

# MI LESZ VELED KIÉGETT ÜZEMANYAG?

2021. 02. 25.

## BEVEZETÉS

Az Energetikai Szakkollégium Bátor Béla emlékfélévének első előadása az online térben, a Szakkollégium Twitch csatornáján ([twitch.tv/eszkorg](https://www.twitch.tv/eszkorg)) került megrendezésre, melynek címe a "Mi lesz veled kiégett üzemanyag?" volt. Az előadás során Dr. Fábíán Margit segítségével a nézők betekintést nyerhettek a nagyaktivitású hulladékok stabilizálásába, valamint a geológiai elhelyezésükbe, mind hazai, mind pedig nemzetközi szinten egyaránt.

Dr. Fábíán Margit 2003-ban szerezte meg mesterszakos diplomáját a Babes-Bolyai Tudományegyetemen, a Szervetlen és Fémorganikus Kémia program keretein belül. Még ebben az évben csatlakozott a Magyar Tudományos Akadémia, Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézetéhez, ahol kezdetben tudományos segédmunkatársi, sugárvédelmi megbízott, később pedig tudományos munkatársi pozíciót töltött be. Folytatva tanulmányait 2009-ben az ELTE Elméleti Kémiai Doktori Iskolában PhD fokozatot szerzett. 2016-tól az MTA Energiatudományi Kutatóközpont tudományos főmunkatársa, valamint 2017. februárjától az Energiatudományi Kutatóközpont, Radioaktív hulladékok és leszerelés Kutatócsoport csoportvezetőjeként tevékenykedik.

Az előadás 75 perces volt, amely után 15 perc állt a nézők rendelkezésére, hogy kérdéseiket feltehessék.

## ÁTTEKINTÉS

Magyarország energiaciklusát 47,95%-ban atomenergia fedezi (2019. 04 - 2020. 03. között rögzített adatok alapján). A nukleáris energia előnyeivel együtt azonban két fő problémakör bontakozik ki, melyek az erőművi sérülések, valamint az energia előállítás során keletkezett hulladékok biztonságos tárolása. A megfelelő tárolás lényege, hogy a környezetben lévő természeti és emberi életformákat, illetve tevékenységeket ne veszélyeztesse. Hulladékok a teljes ciklus során keletkeznek, azonban az üzemanyagciklus zárását követően kell jelentős mennyiségű hulladékkal számolni. Besorolásuk szerint háromféle csoportot különböztetünk meg: kis, közepes és nagy aktivitású hulladékokat. Keletkezésük során az összhulladék 90%-a kis, 7%-a közepes és mindössze 3%-a válik nagyaktivitású hulladékká, ugyanakkor a veszélyességi mutató szerint az utóbbi tárolása okoz nagy feladatot. Magyarországon a kiégett üzemanyag 3 különböző helyen keletkezik. A Paksi Atomerőmű 17 716 darab kiégett kazettával rendelkezik, ami körülbelül 2130 tonnának felel meg. A Budapesti Kutatóreaktor 642 kiégett kazettát, ami körülbelül 140 kilogramm, valamint a BME NTI Oktatóreaktor 32 kiégett, illetve besugárzott kazettát állított elő eddigi üzemelése során ami körülbelül 70 kilogramm. Ezzel együtt is Magyarország jelenleg a kis hulladékkategóriás országok közé tartozik. Ugyanakkor bármilyen kis mennyiségű nukleáris hulladék keletkezése során minden európai országnak rendelkeznie kell egy hulladék tárolási tervvel, hogy megfelelően és biztonságosan lehessen azt tárolni. Közös konszenzus eredményeként a különböző típusú hulladékokat különböző mélységű geológiai szinteken tárolják. A kisaktivitású hulladékokat a földfelszíntől

