

ATOMERŐMŰVI ÜZEMANYAGFORRÁSOK RENDELKEZÉSRE ÁLLÁSA

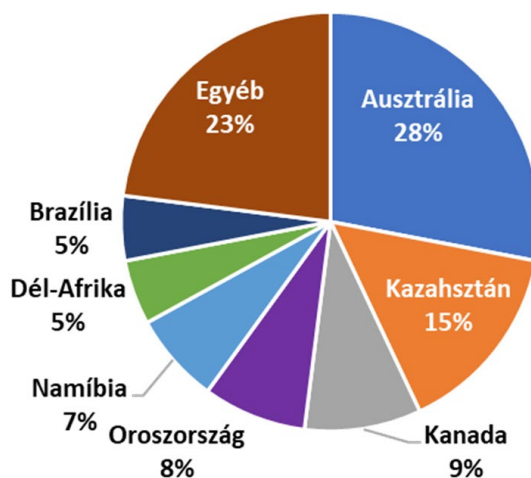
Feierabend Izabella, Győrfi László Krisztián, Dr. Hugyecz Attila – 2021. február 18.

2020 végén megjelent az ún. Red Book, mely a bécsi székhelyű Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ) és a párizsi Atomenergia Ügynökség (NEA) 1965 óta kétéves rendszerességgel elkészített, elsősorban az urán piacáról szóló jelentése¹. Jelen anyagunkban elsősorban erre támaszkodva azt járjuk körül, az atomerőművek üzemanyagának fő eleme, az urán a jelenlegi elképzelések szerint mennyi ideig áll rendelkezésre. Mindemellett röviden kitérünk a potenciális jövőbeni atomerőművi üzemanyagforrásra, a tóriumra is.

A NAÜ és a NEA legfrissebb anyaga szerint **az ismert uránkészletek** (identified resources) **mennyisége 8 millió tonna**, ez a megbízhatóan megkutatott készleteket² és az ilyen kutatások alapján megalapozottan feltételezett készleteket foglalja magában³. (A nagyságrendek érzékeltetésére már itt leírjuk, hogy az éves uránigény 59 ezer tonna.)

Az ismert (műszaki értelemben kitermelhetőnek minősített) készletek országok szerinti megoszlását az első ábra mutatja. **Az uránkészletek többsége politikailag stabil országokban található. Jelentős készletekkel rendelkezik Ausztrália, Kazahsztán, Kanada, Oroszország, Namíbia, Brazília és Dél-Afrika is.**

Ismert uránkészletek országok szerinti megoszlásban



1. ábra: Az ismert uránkészletek országok szerinti megoszlásban

A legjelentősebb mennyiségű **megbízhatóan megkutatott uránkészlettel Ausztrália, Kanada és Kazahsztán rendelkezik** (ld. a 2. ábrát).

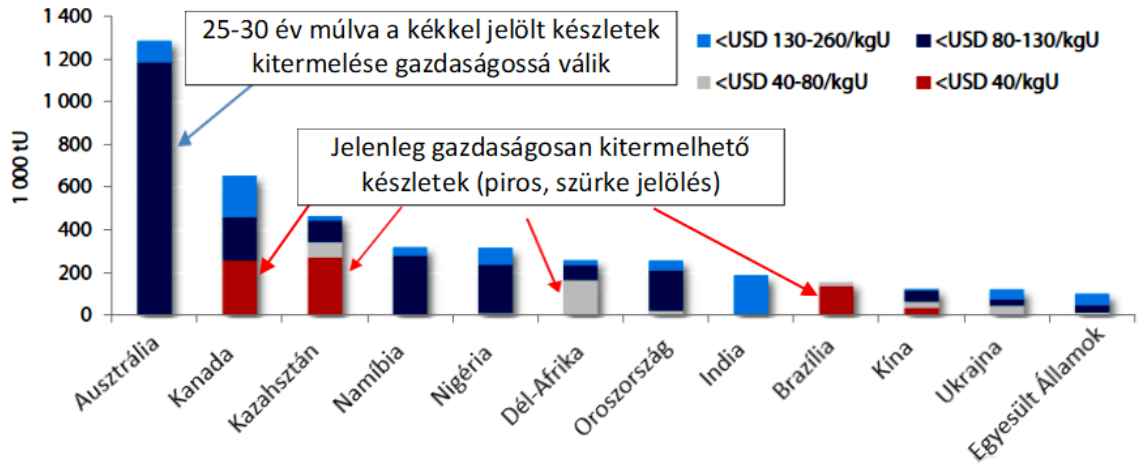
Közülük kiemelendő, hogy Kanadában és Kazahsztánban viszonylag nagy arányban találhatóak alacsony költségen (jelenleg gazdaságosan) kitermelhető készletek, míg Ausztrália nagymennyiségű magasabb költségkategóriába tartozó készlettel rendelkezik, így hosszú távon vélhetően urántermelő nagyhatalommá válik.

