

**MISKOLCI EGYETEM**



**DOKTORANDUSZOK FÓRUMA**

**Miskolc, 2010. november 10.**



**MŰSZAKI FÖLDTUDOMÁNYI KAR**

**SZEKCIÓKIADVÁNYA**

Kiadja a Miskolci Egyetem Innovációs és Technológiai Transzfer Centruma  
Kiadásért felelős: Dr. Dobróka Mihály rektorhelyettes  
Szerkesztette: Dr. Szűcs Péter dékánhelyettes, Tompa Richárd doktorandusz  
Nyomda: ME Soksorozító Üzeme  
Üzemvezető: Kovács Tibor  
Nyomdaszám: ME. Tu-97 /2011.

# Tartalomjegyzék

## Csuhánics Balázs

A felsőháromori alagútbővítés kőzetmechanikai kérdései.....1

## Varga-Rátkai Szilvia

Kőzetminta készítés tapasztalatai, kiszorítási vizsgálatok előkészítése.....8

## Makó Ágnes

Rugalmas és plasztikus anyagtulajdonságok vizsgálata terepi méréseknél.....14

## Bodor Sarolta

A rudabányai alsó-triász sziliciklasztos képződmények vizsgálatának eredményei.....20

## Chován Péter

Kockázat alapú vezeték tisztítás.....24

## Tompa Richárd

RQD repedezettségi mutatók vizsgálata a Bátaapáti munkálatoknál.....30

## Vöröskői Zsófia

A dorogi kistérség iparföldrajzi jellemzői a rendszerváltásig.....36

## Piskóti Zsuzsa

A bűnözés területi eloszlása Magyarországon.....41

## Kántor Tamás

Mezőgazdasági talajok kémiai vizsgálatai.....47

## Darabos Enikő

A bükki vízminőségi monitoring és fejlesztési lehetőségei.....53

## Juhász Eleonóra

A Miskolc-tapolcai barlangfürdő termális karsztvizében végzett komplex fizioterápia eredményei.....59

## Kompár László

A beszivárgás meghatározásának lehetséges formái a hidrogeológiában.....65

## Németh Ágnes

A Rudabányai-tavon végzett vizsgálatok.....71

## Szántó Judit

A PRB gátak befogási határfokának meghatározása.....77

## Hornya Péter

Antropogén tájformálás – Hadászat, honvédelem.....83

## RQD repedettség mutatók vizsgálata a Bátaapáti munkálatoknál

*Tompa Richárd*

PhD hallgató

*Bányászati és Geotechnikai Intézet*

### 1. Előzmények

1959-ben Magyarország is belépett a nukleáris technológiát felhasználó országok sorába, és így a radioaktív hulladékok tárolása – későbbiekben a végleges elhelyezése – is szükségessé vált. A korai évek során viszonylag kevés ilyen anyag termelődött, és ezek elhelyezése viszonylag könnyen megoldódott a solymári kísérleti izotóptemetőben, majd a püspökszilágyi tárolóban. Az 1982-87 között beüzemelt paksi atomerőműben termelődő hulladék mennyisége szükségessé tette egy kis- és közepes aktivitású, valamint egy nagy aktivitású tároló építésének előkészítését, illetve a munkálatok megkezdését.

A jelenlegi állás alapján egy kis- és közepes aktivitású tároló építése van folyamatban az 1993-ba indult Tárcaközi Célprojekt keretében (ma: Nemzeti Projekt), amelynek helye, több potenciális lehetőség közül, Bátaapáti község határában került kijelölésre.

A Bodai Aleurolit Formációba tervezett nagy aktivitású tároló kialakítása jelenleg kutatási fázisban van. A kutatási tevékenység 1996-2003 között elsősorban felszíni és mélyfúrási, valamint geofizikai adatokra támaszkodott, ezzel növelve a közettest ismertségét, melynek végén a Magyar Geológiai Szolgálat Dél-Dunántúli Területi Hivatala 2003-ban földtanilag alkalmasnak minősítette a befogadó képződményt, a Mórágyi Gránit Formációt. [1] A felszín alatti kutatási fázis a lejtősaknák kialakításával kezdődött 2005 februárjában. A lejtősaknák utolsó szakaszainak átadása 2008 tavaszán zajlott.