1

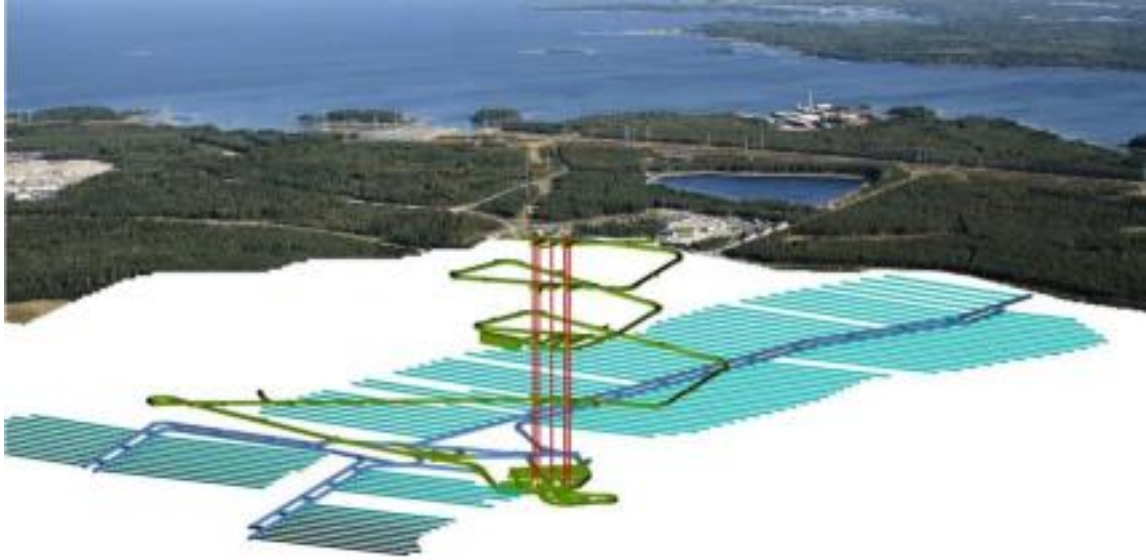
számítva -50 méterig, a közepes aktivitásúakat -50 és -100 méter között, a nagyaktivitásúakat pedig -300 és -600 méter között kell elhelyezni, hogy a biztonság megfelelő mértékű legyen. Ezt a biztonságot a keletkezett hulladékok becsült aktivitási ideje alapján számolják. Ezenkívül természetesen mind társadalmi mind pedig közigazgatási és egyéb tényezőket is figyelembe kell venni.



*1. ábra: Nemzeti Radioaktív Hulladéktároló*

Magyarországon a kis és közepes aktivitású hulladékok elhelyezésére jelenleg a Bataapáti Nemzeti Radioaktív hulladéktároló nyújt megoldást, melynek tervezett

befogadó térfogata 42768 m<sup>3</sup>. Hasonló hulladéktároló működik például Finnországban is 1998 óta, 110-120 m mélyen.



