

A mérnöki gátak szerepe a Bábaapáti Tároló biztonságában

Nős Bálint

Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kht.
7031, Paks Pf.: 12, Tel.: +3675 519 535

A mérnöki gátrendszer különböző elemei fontos szerepet játszanak a hulladéktárolók biztonságában a működés során és a lezárás után egyaránt. A mérnöki gátakat és azok anyagait a befogadó közethez illesztve úgy kell kiválasztani, hogy a különböző gátak ne akadályozzák egymást biztonsági funkcióik ellátásában.

A Bábaapáti Nemzeti Radioaktív Hulladék-tároló (NRHT) elhelyezési rendszerének tervei elkészültek, amelyek tartalmazzák az alkalmazni kívánt mérnöki gátakat is. A működés fázisában a vágatbiztosítás céljából löttbeton réteget és közethorgonyt alkalmazunk. A hosszú távú sugárbiztonság szempontjából a mérnöki gátak közül meg kell említeni a vasbeton konténert, az ezen belüli térkitöltést, a vágatok tömedékelését, valamint a záródugókat. A fent említett elemek mindegyikéhez biztonsági funkciók rendelhetők.

A radioaktív hulladék-tárolók hosszú távú sugárbiztonságának igazolására a hazai jogszabályoknak és a nemzetközi ajánlásoknak megfelelő biztonsági értékelés készült. A biztonsági értékelés számára fontos bemenő adatot jelentenek az elhelyezési rendszer mérnöki gátjainak tulajdonságai. A biztonsági értékelés külön vizsgálta az egyes mérnöki gátak által betöltött biztonsági funkció ellátásának jelentőségét a hosszú távú környezetbiztonság szavatolásában.

A mérnöki gátak definíciója

A 47/2003. (VIII. 8.) ESzCsM rendelet 2. § (1) bekezdésének f) pontja értelmében a „gát: olyan fizikai vagy kémiai akadály, amely meggátolja vagy késlelteti a radioizotópok, illetve más anyagok mozgását (migrációját) valamely rendszer komponensei között; általában a gát lehet mesterséges (pl. műszaki) vagy pedig természetes gát, ez utóbbi a tároló környezetének szerves része”. A fenti jogszabályban leírt mesterséges gát fogalmát a továbbiakban azonos tartalommal, mérnöki gát kifejezéssel fogom használni.

A mérnöki gátak szerepe a biztonság szavatolásában

A mérnöki gátak tervezésénél és kiválasztásánál figyelembe kell venni, hogy az egyes anyagok jól illeszkedjenek a befogadó közethez, valamint egymáshoz; illetve, hogy az elhelyezési rendszer (a természetes és a mérnöki gátak összessége) az üzemeltetési fázis biztonságát és a hosszú távú (lezárás utáni fázis) biztonságát is szavatolni tudja. [1]

Az üzemviteli fázis biztonsága

A közepes mélységű (ilyen a Bábaapáti NRHT is) és a mélygeológiai hulladéktárolók esetében az alkalmazott mérnöki megoldásoknak több évtizeden – az egyes hulladék-elhelyezési programok időütemezésétől függően akár egy

évszázadon – keresztül kell biztonságos munkakörülményeket fenntartaniuk a föld alatt.

Bábaapátiban a vágatokban a kőzetminőséghez igazodóan löttbeton rétegek és közethorgonyok kombinációját alkalmazzuk. A befogadó közetben, a gránitban természeténél fogva repedések, vetők alakultak ki. A vetőzónák elsőrendű töréseiben számottevő – 0,1 liter/s mennyiséget meghaladó – vízbeszivárgás is előfordulhat, amit viszont megfelelő injektálással meg lehet szüntetni. Ugyanígy injektálni szükséges a vágathajtás következtében esetleg fellazuló, repedező kőzetköpenyt is [2]. A cement alapú injektáló keverék tulajdonságai megfelelő adalékanyagokkal jól optimalizálhatóak. Az injektálásnak, mint mérnöki megoldásnak fontos szerepe van nem csak az üzemviteli fázis, hanem – később a lerakó vágatokba történő vízbeszivárgás mértékének csökkentése által – a hosszú távú biztonság megvalósításában is.

