others	277	116	116	116	131
Total	63,207	60,514	54,154	54,742	47,731

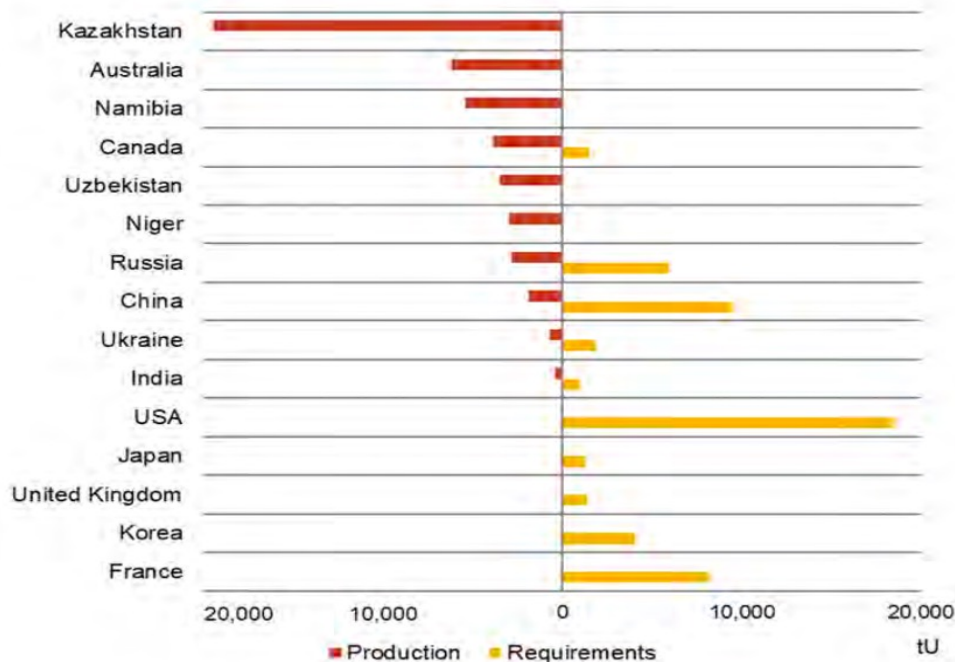
Elenco dei cinque maggiori paesi produttori al mondo.

Da notare che l'ordine non coincide con chi ne detiene il maggior quantitativo in termini di riserve.

Le risorse convenzionali rapportate al fabbisogno di uranio di circa 50.000 tU sono sufficienti per oltre 135 anni al tasso di utilizzazione odierno (r/p) .

Red Book 2020 – Domanda e Offerta

Produzione e Requisiti di uranio a confronto per i principali paesi (2020)



La distribuzione geopolitica delle risorse uranifere e della produzione riduce significativamente il rischio di perturbazioni violente come quelle possibili nel caso di petrolio e gas, assicurando i rifornimenti di uranio e la costanza del prezzo anche nel caso di futuri conflitti tra le superpotenze mondiali.