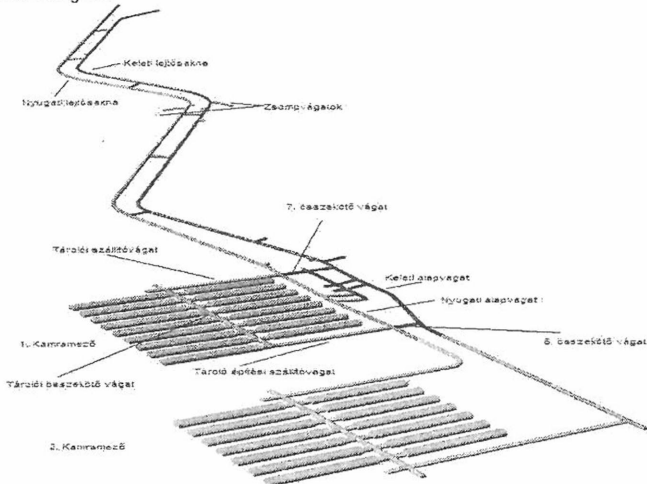
Ezt követően került sor - 2008 szeptembere és 2009 áprilisa között - a feltáró vágatok térkiképzésére, amelynek első ütemében a lejtősaknák folytatásaként, a keleti és nyugati alapvágatok és az azokat összekapcsoló 7. és 8. összekötővágatok (Kishurok) lettek kialakítva. A második ütemében a tárolói szállítótávogat, tároló építési szállítótávogat és a tárolói összekötőtávogat (Nagyhurok) - 2009 tavasza és 2010 nyara között - lett kivitelezve (1. ábra).

### 2. Kivitelezés, vágatok paraméterei

A lejtősaknák mindvégig gránitban haladnak, ezért a vágathajtás fúrásos-robbantásos módszerrel zajlott, kivéve a lejtősaknák kezdeti szakaszait. A robbantás során kőzetkímélő technológiát kell alkalmazni, hogy minél kisebb mértékben alakuljon ki tört, vízvezető zóna a vágat körül.

A fúrólyukak mélyítéséhez fúrókocsikat használnak. A robbantás után szellőztetés (füstre várás), kopogózás, majd a lerobbantott összlet rakodása, szállítása zajlik (kétfokozatú LHD-technika). A rakodáshoz baggert, illetve homlokrakodókat, a szállításhoz dömpereket alkalmaznak. [1] Az első fázisban a

vájvégről rakódó viszi a készletet egy közeli átrakási pontig, ahonnan azt a felszínig dőmperek szállítják.



1. ábra: A Bataapáti komplexum látványterve [2]

A vájvég kitarítása után a dokumentálás következik, amit minden egyes fogásban el kell végezni. A dokumentálás után betonlövés és horgonyzás biztosítja a vágatot, majd újratekődik a ciklus a robbantóllyukak fűrésával. A vágatképzési és biztosítási módszer alapjaiban a Barton által kidolgozott és nemzetközileg elismert NGI-Q kőzetosztályozási rendszerre épült. A technológiai utasítás a Mott-MacDonald Magyarország Kft. által készített tervek alapján készült.

A biztosítás fő elemei az acélszál erősítéses löttbeton, közzethorgony, illetve közzethorgony ragasztó. Biztosítási kategóriához kötődően előtűző nyárs, két rétegben acélháló, illetve rácsos tartó kerülhet beépítésre.

Előinjektálást kell végezni, ha az elő-, illetve szondafúrások adatai jó vízvezető képességű szakaszt jeleznek. A vágathajtás során a küszöbérték 10 l/min/100m. Amennyiben a vízbeáramlás a már elkészült vágatszakszon meghaladja az előbb említett értéket, ott utóinjektálás szükséges. Az előinjektálás során a cél a vágat körüli kb. 3 méteres vízzáró zóna kialakítása. A cement alapú injektálás közönséges portland cement, illetve mikrocementek felhasználásával történik.