A lezárás utáni fázis biztonsága

A többszörös gátrendszer elve

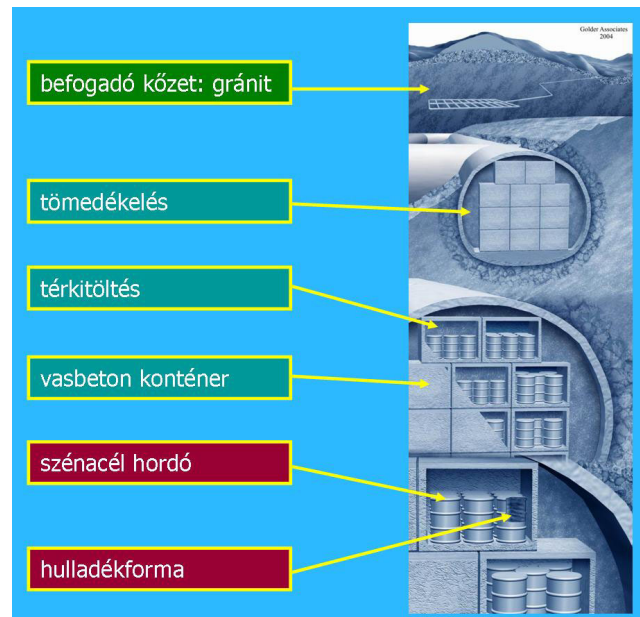
Nemzetközi szakmai körökben egyöntetű vélemény alakult ki arról, hogy a radioaktív hulladék-tárolók hosszú távú biztonságát a többszörös gátrendszer alkalmazása révén lehet garantálni. A többszörös gátrendszer elemei (a Bábaapáti NRHT példáját lásd: **1. ábra**):

- az elsődleges hulladék csomag (hulladékforma szénacél hordóban),
- a mérnöki gátak (vasbeton konténer, térkitöltés, tömedékelés),
- a befogadó kőzet.

A Bábaapáti NRHT esetében az elsődleges hulladék csomag a 200 vagy 400 literes szénacél hordóból és a hulladék mátrixból (hulladékformából) áll. Az elsődleges csomagokat a hulladék áramokhoz igazított feldolgozási eljárással a paksi atomerőműben állítják elő.

A jelenlegi tervek szerint a 200 literes hordókból 9, a 400 literes hordókból pedig 4 kerül egy-egy speciálisan kialakított vasbeton konténerbe. A konténeren belül az üres teret cementhabarccsal töltjük ki. Egy vágatszelvénybe 16-20 vasbeton konténerrel helyezünk el. A vasbeton konténerek közé bentonitpaplan kerül, amely a hulladék visszatérhetőségét - ami jogszabályi előírás az üzemeltetés fázisában - is biztosítja. A lerakó kamrákban a vasbeton konténerrel és a vágatfal közti teret visszatömedékeljük. A tömedékelés betonból készül, amelybe mintegy 50-60 % gránitzúzalék kerül adalékanyagként [2].