¹ OECD NEA & IAEA, Uranium 2020: Resources, Production and Demand ('Red Book'). Amennyiben anyagunkban más forrást használunk, azt külön feltüntetjük.

² Jelenleg az ismert uránkészletek 59%-a megbízhatóan megkutatott készlet.

³ Ezeket a készletkategóriákon felül értelmezzük az ún. becsült és a további spekulatív készleteket.

A megbízhatóan megkutatott készletek országokénti mennyisége kitermelési költség szerinti megoszlásban (1000 tonna urán)

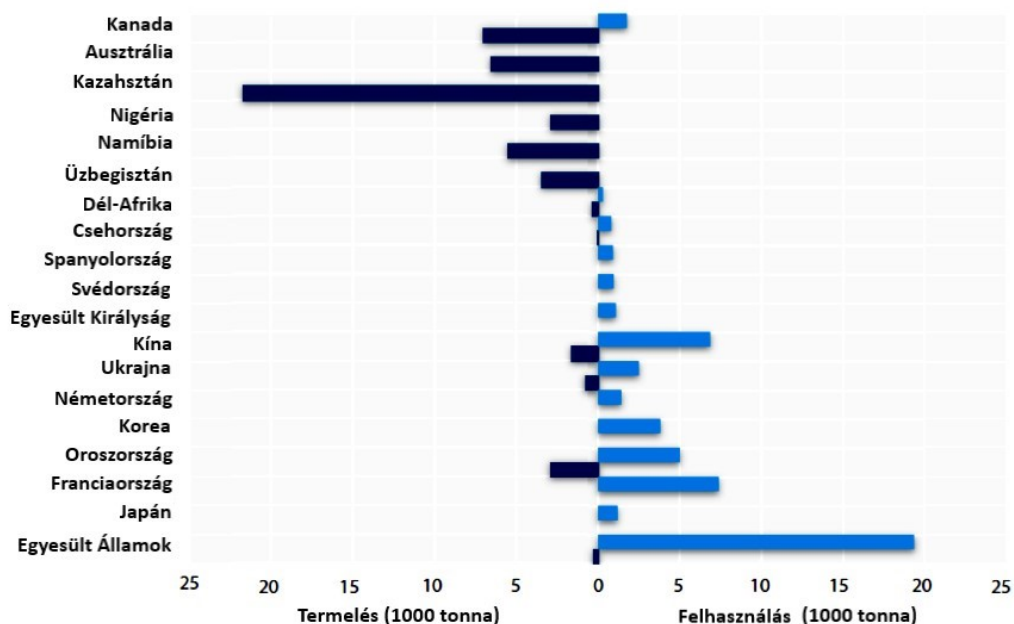


2. ábra: A megbízhatóan megkutatott készletek országokénti mennyisége kitermelési költség szerinti megoszlásban

Az ismert készleteken felül további, ún. becsült és spekulatív készleteket különböztetünk meg, ezek mennyisége 7,2 millió tonna, így a kínálat fokozatos emelkedésének ilyen jellegű akadályja nincs.

A világ legnagyobb uránkitermelő országa Kazahsztán, a legnagyobb fogyasztó pedig az Egyesült Államok, Franciaország és Kína (ld. a 3. ábrát). Egyes jelentős uránfelhasználó országok (Kína, Oroszország, Franciaország és Japán) saját határain kívül is foglalkozik urán kitermelésével. Kínának Namíbiában, Nigériában és Kazahsztánban vannak koncessziós érdekeltségei. A külföldi bányászati jogokat kínai részről a két legjelentősebb állami tulajdonú kínai uránkitermelő vállalat, a CNNC és a CGN tulajdonolja. 2018-ban a Rio Tinto bányavállalat namíbiai érdekeltségeinek (Rössing bánya) többsége is a kínai CNNC birtokába került, ezzel is erősítve a kínai jelenlétet a térségben. Az egyik legjelentősebb namíbiai bánya, a Husab már 2016 óta a kínai CGN tulajdona, az itteni kitermelés bővítésére jelentős beruházási összegeket szánt. **Oroszországnak a Roszatom-csoport**hoz tartozó, **Kanadában bejegyzett Uranium One Inc.** révén **Kazahsztánban, Namíbiában és Tanzániában** vannak érdekeltségei.

