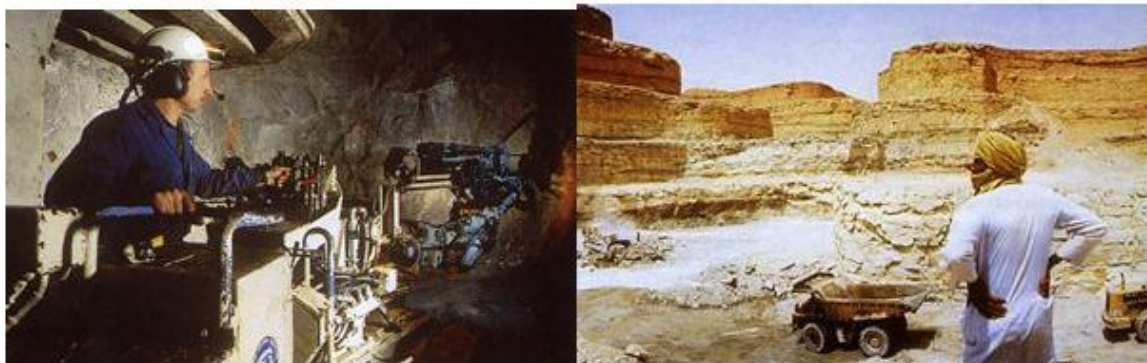


# Az uránérc bányászata

Az urán különböző koncentrációban ugyan, de a világ minden pontján megtalálható. A talajban az átlagos koncentráció 3-5 gramm/tonna, és a tengerek és óceánok vizének minden köbméterében is található kb. 5 mg urán. A Földön vannak olyan helyek, ahol a koncentráció ennél az átlagos értéknél sokkal magasabb. Az uránérc kitermelése a földkéregből általában akkor kifizetődő, ha az uránkoncentráció a 0,5-5 g/kg értéket eléri.

Az uránércet kétféleképpen is lehet bányászni: mélyműveléssel (leásnak a földbe és kiépítenek egy 'barlangrendszer'), vagy ha az uránban gazdag kőzet közel van a felszínhez, külszíni fejtéssel (ilyenkor az érctelephez úgy jutnak el, hogy egyszerűen 'elhordják' a talajt az érctelep fölül).



Mélyművelésű és külszíni bánya

A kibányászott urántartalmú kőzetet speciális 'malmokban' porrá őrlik, majd kénsavban feloldják, hogy kinyerhessék belőle az uránt. Először leszűrik a kőzet anyagát, majd az oldatból urán-oxid ( $U_3O_8$ ) formájában csapátják ki az uránt. Ez az  $U_3O_8$  sárgás színű por, amit pogácsákká sajtolnak (ezt hívják a szakzsargonban sárga pornak vagy sárga pogácsának (yellow cake)).



A sárga por készítése

Az uránbányászat nem ér véget az érctelepek kimerülésével. A környezetet vissza kell állítani a bányászat előtti viszonyoknak megfelelően: ezt hívják rekultivációnak. A felső képen egy működő felszíni bánya látható, az alsón ugyanaz a terület, a bánya végleges bezárása után.



Bányászat és rekultiváció

Magyarországon a Mecsekben, Kővágószőlősen bányásztak uránércet, amelyből helyben el is készítették a 'sárga pogácsát'. Ezt szállították ki az akkori Szovjetunióba, ahol a további lépések lezajlottak, egészen a fűtőelem legyártásáig. Ezt a bányát 1997-ben bezárták: a bányászat nagyon nehéz földtani körülmények mellett, nagy mélységben és magas hőmérsékleten folyt, ráadásul több pénzbe került, mintha egy másik országtól vettünk volna uránércet.



Kővágószőlős, 1100 m-el a felszín alatt (forrás: Kisvasutak Baráti Köre)

# Konverzió

A dúsításhoz az uránt gáz halmazállapotú vegyületté kell alakítani: ez az uránium-hexafluorid ( $\text{UF}_6$ ). "Beceneve" hex, ami németül boszorkányt jelent. Technológiai szempontból nehezen kezelhető anyag, mégis célszerű ezt használni: a ma alkalmazott dúsítási eljárások során olyan gázra van szükség, amelynek molekulatömege csak a molekulában lévő uránatom tömegétől függ. Ezért esett a választás a fluorra: annak csak egyféle izotópja létezik a természetben, így a hex csupán kétféle molekula keveréke: az egyik moláris tömege 349 g/mol ( $^{235}\text{U}+6\cdot^{19}\text{F}$ , tömege:  $235+6\cdot 19=349$ ), míg a másiké 352 g/mol,  $^{238}\text{U}+6\cdot^{19}\text{F}$ , tömege:  $238+6\cdot 19=352$ ).