A portálok elkészülte után, a lejtősakna-pár építése 2005. február 8-án indult el a Mecsekérc ZRt. kivitelezésével, és ezzel egyidejűleg elkezdődött az aknapárhoz tartozó egyre bővülő dokumentációs adatmennyiség rögzítése is.

A lejtősaknák, a kamrák és zsompvágatok  $21 \text{ m}^2$  szabad szelvénymérettel létesültek, kivéve rövidebb vágatszakszonokat, ahol  $25 \text{ m}^2$ -rel, mint az ún. Kishurkot felépítő alapvágatok is. A két lejtősakna 250 m-enként összekötő vágatokkal kapcsolódik egymáshoz. A lejtősakna tengelytávolsága a nyitópontoknál 99,6 m. Ez a távolság lecsökken 32,2 m-re, amely hosszan megmaradt, majd később a tengelytávolsága 76 m-re nő. Kezdő szakaszukon néhány fokban emelkednek, hogy

a felszínről még havária esetén se juthasson be víz a vágatrendszerbe. Ezt követően, az alkalmazott gumikerekes járművek szempontjából elfogadható, 9,2%-os talpdőléssel mélyültek. A Keleti-lejtősakna teljes hossza 1723,5 m, a Nyugatié pedig 1772,5 m. [3]

Az alapvágatok majdnem szintesek. A Nyugati alapvágat teljes hossza 252,4 m, a Keleti alapvágat teljes hossza 260,5 m. A zompvágatok kezdetéig 10 ezrelékkal lejtenek, ezt követően emelkednek, hogy a vízbefolyást a zompvágatokba a gravitációs erő felhasználásával lehetővé tegyék. A tárolói és tároló építési szállítóvágatok a központi vízösszefolyást biztosítandó, 10 ezrelékkal emelkednek. [1]

### 3. Dokumentálás, feldolgozott adatok

A geotechnikai dokumentálás elsődleges célja a harántolt kőzetek biztosítási kategóriába sorolása, vagyis a térkiképzési tevékenység során feltárt üreghálózatban alkalmazandó biztosítási technológia meghatározása, a felszín alatti tevékenység biztonságossá tétele volt. Ehhez a tengelyfúrások és a vájvégek geotechnikai dokumentálásakor szerzett információ ad alapot. A munkához két, nemzetközi szinten alkalmazott és bevált mérési és osztályozási módszert (Q- és RMR módszer) használnak, amelyek meghatározásához az RQD érték ismerete szükséges. [4]

Mivel az előfúrások célja az, hogy a következő vágathajtási szakasz feltárási és biztosítási terveihez szolgáltatson adatokat, ezért előzetes geotechnikai minősítő vizsgálatokat a lehető leghamarabb, el kell végezni.

A geotechnikai vágatdokumentálás és mintavétel technológiáját és technikáját Módszertani útmutató rögzíti. Minden egyes fogásban elvégezték a fogások geotechnikai dokumentálását. Mind a Q-módszer, mind pedig az RMR-módszer szerint meghatározták az érvényes kőzetosztály minősítést is. A végleges biztosítás már a kőzetosztály besorolásnak megfelelően történt. A dokumentálás fontos része a JointMetriX<sup>3D</sup> (később JMX) vágatszkenner 100 Mpa nagyságú felvételeinek elkészítése is.

