

A cserépváraljai szérelt ritkaföldfém tartalmú homokból (Nyári P.) 1971-1972-ben -további dúsítás után- vizsgálataink hordozó ásványként a cirkonon és biotiton kívül ortitot mutattak ki.

A szénült növényi anyag uránfelhalmozó szerepével nemcsak a mecseki perm ércesedését illetően foglalkoztunk, hanem részletesen tovább vizsgáltuk először az ajkai felsőkréta kőszenek, szénhamuk (1965-1966), majd a Tatabánya környéki (Csordakút-Nagyegyháza) eocén kőszenek és hamuik uránkötését és eloszlását -különös tekintettel a dúsíthatósági és kinyerési lehetőségekre

Az utóbbiak korszerű eszközökkel való vizsgálatát (mikroszonda, elektromikroszkóp) az ELTE Közvetlen-Geokémiai és Ásványtani Tanszékei végezték el.

Izotópgeokémiát uránérc kutatás

1965-66-ban úttörő munka volt - a KFKI-val (Opauszky L.) közösen - a mecseki permi uránérc szulfidásványaiból végzett tömegspektrométeres kénizotóp arány vizsgálat és annak ércgenetikai értékelése.

A felderített urán-anomáliák és ércindikációk gyakorlati értékének, továbbkutatási perspektíváinak eldöntéséhez 1976-tól -a KMÜ-vel együttműködve (Elek I., Baranyi I.)- folyamatosan végeztük azok ólom- és urán-izotóp összetételének vizsgálatát és értékelését.

Az elemzések volumenét és célját illetően - 1500 ólomizotóp színképelemzés (Nyevszkij Expedíció, Leningrád), 120 tömegspektrométeres ólomizotópelemzés (ELTE Fizikai-Kémiai Tanszék, Kaposi O.), 300 uránizotóp elemzés (MÉV, Sebessy L., Bálint Gy.) - a legnagyobb hazai izotópgeokémiai munka volt (1979-89).

A munkát először a permi ércesedésekre (Mecsek, Balatonfelvidék, Bükk) végeztük el 1985-ig, amely munka 1986-tól folyamatosan a somberekai fúrás permje, majd a többi kutatási objektum (Bükkszentkereszt, Uppony, Soproni h., Budai h., Csóvár-nézsai szigetrgök, granitoidok, riolitok /kvarcporfírok/, kőszenek, stb.) teljes, vagy részleges értékelésével egészült ki.

Vincze János

A Mecseki uránércbányászat környezetföldtani helyzete és a bányabezárás utáni rekultiváció földtani vonakozásai

Bevezetés

A cikk kizárólag a Ny-Mecsek földtani felépítéséből fakadó, az uránbányászattal kölcsönhatásban álló jelenségeket vizsgálja. Nem foglalkozik radiológiai kérdésekkel. Más esetekben azonban óhatatlanul hidrogeológiai kérdéseket is felvet, azonban ezek részletesebb tárgyalása a hidrogeológiai cikkben történik meg.

A környezetföldtan és a bányászat néhány általános kérdéséről

A földtani felépítés és a bányászat között természetesen szoros kapcsolat van. Ez abból is fakad, hogy a hasznosítható anyagok keletkezésére visszavezethető előfordulási, megjelenési módok, illetve ebből következő geo-

metriai viszonyok, a kiterjedés, vastagság, mélység, csapás és dőlésirány alapvetően meghatározzák a bányászat lehetséges módszerét, beleértve a feltárás, előkészítés, lefejtés jellemző pontjait, vonalvezetését és a fejtési rendszert. A földtani kép komplexitása még bonyolultabbá teszi a kérdést. A szerkezeti mozgások hatására bekövetkező változások, a rétegek felgyűrődése, a töréses szerkezeti elemek megjelenése, az ásványi nyersanyag telepek folyamatosságának megszakadása, elkülönülő földtani blokkok kialakulása az eredetileg nyugodtabb helyzetet megváltoztatja, s ez a bányászatra általában kedvezőtlenül hat. Ugyancsak fontos szerepet játszanak a geomorfológiai viszonyok is, mert a lepusztulás formája, nagysága, a létrejött felszíni formák, lejtők, lejtőszögek, domborzati viszonyok a hasznosítható ásványi telepek eredeti mélységi helyzetét megváltoztatják, s egyben befolyásolják a megközelítés (feltárás) optimális módját is.