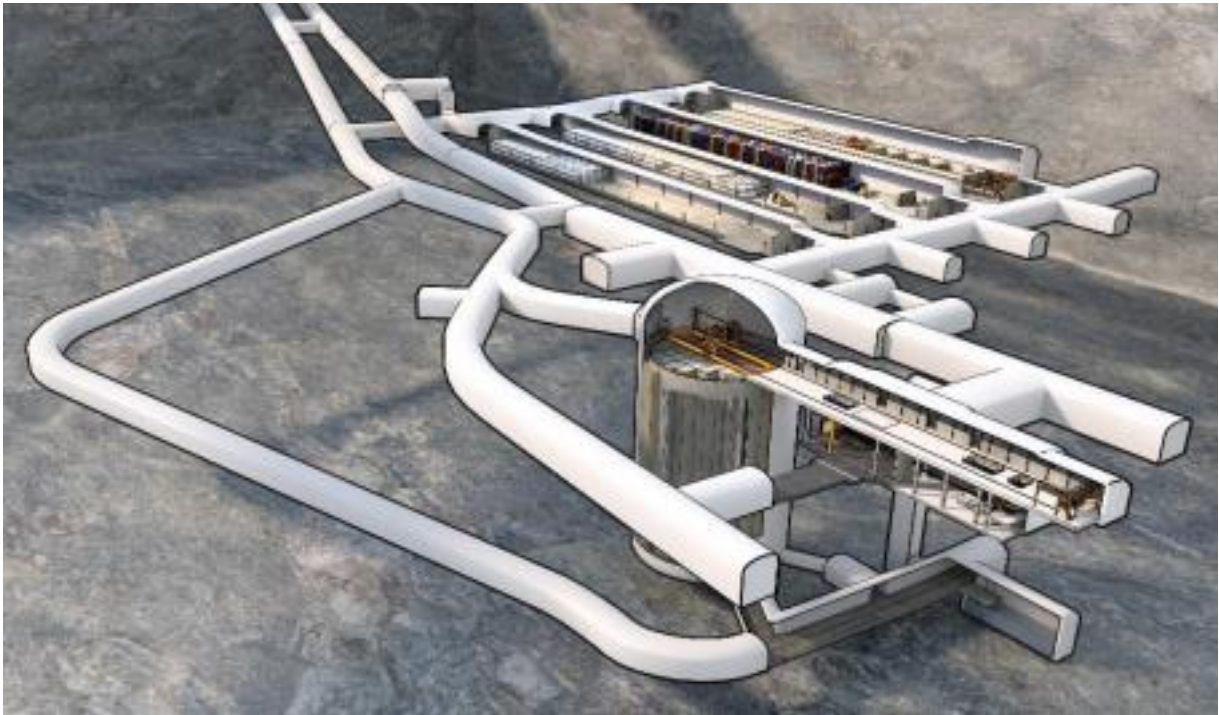
2. ábra: Olkiluoto mélygeológiai tároló

Nagyaktivitású hulladékok és kiegészítő fűtőelemek tárolására jelenleg nincs megfelelő létesítmény kiépítve, ugyanakkor tervezés és építés alatt álló egységek már megtalálhatóak, mint például Finnországban az Olkiluoto mélygeológiai tároló, illetve Svédországban a Forsmark tároló.



3. ábra: Olkiluoto mélygeológiai tároló, Finnország





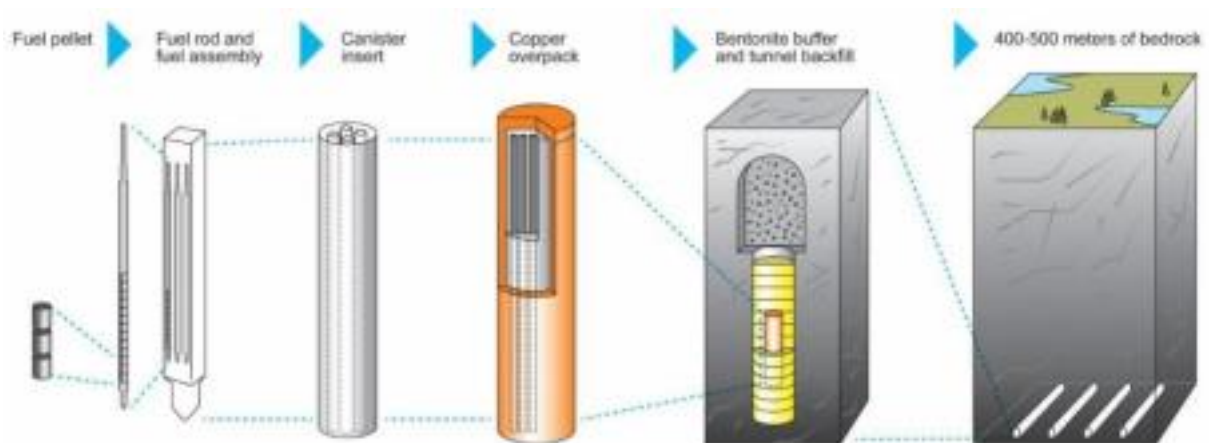
4. ábra: Folsmark tároló felszín alatti része

Magyarországon az 1960-as évektől kezdődően keletkeznek nagyaktivitású hulladékok. A tervek szerint 2030-ra a földalatti laboratórium, valamint 2050-ben már a tároló építése is megkezdődhet. Az Atomtörvény felhatalmazása alapján a kiégett üzemanyag és a radioaktív hulladék kezelése a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kft. feladata. Az első hordók lerakását 2065-re tervezik. Jelenleg egy megegyezés szerint a használt fűtőelem-kazettákat az Oroszországi Föderáció területére szállítják, ideiglenes technológiai tárolás vagy technológiai tárolás és reprocessálás céljából. A használt fűtőelem-kazettákat, vagy reprocessálás esetén a nukleáris hulladékot az Oroszországi Föderáció területén tárolják annyi időn keresztül, amely a megállapodásban szerepel, ezt követően visszaszállítják Magyarországra.