A tagoltság mértékének megállapítására és annak számszerűsítésére legszélesebb körben az RQD-módszer (RQD=Rock Quality Designation) terjedt el. Ezt a legtöbb kőzettest osztályozási módszer, mint alapadatot használja fel, de egyes helyeken önálló kőzetosztályozási módszerként is alkalmazzák. Munkámban az RQD értékeken kívül a robbantott szabad szelvények adatai közül a túljövésztés (a referenciaprofilhoz képest pozitív irányban eltérő felület), valamint a JointMetriX<sup>3D</sup> vágatszkennerrel készült nagyfelbontású vájvég és palást fotó felszínadatait (továbbiakban: JM felület) dolgozom fel. [5]

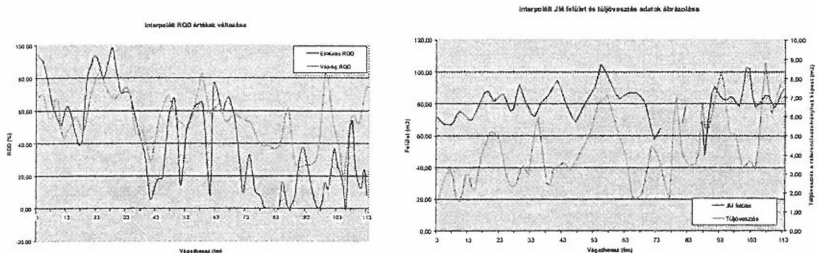
### 4. Az adatok feldolgozása: interpoláció és keresztkorreláció

Mivel a vájvég előrehaladása, így a dokumentáció nem azonos léptékben halad előre – az ajánlott fogásmélység kőzetosztályonként változik – ezért szükséges volt a meglévő adatokat lineáris interpoláció alá vetni, hogy a vizsgált szakaszok minden méterére – mivel 1 méteres léptékkel dolgoztam –

meghatározhatóvá váljanak a vizsgálandó értékek. Ezzel a művelettel a meglévő adatpárok változásának trendje már összehasonlítható. Az interpolációt és a keresztkorrelációt MathWorks Matlab 7.1 szoftver segítségével végeztem.

Összefüggő adatpárok a vizsgálat e szakaszában azok az értékek, amelyek hasonló elméleti tartalommal bírnak. Vagyis ebben az esetben a vājvég RQD (vRQD) – fúrás RQD (fRQD), valamint a túljövetés – JM felület.

A vágatokkal feltárt térrész geotechnikai állapota nagyfokú változékonyságot mutat. A tengelyfúrásokból, valamint a vājvégi dokumentációkból meghatározott RQD értékek egymáshoz viszonyítva hasonlóan változnak, egyes szelvények esetében azonban jelentős eltérések állapíthatók meg. Ez minden vágatszakaszban így alakul a rendelkezésemre álló adatok alapján. A 2. ábrán látható tengelyfúrásokból meghatározott értékek szinte végig alacsonyabbak, mint a vājvég dokumentálásból nyert adatok. Ez a RMR és Q értékének meghatározása, valamint a biztonság szempontjából kedvező körülménynek értékelhető, hiszen így a fúrások alapján javasolt biztosítási technológiánál már a kisebb állékonyságú vágatszakasz biztosítására készülnek.



2. ábra: Interpolált RQD értékek (vágat, előfúrás) valamint JM felület és a túljövetés ábrázolása (NAV 3 – 113 m)

A túljövetés értékpárja a JM felület. Az ehhez tartozó adatokat a JMX Analyst program Surface Trimmer kiterjesztése biztosította, amely a vágatszkennelés során készített, majd georeferált 3 dimenziós képből kiszámítja az adott szakasz felszínét. Az említett területeket grafikonon ábrázolva megállapítottam, hogy az RQD-hez hasonlóan, az adatpárok trendje azonos változásokat mutat. (3.ábra)

Az interpolált adatok lehetőséget nyújtanak korrelációs analízis elvégzésére is. Ennek ugyanis egyik feltétele, hogy a vizsgált adatrendszerek azonos elemszámú vektorok legyenek, illetve hogy az egyes jellemzők mintavételezése azonos legyen. Az elvégzett interpolációval ez utóbbi feltételt már teljesítettnek tekinthető.