Természetes, hogy a bányászati tevékenység is visszahat a földtani környezetre. A földtani környezetvédelem egyik nagy problémája azonban az, hogy szemben az élővilággal, az okozott változásokat a természet nem heveri ki, a földtani kép az átalakulás, pusztulás után nem újul meg. A kibányászott kőzetanyag nem nő vissza, mint egy fa. Az okozott változásokat kezelni, javítani lehet, de az eredeti állapot többé vissza nem áll. A bányászat emberi léptékben óriási beavatkozás a szilárd kőzetöv felszinközi zónájában, vagy magán a felszínen, a természet tér-, és időarányait tekintve azonban elenyésző. Néhány év-millió múlva a mai bányauregék, meddőhányók, alakváltozások csak egy különleges, szűk körű földtani jelenségcsoport lesz csupán. Nekünk azonban a most követhető néhány száz, vagy ezer évet figyelembe véve kell a kérdést vizsgálni.

A bányászat okozta károsodás legjellemzőbb formái eseti nagyságra visszavezethetők a földalatti üregrendszer kialakítására. A föld- és teleptani viszonyoktól és az ezzel összefüggésben választott feltárási, fejtési módszertől függ az üregrendszer mélysége, nagysága, horizontális ill. vertikális kiterjedése (alakja), kapcsolatai. A fennmaradás ill. összeomlás (felszakadás) ideje, időtartama ezen kívül elsősorban a kőzet minőségének függvénye, és pedig a kőzet korával és típusával összefüggő szilárdsága, vagy szemcsézett ill. plasztikus volta, ép vagy töredezett (tektonizált) állapota, hidrogeológiai helyzete befolyásolja. Amennyiben az üregék felszín közeliek, akkor beszakadások, süllyedések jöhetnek létre. Nagy mélységből ilyen hatásuk nincs. A bányák üregeiben fakadó vizek kiemelése lesüllyesztí a vízszintet, depressziót hoz létre, ezáltal a felszín alatti vizek mozgásiránya megváltozik, a felszíniek esetleg elnyelődnek, vagy hozamuk lecsökken, a források elapadnak. A bányászat befejezése után az üregék vagy feltelnek vízzel, vagy magas helyzetben továbbra is üresek maradnak, de továbbra is csapolják és vezetik a vizet. Mindamelllett kétségtelen, hogy van a bányászatnak szokványos ipari jellegű környezetkárosító eredménye is, amelyet közismert módon kell kezelni. Ez elsősorban a bányászat külszíni, ipari jellegű létesítményeiből származnak. Ilyenek pl. a talaj és bizonyos vízszennyezés, zajkár okozás. Ezek a bányásztkodás során kezelhetők, befejezése után egyszerűen megszüntethetők. Más külszíni létesítményeknek, mint pl. a meddőhányóknak, zagytározóknak hosszú ideig tartó környezetkárosító hatásuk van.

Úgy is fogalmazhatnánk, hogy a bányászat az atmoszférában, a bioszférában és a pedoszférában olyan szokványos károsodásokat okoz, amelyek a működés időszakában és a befejezés után viszonylag könnyen kezelhetők és megoldhatók. Ezzel szemben a lithoszférában (tehát a földtani környezetben) létrehozott változások, már a működés során is problematikusabbak, és speciálisan a bányászatra jellemzők. Ezek általában a föld alatti üregképzésre és felszíni meddőhányó vagy zagy felhalmozásra vezethetők vissza, melyek fennmaradása a bányaművelés befejezése