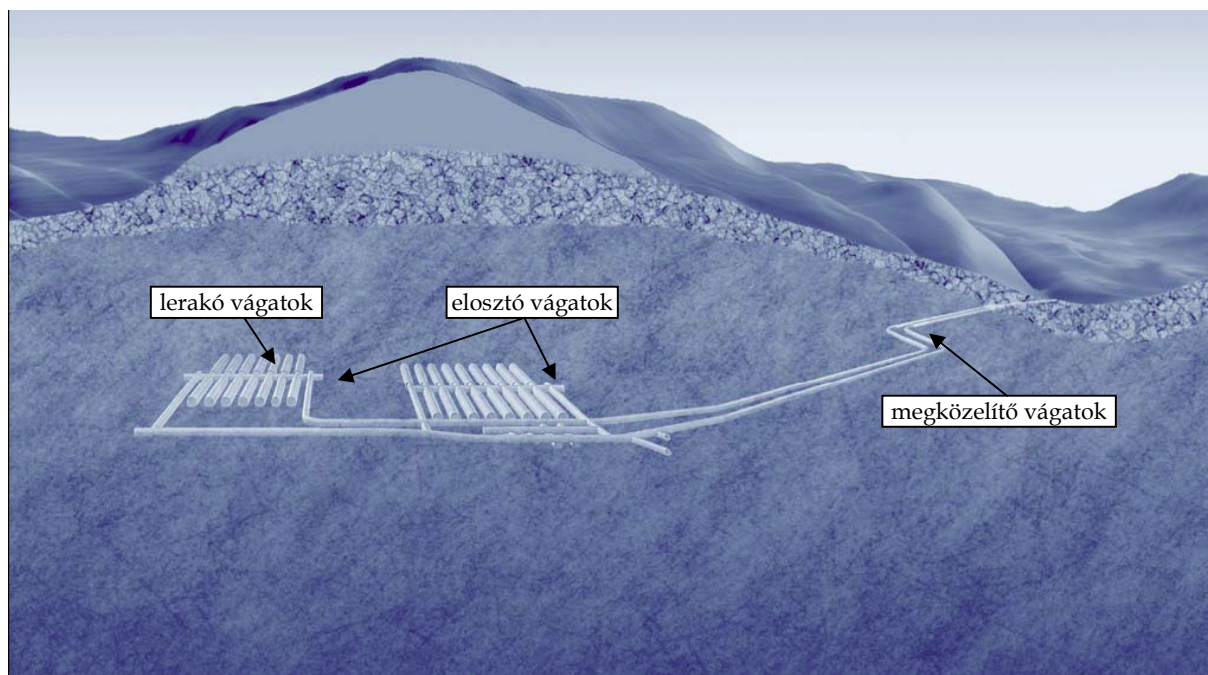
A Bábaapáti NRHT esetében a befogadó kőzet az országos „screening”, majd részletes telephely kutatás során kiválasztott mórággyi gránit formáció. A lerakó kialakítása a 2. ábrán bemutatott séma alapján történik.



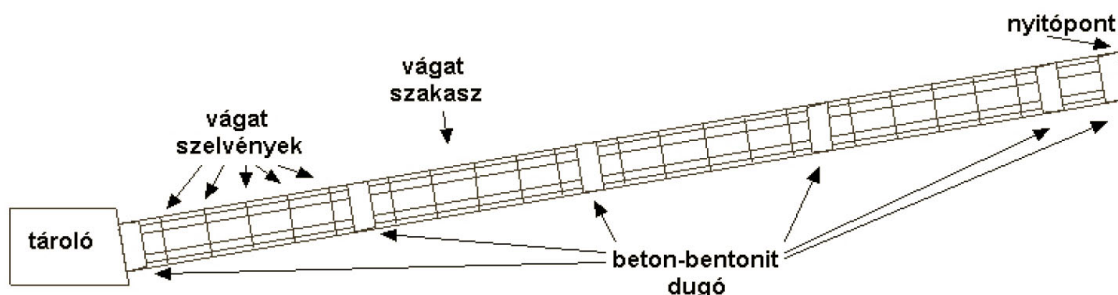
1. ábra: A Bábaapáti NRHT többszörös gátrendszere

A tároló lezárásának koncepciója

A lerakó vágatok - melyek az előzőekben említettek szerint kerülnek visszatömedékelésre - egy nyaktaggal csatlakoznak az elosztó vágathoz. A nyaktagba 10 méter vastag betondugó kerül kialakításra a lezáráskor. Az elosztó és megközelítő vágatok találkozásánál, valamint a megközelítő vágatokban visszatömedékelésük során beton-bentonit dugók kerülnek elhelyezésre (lásd 3. ábra).



2. ábra: A felszín alatti tároló terve



3. ábra: A beton-bentonit dugók kialakítása a megközelítő vágatokban

A mérnöki gátak biztonsági funkciói

A mérnöki gátak közül ebben a fejezetben a vasbeton konténer, a lerakó kamrák visszatömedékelése és a megközelítő vágatokban elhelyezett dugók által betöltött biztonsági funkciókat adom meg.

A vasbeton konténer

Az elhelyezési konténer a radioaktív hulladékok geológiai tárolókban való végleges elhelyezésének biztonságát alapvetően meghatározó elsődleges fontosságú műszaki gát. A beton alacsony vízáteresztő képessége (az alapvető terjedési folyamat a diffúzió) és nagy szilárdsága hatékonyan késlelteti a rétegvíz hozzáférést a hulladékhoz, valamint a szennyezett víz eltávozását a tömedékelés felé. A cement alapú térkitöltő anyaggal együtt kedvező kémiai környezetet (magas pH) teremt, amely sok izotóp oldhatósági korlátját csökkenti, és szorpcióját elősegíti.