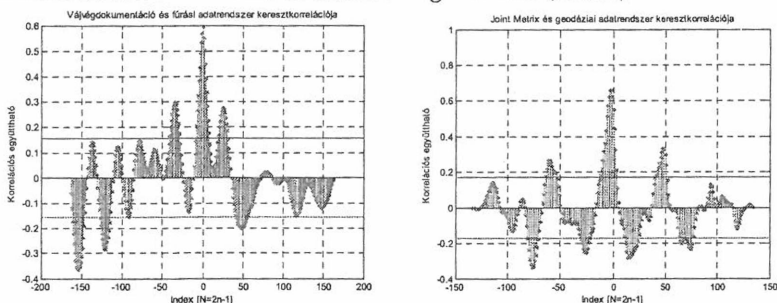
Az interpoláció következményeként rövid szakaszokon erősen ingadozó értéket mutat. Hogy ezt az oszcillálást kiküszöböljem ezen adatokon simitószűrést alkalmaztam, amit 10%-os futóátlag alkalmazásával értem el.

A matematikában (statisztikában) a korreláció jelzi két, feltehetően összefüggő adatrendszer közötti lineáris kapcsolat nagyságát és irányát, illetve egymáshoz való viszonyát. Általános statisztikai felhasználás során a korreláció jelzi, hogy a két tetszőleges érték nem független egymástól. Amennyiben a két mennyiség korrelációja nulla, úgy azok korrelálatlanok, vagyis ilyenkor az esetleges

kapcsolatot, ha mégis van, másként kell jellemezni. A korreláció értéke -1 és +1 közé esik. Amennyiben a nulla pontban az értéke +1, illetve -1, akkor a vizsgált adatok tökéletesen korrelálnak.

A keresztkorrelációs függvény azoknak a korrelációs együtthatóknak az adatrendszere, amelyet úgy képezek, hogy a két adatrendszert egymáson eltolva az összetartozó adatpárok korrelációs együtthatóit számítom, ami megmutatja, hogy a két adatrendszer milyen fedésnél adja a legjobb korrelációs együtthatót. Két adatrendszer keresztkorrelációja azt mutatja meg, hogy a két adatrendszer mennyire változik együtt. [6]

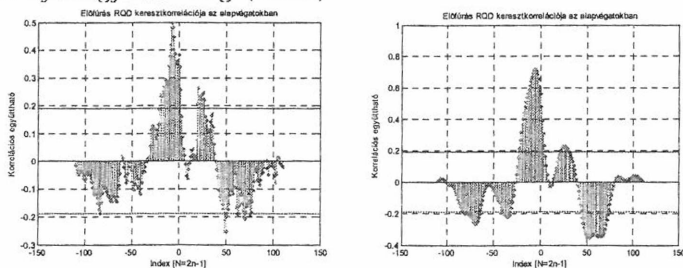
Először az RQD értékpárok közötti összefüggést kezdtem vizsgálni. Várhatóan pozitív és magas keresztkorrelációs értéket várhatok. A műveletet lefuttatva 0,6 fölötti keresztkorrelációs érték jelent meg. A JM felület és túljövesztés esetén, hasonlóképpen az előzőekben leírtakhoz, itt is pozitív és magas keresztkorrelációs értéket vártam, ami be is igazolódott. (3. ábra)



3. ábra: A tárolói szállítógátat keresztkorrelációja módosítás után és a tárolói összekötő gátat JM felület és túljövesztés keresztkorrelációja

Az azonos értékpárok egyezősége után, a vizsgálatot kiterjesztem párhuzamos vágatszakszokra is. Ebben az esetben csak a vágatok RQD adatait elemeztem. A párhuzamos vágatok pedig a keleti- és nyugati alapvágatok 3 – 113 fm közötti szakasza lesz, a tengelytávolságuk 76 méter.