után is hosszú ideig környezetkárosodást okozhat. Emellett létük olyan, hogy az eredeti állapot vissza nem áll és nem is állítható, sőt folyamatos gondozást, ellenőrzést, szükség esetén pedig műszaki beavatkozást igényel. Ilyen károk a felszínen a felszakadások okozta süllyedések, horpák, a meddőhányók domborzati változásai, melyek a felszíni vízhálózatra is visszahathatnak. A felszín alatt az üregek fennmaradása, mely a hatásidőt rendkívüli módon meghosszabbítja, a mechanikai hatásokon kívül elsősorban a felszín alatti vízszint, vízáramlás, víztározó képesség, vízminőség kérdéseiben okoz hosszantartó változást. Itt érkeztünk el a bányászat legfontosabb környezetkárosító hatásához, amelyet hidroszféra a felszíni alatti és a felszíni vizekben egyaránt okoz. Főbb vonásairól már tettünk említést. Itt most annyit emelnénk ki, hogy a vízszint süllyedés (depresszió), a felszín alatti vizek domborzata és áramlási irányainak megváltozása táró, lejtakna feltárás esetén hosszú ideig (emberi léptékben örökké) fennmaradhat, mert a befejezés után feltöltődő üregrendszerből a víz bányászat kezdőpontját jelentő tárónyílás át kifolyik és ennek magassága meghatározza a későbbi hidrodinamikai jellemzőket. Függőleges aknás feltárás esetén a megváltozott vízszint visszaemelkedhet természetes vagy azt megközelítő állapotába. Minden esetben megváltozik a felszín alatti víztározó rendszer, mert az üregek térfogata, akkor is, ha összeomlanak, a víztárolóképeség lokális megnövekedését illetve a vízmozgás jellegének megváltozását hozza létre. Ha az üreg össze is omlik, a felszakadási zónában kialakult hasadékrepedés térfogat azonos lesz vele, kivéve, ha felszíni süllyedések is jelentkeznek, mert akkor ennek térfogatával az üreg (hasadék) rendszer által tárolt vízmennyiség csökken. Az üregekben és nyitott hasadékokban mozgó víz nem szivárgó, hanem turbulensen áramló lesz, mozgási sebessége nő, szűrőképessége lecsökken. Tény, hogy a működés közben kiemelt, vagy a felhagyás után az üregekben felhalmozódó bányavíz sok oldott, esetenként káros anyagot is tartalmazhat és messze túllépheti a különböző felhasználási kategóriák határértékeit. A kiemelt, vagy a kifolyó víz elsősorban felszíni vízfolyásokba kerül. A bennük lévő szennyező anyagok rajtuk keresztül igen gyorsan eljuthatnak más területekre és kapcsolataik révén más földtani képződményekbe is. A bezárt bányák üregrendszerében felhalmozódott víz a hidrogeológiai viszonyoknak megfelelően a felszín alatt is kimozdulhat, természetesen lényegesen lassabban, de a mozgás nagyobb arányú, folyamatos és hosszú időtartamú. Az elszivárgó bányavizek bejuthatnak más víztartó képződményekbe is, a vízminőségben káros változásokat okozva. Mindenképpen az a véleményünk, hogy a bányászat elsősorban a hidrogeológiai környezetre hat ki károsan, lévén a víz a szennyező anyagok kiáramlásának és szét-szórásának fő eleme.

A Ny-mecseki uránérc bányászat környezetföldtani helyzete

Bevezetés

Környezetföldtani szempontból a Ny-mecseki uránérclelőhely három tulajdonsága kiemelkedő jelentőségű a bányászattal való kapcsolatában.

- * A Mecsek hegység geomorfológiailag szigethegység, középhegységi szintmagaságokkal (+400m-+600m) emelkedik ki környezetéből, amely délen feltöltött síkság (+110m - +120m), északon dombvidék (+220m - +250m).
- * A Mecsek hegység földtani szempontból is szigethegység, vagyis idős (paleo-, mezozoos) képződményekből épül fel, és fiatal (zömében miocén és pliocén-pannon) laza üledékek övezik, miközben az idős képződmények környező me-

dencealjzatban tovább folytatódnak.

- * A Ny-Mecsekre a kelet felé dőlő tengelyű pertriász üledékekből felépített antiklinális szerkezet jellemző, amelynek lepusztulása egy nyugat felé nyitott ívelésű földtani térképbeli megjelölést eredményez. Az antiklinális felszíni magjától (Boda) É, K és D-i irányban a képződmények fiatalodnak. Az antiklinális déli szárnyának jelentős részét a Mecsekalja szerkezeti rendszer elvágja.

A földtani felépítésre és a szerkezetre vonatkozó részletesebb leírások más cikkekben találhatók meg.

A környezetföldtani jellemzésből, mint talán legfontosabbakat kiemelem az alábbi hidrogeológiai szempontokat:

- * A Jakabhegyen keresztül húzódik K-Ny irányban a felszíni fő vízársztó;
- * A felszíni vízársztó egyben a felszín alatti is (volt, eredeti állapotában);
- * A Ny-Mecsekben ennek megfelelően a vízáramlások kissé elnyúltan ugyan, de radiálisok. Ez a felszíni és a felszín alatti vizek egyaránt vonatkozik;
- * Ennek megfelelően alakult ki a felszíni vízfolyás (völgy) rendszer;
- * Vízellátási szempontból a bányászat színteréül szolgáló perm kőzeteknek nincs jelentősége, annál inkább a déli előtér vastag felsőpannon, rétegvizeket tartalmazó üledéksornak, amelybe a Pécsi Vízmű mintegy 100 db kútja mélyült.