A lerakó kamrák tömedékelése

A lerakó kamrákat 50-60 % gránitúzalék tartalmú betonnal tömedékeljük vissza. A tömedékelésnek egyrészt tartó funkciója van, másrészt jelentős cementtartalma miatt – a fentiekben említettek alapján – szorpció és kémiai (magas pH) gátként fog működni az elhelyezési rendszer lezárása utáni fázisában.

A beton-bentonit dugók

A megközelítő vágatokban elhelyezett dugók pozicionálása különösen fontos. A gránit formációban található olyan törések, amelyeket agyagásványok töltenek ki, és ezáltal igen alacsony a vízvezető képességük. Ezek az ún. torlasztó zónák különálló hidrológiai blokkokra tagolják a formációt. Az egyes vízföldtani blokkok között jelentősek a hidraulikus potenciál különbségek, míg blokkon belül a potenciál csak kis ingadozást mutat. Ahol a vágatokkal torlasztó zónát harántolunk (azaz a vágathajtás során áttörjük azt), oda kell a dugókat elhelyezni, hogy a torlasztó zóna szigetelő hatását visszaállítsuk, és ne generáljunk mesterséges hajtóerőt az advektív transzport számára.

A biztonsági elemzés megállapításai a mérnöki gátakkal kapcsolatban

A biztonsági elemzés nemzetközileg elfogadott eljárás, melynek segítségével értékelni tudjuk a hulladék-elhelyezési rendszer viselkedését, illetve annak az emberre és környezetre gyakorolt lehetséges hatásait. A biztonsági

értékelés végeredménye a lakosság ún. kritikus csoportjára (helyben élő, átlagos életvitelű személyek) számított dózis, amelyet a rendeletileg meghatározott dózismegszorítással (a 47/2003. ESzCsM rendelet alapján a radioaktív hulladék-lerakókra ez 100 $\mu\text{Sv}/\text{év}$) kell összehasonlítani.

Az elhelyezési rendszer viselkedésének lehetséges kimeneteleit ún. forgatókönyvek formájában írhatjuk le. A normál fejlődéstörténeti forgatókönyv a rendszer evolúciója során bekövetkező legvalószínűbb folyamatokat, eseményeket írja le; tulajdonképpen megfelel a rendszer jelenlegi viselkedésének a jövőre történő kiterjesztésének.

Az alap forgatókönyvtől kismértékben eltérő, kisebb bekövetkezési valószínűségű, de még elképzelhető forgatókönyveket alternatív fejlődéstörténeti forgatókönyveknek nevezzük.

Ha egy paramétert drasztikusan megváltoztatunk, vagy egy folyamatot nem veszünk figyelembe (ezek lehetnek a valóságtól teljesen elrugaszkodott feltételezések is), és így vizsgáljuk, hogy a rendszer milyen választ ad – vagyis mennyire érzékeny – az adott változtatásra, akkor az úgynevezett „mi van ha” („what if”) típusú forgatókönyvről beszélünk. Ha bizonyos biztonsági funkciókat legyengítünk vagy teljesen megszüntetünk, akkor vizsgálni tudjuk a rendszer robusztusságát.

Az oldhatósági korlát elhanyagolása

Ez a „mi van ha” típusú forgatókönyv azt írja le, hogy milyen hatása lehet, ha minden izotópra „kikapcsoljuk” az oldhatósági korlát paramétert és teljes körű oldódást teszünk lehetővé.

Ennek a forgatókönyvnek az eredményei gyakorlatilag teljes mértékben megegyeztek a normál fejlődéstörténeti forgatókönyv eredményeivel. Mindez azt mutatja, hogy a tárolóban elhelyezett hulladék koncentrációja minden fontos izotóp esetében alatta marad az oldhatósági korlátnak.

A megkötődés elhanyagolása a cementes anyagokon

Ennek a forgatókönyvnek az elemzése során a cement alapú mérnöki gátakon megvalósuló szorpció „kikapcsolásával” arra nyílt lehetőség, hogy a megkötődés jelentőségét határozzuk meg a teljes elhelyezési rendszer viselkedésében.