**Urántermelés és atomerőművi célú uránfelhasználás
a legfőbb termelő és fogyasztó országokban
(2019 -es adatok alapján)**



3. ábra: Az urántermelés és -felhasználás alakulása a legfőbb termelő és fogyasztó országokban

2019-ben a 10 legjelentősebb uránkitermelő vállalat biztosította az uránkitermelés 85%-át. A négy legnagyobb vállalat az urán termelésének 50%-át adta, ami csak mérsékelt piaci koncentrációt jelez.

Vállalat	Anyavállalat országa	Éves kitermelés	A világ termelésének százaléka
		U (tonna)	
Kazatomprom	Kazahsztán	12 229	22
Orano	Kanada	5 809	11
Cameco	Kanada	4 754	9
Uranium One	Oroszország	4 624	8
CNNC	Kína	3 961	7
CGN	Kína	3 871	7
Navoi Mining	Üzbegisztán	3 500	6
BHP	Ausztrália	3 364	6
ARMZ	Oroszország Rosatom csoport	2 904	5
Energy Asia	Szingapúr	2 122	4
General Atomics / Quasar	Ausztrália	1 764	3
Sopamin	Nigéria	1 032	2
Rio Tinto	Kína (CNNC lett a többségi tulajdonos)	1 016	2
VostGok	Ukrajna	801	1
Egyéb		3 001	5
Összesen		54 752	100

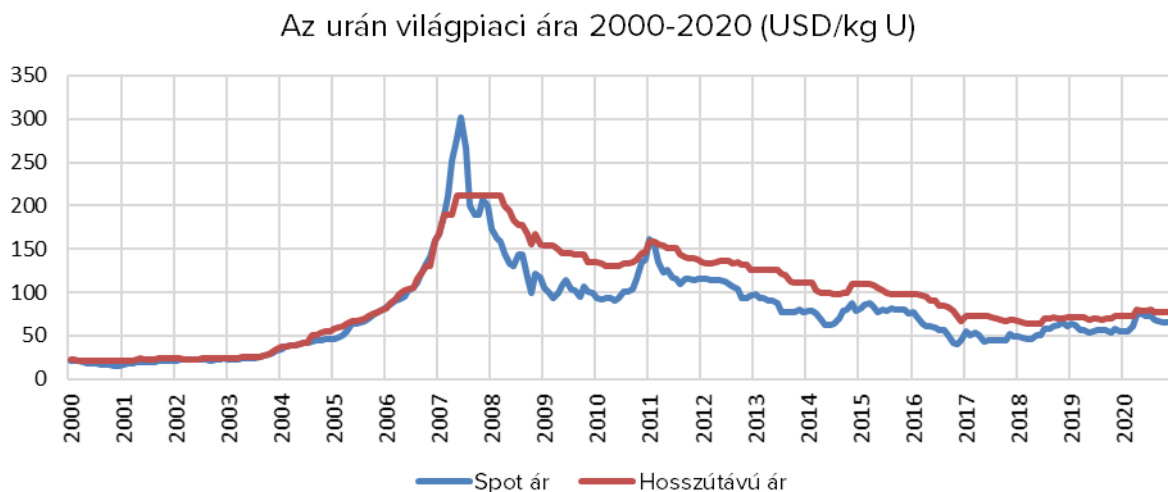
1. táblázat: A legfőbb uránkitermelő vállalatok 2019-ben, Forrás: World Nuclear Association

Fontos mindemellett megjegyezni, hogy uránt nem csak bányászat útján nyerhetünk. A növekvő globális atomerőművi üzemanyag-szükségletet az urán bányászatából származó forrásokon kívül (ezek az ún. elsődleges uránkészletek) az ún. másodlagos uránkészletek elégítik ki: ezek (1) a civil vagy katonai forrásból származó dúsított uránkészletek, (2) az atomreaktorok elhasznált fűtőanyagainak reprocesszálásával, valamint (3) katonai szektorból származó plutónium felhasználásával előállított készletek. Ezek szerepe egyáltalán nem elhanyagolható: az 1990-es évek elejétől kezdve mintegy 15 éven át az ilyen források elégítették ki a globális kereslet akár 30-40%-át.