A bányászat lokaltzációja és a bányaművelés felszínre gyakorolt hatása

A ferde tengelyű antiklinális szerkezet lepusztulási felületén a mintegy 50 - 100 m vastag produktív összlet (is) nyugat felé nyitott ívet alkot. Az északi szárnyon nyugat felé messze kifut, de a déli oldalon a szerkezeti helyzet miatt sokkal rövidebb a felszíni és a mélységi megjelenés. Ennek megfelelően a bányüzemek is hasonló elrendeződést mutatnak. A déli szárnyon elkülönülve helyezkedik el az I. bányüzem. Az antiklinális északi szárnyán található a III., tőle nyugatra a II. bányüzem. Az III. üzemnek dőlésben folytatása a IV., a II-nek az V. üzem, de az üregkapcsolatok szerkezeti és érteleptani okokból nem túl jelentősek. Az antiklinális boltozati részén nincs bányüzem, mert a Cserkút község alatt található gyenge ércesedés lefejtése nem lett volna gazdaságos, ugyanis a település áthelyezését is szükségessé tette volna, emellett a cserkúti árpádházi korabeli templom rendkívüli műemléki értéke a pillérben teljes utólagos tömedékelést tett volna szükségessé.

Bár a produktív összlet a felszínen folyamatosan észlelhető, a legfelsőbb bányászati szintekről alulról felfelé haladó fejtések viszonylag ritkán lyukadtak a felszínre. Ennek oka elsősorban geokémiai, nevezetesen az, hogy a közvetlen felszínközeli oxidációs zónában az uránércekben eredetileg meglevő U-Ra egyensúlyi arány a Ra felé eltolódik, az urán oxigéndús vízben feloldódva lefelé szivárgott, sok helyen igen kiváló tepletni tulajdonságokkal rendelkező cementációs zónát hozva létre. Így a fejtések a felszínt megközelítve általában (bár nem mindig!) leálltak, és csak utólag szakadtak fel a felszínre.

A felszínt megközelítő fejtésüregek az északi szárnyon nemigen okoztak problémát. A II. üzemiek oly meredek és ellenlejtésű felszín alatt helyezkednek el, hogy a biztonságos, boltívhátas kialakításra alkalmas kőzetvastagság igen rövid távolságon belül létrejön, mindemellett ez az 1954-60 között rövid tárókkal megközelített bányamező lakatlan (erdő) terület alatt foglal helyet. A III. üzemi felszínközeli fejtésüregek már kisebb dőléssel, enyhébb

ellenlejtésű terület alá esnek, így bár nem lyukadnak a felszínre, helyenként roskadásokat, süllyedéseket okoznak. Az a terület azonban a Kővágószőlőstől északra elterülő zártkert, így jelentősebb károkozás nem történt. Az I. üzemi felső szintek (0-1 sz.) fejtésüregjei egyenlejtésű felszín alatt haladnak délről enyhén emelkedve észak felé. Valamivel kisebb, de azonos irányú a felszín lejtése is. Így a fejtések viszonylag hosszabb szakaszon haladnak a felszínhez közel olyan mélységben, hogy nincs meg a boltívhatáshoz szükséges fedő köztömegvastagság. Ráadásul ezek a fejtések egyértelműen belesznek a felszínközeli, erősen töredezett mállási, aprózódási zónába. Ennek következtében sok I. üzemi fejtésüreg, különösen a keleti bányamezőben fellyukad a felszínre. Szerencsére ezek is inkább lakatlan területre esnek, ráadásul oda, ahol a III. üzemnek nevezett, de vállalati feladatokat ellátó nagy meddőhányó települ, melynek déli irányba történő terjeszkedésével a felszakadások betemetődnek. Emellett itt a keleti bányamező végén az ércesedés folyamatossága megszakad, a különálló érces lencsék leművelése nem egy összefüggő, hanem kicsi, egymástól elkülönülő üregeket eredményezett. A jobb ércesedésű, összefüggő üregelődésű területen húzódó 6-os út-Kővágószőlős közötti közút már több esetben megsüllyedt, ami miatt az utat át kellett építeni. Az út hullámossága jelenleg is nagyrészt ennek a következménye. Ide tartozik az is, hogy az I. üzem déli szegélye fölött a geodéziai mérésekkel igazolt felszíni süllyedés az 1 m-es értéket meghaladta. Egyébként itt húzódik a DK Dunántúlt ellátó fő köolajvezeték is, de eddig még nem történt cső sérülés, törés. Az északi szárnyon levő két bányauzem művelése jóval nagyobb mélységben folyik, a felszíntől mintegy 600-700 m alatt. A fejtésüregek fölött, de elsősorban az aknák környékén és között geodéziai mérések süllyedést mutattak ki. Ezt azonban, véleményem szerint nem a bányauregék, hanem lassú szekuláris földtani mozgás, egy ékszerű földtani szerkezet lassú süllyedése okozza. Szerepet játszik az aknák körüli épületek mozgásában az a tény is, hogy ezek részben meddővel frissen feltöltött területre épültek. Tájékoztatásul közöljük az üzemek üregtérfogatát, pontosabban a kitermelt érc+meddőből számított térfogatot, melyek a felszíni süllyedések értékével csökkennek.