A normál fejlődéstörténeti forgatókönyv eredményeihez képest ez a „mi van ha” típusú forgatókönyv az egyéni dózisban 4-5-szörös növekedést eredményezett. Ezen kívül a ^{14}C dóziszjárulékában eredményezett jelentősebb növekedést (2-3 nagyságrend), de ez az izotóp nem tartozott a teljes dózishoz legnagyobb járulékot adó nuklidok közé.

A kikényszerített felhagyás forgatókönyve

Ebben a „mi van ha” típusú forgatókönyvben a biztonsági értékelés készítői azt vizsgálták, hogy mi történik abban az esetben, ha a megközelítő vágatokat valamilyen ok miatt (pl.: méretezésen túli földrengés) nem sikerül megfelelően visszatömmedékelni, és a beton-bentonit dugókat sem sikerül elhelyezni.

Az elemzés eredményei azt mutatták, hogy a maximális egyéni dózis a normál fejlődéstörténeti forgatókönyv dózis értékéhez képest jelentősen (több nagyságrenddel) megnőtt. Gyakorlatilag két izotóp hatása számottevő: a hosszú felezési idejű ^{129}I -é és a ^{36}Cl -é.

Az eredményekből megállapítható, hogy a megközelítő vágatok megfelelő tömedékelésének és benne a beton-bentonit dugók optimális elhelyezésének jelentős hatása van az elhelyezési rendszer biztonságos működésére. Fontos megjegyezni azt is, hogy az ebben az esetben is működő mérnöki gátak (pl.: térkitöltött vasbeton konténer,

lerakó vágatok tömedékelése) hatékonyan tartották vissza a rövid felezési idejű izotópokat azok lebomlásáig.

Következtetések

Összefoglalóan kijelenthetjük, hogy a hulladék lerakók esetében mind az üzemeltetési, mind a lezárás utáni fázis biztonságának biztosításában jelentős szerepük van a mérnöki gátaknak. Fontos, hogy a befogadó közetbe és az elhelyezendő hulladék csomagokhoz illesztve válasszuk ki azokat a mérnöki megoldásokat, amelyeket az elhelyezésnél végül alkalmazunk.

A mérnöki gátak tulajdonságai fontos bemenő paraméterei a biztonsági értékeléseknek, melyekkel egyúttal a tulajdonságok hatékonyságát is elemezni tudjuk a hosszú távú biztonság elérésében. A Bataapáti NRHT Létesítést Megelőző Biztonsági Értékelésében a szerzők több fontos elemzést végeztek a mérnöki gátakkal kapcsolatban.

A számítások azt mutatták, hogy a mérnöki megoldások közül kiemelt fontosságú a megközelítő vágatok megfelelő tömedékelése és a beton-bentonit dugók optimális elhelyezése. Ezen kívül a cement alapú anyagoknak fontos tulajdonsága, hogy bennük – az advekciónak képest – inkább a diffúzió a domináns transzport folyamat, valamint jelentős szorpciós kapacitással bírnak; így az izotópok izolációjában és retardációjában meghatározó szerepet játszanak.

Irodalomjegyzék

- [1] Fiona Neall: *Selecting Materials (presentation at the Methodologies for Geological Disposal Training Course organized by ITC, IAEA, Nagra), 2005.*
- [2] Bérci Károly, Gyöngyösi Péter, Hauszmann Zsuzsanna, Pintér Dávid, Pólov Katalin, Reszler Hajnalka, Romenda Tamás, Rosenfeld Sándor, Takács Tamás, Zábrádiné Füzesi Katalin (ETV-ERŐTERV Zrt.); Dankó Gyula, Benedek Kálmán, Bóthi Zoltán, Lugosi Krisztián, Mező Gyula, Molnár Péter, Tungli Gyula (GOLDER ASSOCIATES (MAGYARORSZÁG) Kft.); Martin Goldsworthy (GOLDER ASSOCIATES GMBH); Benoît Paris (GOLDER ASSOCIATES SARL) Fodor János, Sebestyén Zoltán, Varga Zoltán (Szent István Egyetem): *Bataapátiban Létesítendő Nemzeti Radioaktív Hulladék-tároló Létesítést Megelőző Biztonsági Jelentés, 2007*