További jövőbeni potenciális készletet jelentenek a nem konvencionális uránkészletek. Ezek a foszfátból, a fekete palából, vagy a tengervízből kinyerhető készletek, melyek mennyisége 39 millió tonna körülire tehető. Kinyerésük még várat magára, ezzel kapcsolatban jelentős kutatás-fejlesztési tevékenységek vannak folyamatban.

Csupán az ún. ismert készletekkel számolva (8 millió tonna) kijelenthető, hogy a jelenlegi, évi 59 200 tonna fogyasztás mellett az uránkészletek 135 évre elegendőek. A NAÜ/NEA közös jelentése kimondja azt is: **elegendő uránkészlet áll rendelkezésre még ahhoz is, hogy még a legagresszívabb scenárió szerinti nukleáris kapacitásbővítést is ki lehessen szolgálni.** A jelenleg ismert készletek 50%-os beépített nukleáris kapacitás-növekedés esetén is még 90 évre elegendőek.

Bár az atomerőművek költségei között az urán igen kis részarányt (néhány százalékot) képvisel, érdemes egy rövid pillantást vetni az árak alakulására is. Az árakat az elmúlt években nyomás alatt tartotta, hogy a bányák bőséges kihasználatlan kapacitással rendelkeznek. 2013 óta az urán spot világszpiaci ára 100 \$/kg U ár alatt maradt, 2016 óta pedig a hosszú távú árak sem emelkedtek 100 \$ fölé.



4. ábra Az urán világszpiaci ára (spot ár és hosszú távú szerződéses ár) 2000-2020
Forrás: Cameco adatok, UxC, TradeTech

Tórium, mint potenciális üzemanyagforrás

A tórium az atomreaktorokban történő felhasználás szempontjából az urán közeli helyettesítőjének tekinthető. A Földön a 80\$/kg alatti költség mellett kitermelhető 2 millió tonna uránnal szemben jóval nagyobb mennyiségű, 6,2 millió tonna tórium áll rendelkezésre.

Termikus reaktorokban a tórium közvetlenül nem használható fel üzemanyagként (csak 1 MeV fölötti energiájú gyorsneutron hasítja), **viszont neutronbefogással (közvetve) ^{233}U -ná képes alakulni.** Ez már termikus reaktorban is hasadásra képes, melynek során a ^{235}U hasadása során felszabaduló energiához hasonló mennyiségű energia szabadul fel (≈ 200 MeV).

A hasadóanyaggá történő átalakuláshoz neutronra van szükség, ennek forrása lehet ^{233}U , ^{235}U , vagy ^{239}Pu . A tórium alapú üzemanyagok különlegessége, hogy általuk lehetővé válhat, hogy termikus tartományban lévő neutronokkal (vagyis termikus reaktorokban) hasadóanyagot, ^{233}U -t termeljünk, sőt, az is, hogy tenyésztést érjünk el, vagyis, hogy több hasadóanyag termelődjön, mint amennyi a reaktorban elfogy.

Tóriumtartalmú üzemanyag (az ún. Th-Add) kutatóreaktorban történő, kutatási célú alkalmazását Norvégiában a Halden kísérleti reaktorban kezdték meg 2013-ban. 2018 óta már 3 alkalommal használtak Tórium-MOX üzemanyagot is, a kutatások e téren tovább folytatódnak. A kutatók jelenleg a hatóság jóváhagyására várnak ahhoz, hogy a Th-Add üzemanyag kereskedelmi célú felhasználása is megvalósulhasson.

India rendkívül jelentős tóriumkészlettel rendelkezik (kb. 800 000 tonna földtani vagyon). Kísérletek folynak nehézvízes szaporító reaktorban tóriumtartalmú üzemanyag alkalmazására, sőt, a technológia fejlesztése láthatóan jól halad: a demonstrációs reaktor üzembe helyezése 2021 végére várható.

Amennyiben a technológia fejlődésével a termikus reaktorokban tórium alapú üzemanyag felhasználása is költséghatékonyá és elterjedté válik, még akár évszázadokig is elegendő lehet az üzemanyag az atomerőművek üzemeltetéséhez.