* I. Üzem:	2,1 millió m ³
* II. Üzem:	4,5 millió m ³
* III. Üzem:	3,7 m ³
* IV. Üzem:	4,8 millió m ³
* V. Üzem:	1,6 millió m ³
* Összesen:	16,7 millió m ³

A feltárási mód hatása

A 20-25° dőlésű produktív összlet bányászati feltárását különböző módszerekkel végezték. Az I. üzem feltárása egy nagyjából a terület nyugati 1/3-ában lemélyített függőleges külszíni aknával történt. A keleti és a nyugati bányamezők szélein 1-1, az áthúzó szellőztetést biztosító légakna mélyült. Az akna harántolta a produktív összletet, ez nem a legszerencsésebb megoldás volt, de az akna kitűzése a földtani megismerés kezdeti állapotában, az uránbánya mielőbbi megnyitását szolgáló politikai nyomás idején történt még 1956 végén. A mélyebb szintek feltárása vakaknákkal történt. A legfelsőbb szinteken észak, mélyebben délre kiinduló főszállítóvágatokkal behatoltak a produktív összlet fekéjébe, innen csapás (K-Ny) irányban főszállítóvágatokat hajtottak ki, majd a legyező formában lemélyített bányafúrások után alkalmas helyeken belőlük keresztvágatokat hajtottak ki, melyeket a harántolt érces helyekről kiindulva csapásvágatokkal kötöttek össze. Ezekből indultak ki feltörésekből vagy közvetlenül a csapásvágatokból dőlésben észak felé a fejtések. Hasonló módon történt az előkészítés, fejtés a többi üzemben is, de

az irányok természetesen az antiklinális szerkezet által megszabott dőlés-csapásirányoknak megfelelően alakultak.

Az I. üzem vágat és fejtési üreghálózatát vizsgálva szembevetendő annak kifliszerű felhajlása észak felé a keleti bányamezőben. Ez annak a következménye, hogy az antiklinális felgyűrődését követő geomechanikai hatások itt egy ÉK felé dőlő vetősorozatot hoztak létre, melyek a produktív összletet az adott művelési szinten egyre északabbra vetették. Így a főszállítóvágatokban sorozatosan ismétlődnek az É- majd K- felé irányuló irányváltások, ahogyan a vágatok a vetőt átharántolva elfordulva újra megközelítették a produktív összletet. A fejtésüregék északra húzódása sem egyszerű dőlés-csapás fordulás, hanem a vetősorozat eredménye. Így kerültek az I. üzemi felszakadó üregek az előzőleg már említett helyükre (a III. üzemi meddőhányó alá), sokkal északabbra, mint ahogyan a csapás normális fordulása ezt indokolta tenné.

A többi (III., IV., V. és részben a II.) üzem feltárása eltérő módon történt. A geomorfológiai viszonyok lehetővé tették, hogy Kővágószőlős község déli pereménél +220m tszf-magasságból indulva egy közel vízszintes (4% emelkedésű) vágatot indítottak északi, később egyet keleti irányban, mely utóbbit többször megtörve körívben csatlakoztattak egymással. Az un. társzint (vagy alapvágat) egy ereszkén át összekötöttésbe került a II. üzemmel is.

A társzintről indult először a III. üzem társzint fölött elhelyezkedő ércesedésének feltárása síklókkal, illetve az alatta levő ércekre a 3 db (K-i, Ny-i, D-i) vakakna. A társzint fölötti műveletek közelítették meg a felszínt a Jakabhegy lábánál. Előzetesen ezekről annyit, hogy a felhagyás, bányabezárás után ezek soha nem fognak feltelni vízzel, mert az ezbe az üregekbe beszivárgó víz gravitációsan a síklókon és az Északi tárón át fog kilépni a felszínre.

A tárórendszert rályukasztották az északi szárnyon lemélyített nagy mélységű aknákra (IV. üzem lég- és szállítóakna, V. üzem szállítóakna). Ennek részben szállítási oka és célja volt. A II. üzemi ércet, a IV.-V. üzem összes termelvényét földalatti szállítással ezen keresztül hozták a felszínre Kővágószőlőstől délre.