UF6 tartály egy dúsítóműben

# Izotópdúsítás

A természetes urán túlnyomórészt  $^{238}\text{U}$ -ból áll, és csak 0,72%-a a termikus neutronokkal "hasítható"  $^{235}\text{U}$ . Ezzel az izotópösszetétellel csak nehézvíz- vagy grafitmoderátor alkalmazásával valósítható meg az önfenntartó láncreakció: a könnyűvízben lévő hidrogén túl sok neutronot nyel el. A megoldás az izotópdúsítás: meg kell növelni a 235-ös uránatomok részarányát a 238-as "rovására".

A legelterjedtebb, könnyűvíz moderátoros atomerőművek üzemanyaga enyhén dúsított (2-4 %  $^{235}\text{U}$ ) uránt tartalmaz. Az izotópdúsításra több módszert is kifejlesztettek, a két legelterjedtebb a gázdifúziós és a gázcentrifugás eljárás. Közös jellemzőjük, hogy uránium-hexafluoridot használnak fel, és az uránizotópok közötti tömegkülönbséget használják ki. Mivel ezekkel a módszerekkel kis hatékonysággal választhatóak szét az izotópok (a relatíve kicsi, 0,86%-os tömegkülönbség miatt), ezért kaskád rendszerben több egységet kapcsolnak egymás után.





Dúsitómű madártávlatból

## Fűtőelemgyártás

A szükséges mértékben feldúsított uránt tartalmazó urán-hexafluoridot sorozatos lépések útján urán-dioxiddá alakítják, amit egy szinterezésnek hívott porkohászati eljárással pasztillákká préselnek. Ezeket a pasztillákat üzemanyagpálcákba töltik, a pálcákat pedig kazettákba szerelik.

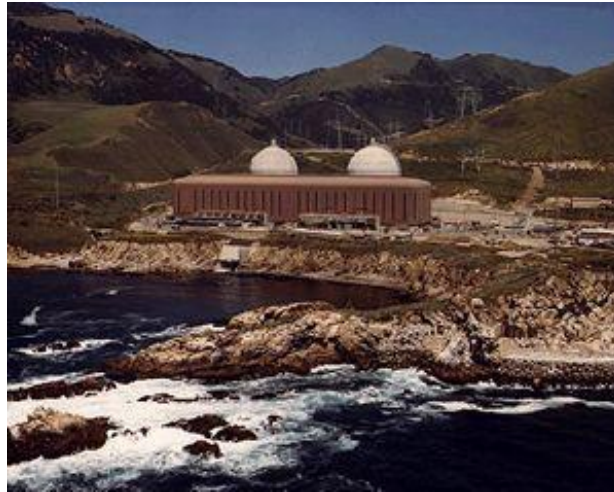




Hatszögletű paksi kötegek fejrésze

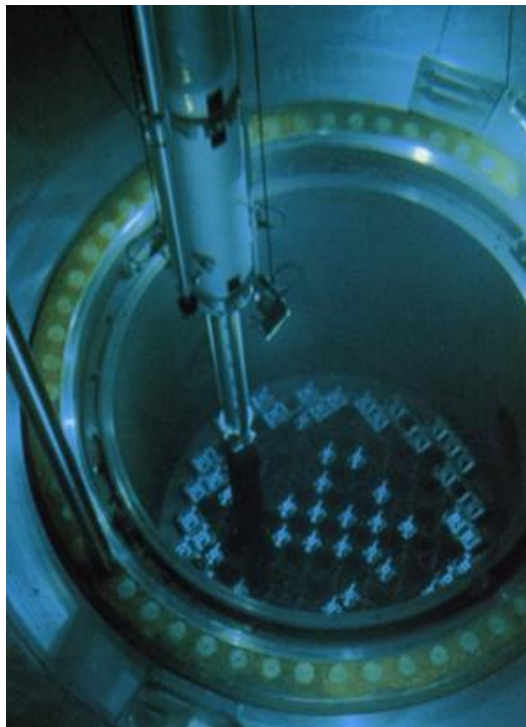
# Atomerőművi felhasználás

A fűtőelem-kötegekből épül fel a reaktor aktív zónája, az a néhány köbméternyi térrész, ahol a láncreakció zajlik. A maghasadáskor felszabaduló energia nagyrészt hővé alakul. Ennek a hőnek egy részét alakítja át az atomerőmű villamos energiává.



A Diablo Canyon atomerőmű a Csendes-óceán partján (Kalifornia, Egyesült Államok)

A fűtőelem néhány (3-4) év alatt "kiég": hasadóanyag-tartalma lecsökken, és felszaporodnak benne a különböző magreakciók során keletkező hasadási termékek és transzurán magok. Ezért meghatározott időnként "át kell rakni" a zónát: ilyenkor veszik ki a kiégett, és teszik be a friss üzemanyagot.



Zónaátrakás