1981-ben Magyarországon létrejött a Központi Nukleáris Pénzügyi Alap, mely egy elkülönített állami pénzalap a Magyar Államkincstárban, amelynek működését az atomtörvény szabályozza. Ennek következtében kizárólag az atomtörvény szerinti feladatok finanszírozására szolgál, az atomerőmű üzemideje alatti befizetései fedezik az atomerőmű minden - a radioaktív hulladékokkal, a kiégett fűtőelemekkel és a leszereléssel - kapcsolatos költségét. Általános nemzetközi iránymutatás, hogy a villamos energiát termelő cégek, az értékesített áram árának az 5%-át fizetik be, a leszerelésre és radioaktív hulladékkezelésre.

A geológiai tárolást minden esetben többszörös védelmi rendszer kiépítésével valósítják meg, természetes és mérnöki gátak alkalmazásával. Ezzel kapcsolatban az Energiatechnológiai Kutatóközpont 2 fő kutatási irányra összpontosít. Egyrészt a radioaktív hulladéklerakó rendszerek geokémiájára, amely a makro- és mikroszkópikus módszerek kifejlesztése a radionuklidok viselkedésének kutatására agyagjellegű kőzetekben. Valamint a nagyaktivitású radioaktív hulladékok kondicionálására, összetétel optimalizálására és a szerkezet meghatározására. A természetes gátak alkalmazásánál a legfontosabb tényezők, amiket figyelembe kell venni a stabilitás, valamint a megfelelő vízzáró réteg megléte. Ezek a föld tektonikus mozgásai miatt játszanak rendkívül fontos szerepet, hiszen ezek következtében a tároló hordók

megsérülhetnek. A radionuklidok migrációját diffúziós áttörési kísérlettel vizsgálják, hogy a környezet elszennyeződését szükség esetén felbecsülhessék.



5. ábra: A finn többszörös gátrendszer terv

Ezek alapján megállapítható, hogy Magyarországon az agyagos kőzet a megfelelő a természetes gátrendszerek létrehozásához. A mérnöki gátak alkalmazásánál a kis és közepes aktivitású hulladékok kondicionálásához, vagyis stabilizálásához a kerámiát,

illetve a cementet tartják megfelelőnek. A nagyaktivitású hulladékok kondicionálására jelenleg az üveg tűnik a legmegfelelőbbnek. A vitrifikálás, vagyis az üvegben történő kondicionálás során a hulladékot magas hőmérsékleten olvadt üvegeképző anyagokkal keverik össze, majd ezt a keveréket gyorsan lehűtik. Az eljárás előnye, hogy termikus - kémiai stabilitás, valamint jó sugárzástűrő képesség jön létre, ezenkívül pedig az előállítás is gazdaságos. A vitrifikáció több előnye mellett különböző problémák is felmerülnek, mint például, hogy magas olvadási hőmérsékletet kell biztosítani, valamint kristályosodási problémák merülhetnek fel. Egy konténer tervezetten 400 kg üvegesített hulladékot tartalmaz, amiből csupán 11 kg nukleáris hulladék. A világon számos ipari méretű vitrifikációs üzem működik, többek között a belgiumi Dessel, illetve a japán Tokai.

A vitrifikáció laboratóriumi körülmények közötti előállítása során elektromos felfűtésű kemencében történik a minta megolvasztása. Az üveg olvadása 1300-1450 Celsius fokon történik, 3 - 5 órán keresztül. Ezt követően egy gyors hűtést alkalmaznak, majd golyós achát malomban történő őrléssel záródik a folyamat.

## ÖSSZEFOGLALÁS

A hulladékok tárolásának egyik legfontosabb lépése a természetes és mesterséges gátrendszerek kialakítása. Ebben fontos szerepet játszik, hogy Magyarország perspektivikus agyagkőzettel rendelkezik, amely a természetes gátak megépítésében bír jelentőséggel. Természetesen rengeteg feladat vár még megoldásra a jövőben, úgy mint például az új furatmagok geokémiai vizsgálata, illetve modell konténerek készítése, és még sok más, hogy a nukleáris hulladékokat abszolút megfelelően és teljes biztonsággal legyünk képesek tárolni.