Így sikerült elkerülni a felszíni gépkocsi szállítás környezetkárosító hatásának zömét. Ennek következtében lehetett a III. üzem déli előterében elhelyezni a többi üzem meddőjének elhelyezésére alkalmas hányót, amely ugyan koncentráta a meddőhányó káros hatását (igaz ez egyszerűbbé tette a védekezést), de ilyen módon lehetett elkerülni a környezet károsító hatású meddőhányók külszíni aknák melletti elhelyezését a Mecsek északi lejtőjén, amely veszélyeztette volna a tőle északra elhelyezkedő karsztos összlet könnyen támadható vízminőségét.

A tárók kezdeti szakaszai kis lejtésű felszín alatt találhatóak, így jelentős hosszban csak igen kicsi a fedőközetvastagság. Az Északi táró Kővágószőlős község alatt húzódik. 48m hosszban 25m, 370m hosszban 50m a fedőközetvastagság. Érthető, hogy a kihajtás során (1959-60) sok bányakár keletkezett az épületekben, de nem a felszakadások, hanem a robbantások következtében. Az épület roskadások, repedések a betonidomokkal való biztosítás után megálltak, nem fejlődtek tovább. A táró vonalában széles sávban a kutakból a víz eltűnt, a kialakult depresszió ma is mérhető. Ellentételezésésként a község vezetékessé vízellátást kapott. Az Északi táró az V. üzem közelében a Sás patak felső szakasza alatt újból megközelíti a felszínt. Régebben ezt kihasználva a vágatból egy rövid léggurítót hajtottak a felszínre. Ma már el van tömedékelve. A Keleti táró 300m-es szakasza van 25m-nél, 230m-es szakasza 50m-nél közelebb a felszínre. Tekintve azt, hogy a Keleti táró ez a legrégebbi része faácsolat biztosítással készült, és a felhagyás már megtörtént, több ízben bekövetkeztek felszakadások a felszínre. E terület azonban zártkert, így nagyobb, épületkárok nem keletkeztek.

Jelenleg a Keleti táró kezdeti, mintegy 50m-es szakasza acél elemekkel van átbiztosítva és nem képez veszély a fölötti húzóó Kővágószőlős - Cserkút közötti közútra. Egyébként a Keleti táró, pontosabban egy belőle DK felé mintegy 20m-rel mélyebb szintű vágatfejtés rendszer kialakítása során 1968-ban Cserkút község ásott kútjainak jelentős része kiszáradt. Mivel a vágat és fejtésrendszerből kiinduló szerkezeti zónák a község felé mutattak, ezek okozták a jelentős bányakárt. Egyébként ezért Cserkút is vízvezetékét kapott. Jelenleg a tárószint alatti üregrendszer feltelésével a kutak egy részében ismét megjelent, illetve kissé megemelkedett a víz szintje. A víz minősége sem akkor, sem jelenleg nem mutatja a bányászat hatását, csak a szokványos magyarországi talajvíz összetételt, tehát nitrát, ammónia, detergens, stb. tartalmú.

Az uránbányászat felszíni létesítményeinek kapcsolata a környezet-földtani viszonyokkal

Az uránérc bányászat felszíni létesítményei a bányászati üzemek külszíni építményei, a meddőhányók, a perkoláció, az ércszállító út zömében a Ny-Mecsek déli lejtőjén, a zagytározók pedig a pannon üledékekkel feltöltött déli előtér, a Pécsi medence felszínén helyezkednek el. Ez egyben a felszíni, eredeti, részben pedig a jelenlegi felszín alatti vízáramlási irányokat alapvetően befolyásolja. Ezért az a Cserkút vonalától Bakonya vonaláig húzóó terület a legveszélyeztetettebb. A szennyező anyagokat elsősorban oldva, lebegtetve, vagy görgetve elsősorban a felszíni vízfolyások szállítják el akár nagy távolságokra is.

A hidrogeológiával és a vele kapcsolatos környezetvédelmi kérdésekkel külön cikk foglalkozik.