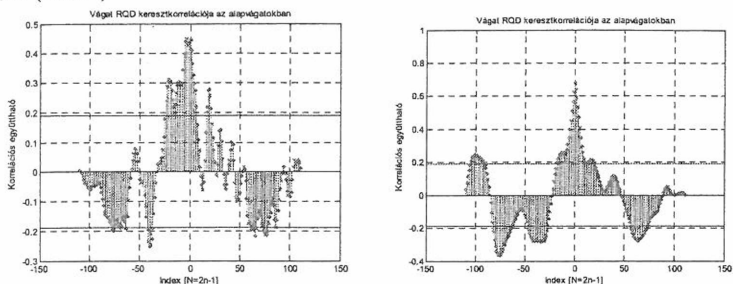
A fRQD-re lefuttatva a keresztkorrelációs analízist egészen magas, 0,5-ös korrelációs együtthatójú eredményt kaptam. A csúcserték csaknem pontosan, a 0 indexű helyen figyelhető meg. (4. ábra)



4. ábra: KAV és NAV előfűrés RQD értékének keresztkorrelációja alapesetben és simítószűrés elvégzése után (3 – 113 fm)

Ha a korábbiakhoz hasonlóan simítószűrést végzek az adatokon, akkor egy még markánsabban megjelenő (0,7 korrelációs együtthatójú) csúcs jelenik meg.

A vRQD-re elvégezve a keresztkorrelációt alapesetben a korrelációs együttható nem éri el a 0,5 értéket, csupán 0,45 körül marad. Amennyiben a simítást itt is elvégezem egy közel 0,7-es korrelációs együtthatójú és nulla indexű csúcsot kapok. (5.ábra)



5. ábra: A vRQD keresztkorrelációja a KAV és NAV-ban alapesetben és simítószűrés után (3 – 113 fm)

## 5. Összegzés

Úgy érzem, az általam elvégzett értékelés érdekes adaléku szolgálhat a Bábaapátiában végzett felszín alatti tevékenység során gyűjtött adatok feldolgozásában. A tárolókamrák építése során – a két alapvágat közötti RQD értékek keresztkorrelációját alapul véve – egymástól viszonylag kis távolságokon belül, a már kihajtott vágatokban gyűjtött adatok iránymutatásként szolgálhatnak a még fel nem tárt területrészek esetében.

## Irodalomjegyzék

- [1] Jakab A., Deák F., Kovács L., Maracsik Z., Máté K., Németh L., Rátkai O., András E., Szamos I., Szabadosné Sallay E. 2009: A Bábaapáti Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló feltáró vágatai térképézése 1. ütem. Vágatdokumentációs jelentés - "kishurok", *Mecsekérc Zrt., Pécs*, pp. 7-136.
- [2] Hogyor Z., Turger Z., Vrászlai F. 2008: A Bábaapátiában létesülő Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló geodéziai munkái, *Geodézia és Kartográfia 2008/8* pp. 16-22
- [3] Benkovics I., Benkó K., Csicsák J., Berta J., B. Rebró K., Friedrich Zs., Friedrich P., Hámos G., Hogyor Z., Kereki F., Markovics J., M. Varga T., Miskolczi R., Ország J., Pápai T., Ropoli L., Sámson M., Simoncsics G., Stocker K., Sütő R., Takács I., Varga M., Keszerice V. 2009: Megvalósulási tervdokumentáció a Bábaapáti Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló feltáró vágatai térképézése Kiviteli Terv 1. ütem keretében megvalósult építésről (RHK-K-062/09), *Kézirat, RHK Kht., Paks*, pp. 7-62.
- [4] Szabadosné Sallay E., Hámos G., András E., Török P., Dr. Majoros Gy., Szamos I., Molnár P., Kovács L. 2009: Összefoglaló jelentés a felszín alatti létesítés tervezése és a biztonsági jelentés számára, *Mecsekérc Zrt., Pécs*, RHK-K-181/08.
- [5] Váró Á., Kandi E., Székely-Kovács J., Németh Gy., Deák F. 2009: Geotechnikai értelmező jelentés, *RHK-K-033/09*, pp. 1-92.
- [6] Steiner F. 1990: A geostatistika alapjai, Tankönyvkiadó vállalat, Budapest, pp. 235-276.