E részben is meg kell azonban jegyezni, hogy a lelőhely déli lejtőjén természetesen szintén délre, alsó szakaszukon nagyjából párhuzamosan, felső szakaszukon szétágazó mellékvölgyekkel kezdődő vízfolyásoknak van egy igen jellemző tulajdonsága. A szelektív denudációnak megfelelően a perm-alsótriász homokkő felszínén határozott völgyek alakultak ki, míg a pannon medence peremére érve gyakorlatilag csak egy kis meder marad a vízfolyás számára. Mivel azonban az itt lerakott törmelékűvek és az alatta elhelyezkedő pannon öszlet e peremi sávja porózus és vízáteresztő, a patakok vize kis és közepes hozamnál általában teljesen elnyelődik és csak nagy eső, hóolvadás idején vagy idegen víz (pl. bányavíz) betáplálás esetén van továbbfolyás. Erre legjellemzőbb, hogy az általunk Rókás pataknak nevezett vízfolyás, valamint a Bicsérdi és az új mederbe terelt Kajdác patak, melyek hosszabb szakaszon, de a peremen elszivárognak vagy hozamuk lecsökken. A leginkább terhelt Zsid patak kiszárad a Pécsi medencébe messze behatolva Zsivárog el. Ez ugyan a pannon öszlet vízutánpótlásának egyik normális módja, de az uránbányászat által szennyezett víz elnyelése már okozhat problémákat, annál is inkább, mert a tortyogói vízműkutak által a pannon rétegvizes öszletben kialakított depresszió a leszivárgási hányadot és a szakasz hosszát megnöveli. Az az álláspontunk, hogy jelenleg a Zsid patak a déli előtér szennyeződésének fő kapuja, alárendelten azonban a többi patak is a potenciális szennyeződés vonala. Az újabb intézkedések ezeket a káros hatásokat lecsökkentik, vagy meg is szüntetik.

A víz a szennyeződés széthordásának legfőbb közege. A radioaktív és az egyéb szennyeződések egy része a **meddőhányókból** származik. Az uránércbányászat meddőhányói közül három (az I., II., III. üzemi) tartalmaz fejtési meddőt is, amely természetesen magasabb urántartalmat jelent. Ezek valamennyien a déli lejtőre, hidrogeológiai szempontból kiemelt helyen kerülnek el. A II. üzemi a Bicsérdi patak felső és fő oldalágának (Nyistári árok) északi lejtőjén és a betorkoló ki mellékvölgyekbe került felhalmozásra. Ennek során eltemetődött néhány forrás is,

ezért a meddőhányó alól kisebb hozammal fakadó vizek magas radioaktív elemtartalmúak. Ma csöbe fogják és tisztítóba vezetik. Az 50-es évek végén, a 60-as évek elején, amikor még csak ércosztályozás és nem dúsítás létezett, az exportfeladatok megoldása érdekében gyenge minőségű érc is kikerült a meddőhányóra. Az I. üzemi, már rekultivált meddőhányót a Kajdác patak elszivárgási helyétől kissé északra, még perm homokkő felszínre halmozták fel. A felszíni vízfolyásnak teljesen új medret kellett építeni, amely kikerüli a leginkább szennyező létesítményeket, illetve csak a bányavíz egy részét fogadta be az elmúlt időkből. A III. üzemi meddőhányó a Zsid patak völgyébe, inkább annak nyugati lejtőjére települ, de növekedése során egyre délebbre és keletebbre nyomult. Mára teljesen elzárta a Zsid völgyét. Így a pataknak, amely a meddőhányótól északra levő területről (Kővágószőlős zártkeretek) származik és innen szennyezetlen vizet vezet le, a keleti lejtőn egy új kerülő medret kellett kialakítani.

A három meddőhányó közül kettő, az I. üzemi (640 ezer m³ térfogatú) és a II. üzemi (2,2 millió m³) már rekultiválásra került, a III. üzemi (6,8 millió m³) még addig működik, amíg a bányászat folyik majd (1997. december 31.), illetve ide szállítják a perkolációs prizmáktól (részletesebben erről később) áthalmazott anyagot. A III. üzemi meddőhányó jelentős részét már rekultiválták. E három meddőhányó eredeti állapotában tömegénél fogva befolyásolta a terület morfológiáját (domborzatát), a ki-, és rálátást és a felszíni vízhálózatot.

A III. üzemi meddőhányó legmagasabb pontja +232m, ugyanezen ponton az eredeti felszín, a Zsid patak völgye +195m magasságú volt.

Az uránbányászat többi meddőhányója lényegesen kisebb, ezért kevésbé üt ki környezetéből. Ezek általában egy-egy akna mellett a mélyítés során halmozódtak fel. Mivel ezek a produktív öszletet nem minden esetben harántolták, vagy ha ez mégis bekövetkezett, az ércet elszállították, így anyaguk általában inaktív. A IV. üzemi szállítóakna 1146 m hosszából mindössze 50 m volt a produktív öszlet, ennek nem érces anyaga elenyésző a meddőhányó tömegében. A négy jelentősebb, 1000 m mélységet is megközelítő, tehát viszonylag jelentősebb kőzetömeget hányóban felhalmozó akna a IV. üzem lég-, és szállító, az V. üzemi lég-, és szállítóaknák. Ezek valamennyien az antiklinális északi szárnyán és a Mecsek északi lejtőjén mélyültek. Csak az V. üzemi légakna harántolja a karsztvízes öszletet, a többi annak fekjéből indul. A szállítóaknák mellé települnek az üzemek kiszolgáló létesítményei (irodák, műhelyek, fürdők, konyhák, stb.). Ezek nem, vagy csak bármilyen üzemhez hasonló mértékben, szokványosan befolyásolják a környezet állapotát. Mindkét üzem külön szennyvíztisztítót üzemeltet. Az V. üzem tisztított szennyvize a Sás patakba, a IV. üzemé egy környezetkárosító olajszenyezés elhárítása után, mely a Nyíras patak egy víznyelőjén keresztül az Abaligeti cseppkőbarlangot és a tavakat veszélyeztette, csövön az Északi tárón keresztül került elvezetésre. A Ny-Mecsek északi lejtőjét zömmel felépítő középső-triász (anizuszi) mészkő és karsztvíze így már nincs veszélyeztetve. A meddőhányókon átszivárgó víz sokáig különleges problémát jelentett, mert a minőségi paraméterek értéke oly magas volt, hogy az környezetszenyezést okozhatott. A II. üzemi meddőhányó peremén megjelent kis hozamú víz oldott urántartalma meghaladta a 22 000 g/l-t is.

A meddőhányó peremi vízmegjelenések annak következményei, hogy a porózus, jó vízvezetőképességű meddő törmelékűvekben a lefelé mozgó víz, elérve az eredeti, rosszabb vízvezetőképességű kőzetekből felépített felszínt, erőteljes vízszintes mozgásvektort vesz fel. A III. üzemi meddőhányó esetében kedvező, hogy alatta található az I. üzemi, esetenként felszakadt üregei, így a beszivárgás ezek irányába történik. Másutt, bár ugyancsak

a III. üzemi meddőhányó területén a völgytalpi agyagos, közettörmelékés alluvium akadályozza a víz beszivárgását. Az I. üzemi meddőhányó teljes egészében a depressziós tölcser területére települ, ennek hatásai kedvezők. A többi, fejtési meddőt nem tartalmazó meddőhányó nem okoz jelentős vízminőségi problémát. Az utóbbi időben végrehajtott és megoldást hozó rekultivációs módokról később lesz említés.

A **perkolációs tevékenység** ugyancsak veszélyt jelent a környezetre, elsősorban a hidrogeológiai vonatkozásokban.

Perkolációnak nevezzük azt a folyamatot, melynek során műanyagfóliával bélelt medencékben felhalmozott tört, gyenge minőségű ércprizmákat szódás oldattal áztatnak. A medencék zsompjaiban összegyűjtött szódás (10-15g/l oldott só), magas urántartalmú (4-6000 µg/l) oldatokat speciális műgyanta granulátummal feltöltött szorpciós oszlopokon átáramoltatnak. Ennek során az oldott urán a műgyanta szemcséken megkötődik. Innen a vegyi dúsítás folyamatában leoldható. Két perkolációs terület van. Az egyik az Ércdúsító Üzemben a felső-pannon összletre, a másik az I. üzemtől északnyugatra a feküszürke homokkőösszletre települ. Mindkét perkoláció (1. és 2.sz.) környezetében jelentős oldott urán és össz. sótartalom anomáliát észleltünk a rendszert körülvevő vízminőség megfigyelő fúrássokban. A felszín alatti víz szennyeződése származhat a fóliaaljzat elfeledésére visszavezethető szakadásból, technológiai felügyeletlenségéből, valamint az óhatatlanul bekövetkező szórt felületi szennyeződés bemosódásaiból. Az I. Üzem melletti, un. 2.sz. perkolációból megszökő szennyezett felszín alatti vizek délies irányokba mozognak. A víz oldott urántartalma közvetlenül a szennyezés kiinduló pontjánál esetenként az 5000 µg/l-t, oldott anyagtartalma a 10 000 mg/l-t is elérheti. Ezen értékek mára az újabb intézkedések során jelentősen megjavultak. Egyébként a már beszivárgott víz elmozdulás során felhígul és oldott anyagtartalma geokémiai okok miatt is lecsökken. Ez horizontálisan és vertikálisan egyaránt adatszerűen kimutatható. A szennyezett víz jelentős részét elnyeli az I. üzemi depressziós tölcser, délnyugat felé azonban egy határozott szennyeződési front nyomul a Törtgyogi vízműmedencé fúrt kútjai felé. Ezen okok következtében a legújabb elhatározások szerint mindkét perkolációs prizmarendszer anyagát áthallmozzuk a III. üzemi meddőhányó keleti peremére, ahonnan a teljes beszivárgott vízmennyiség bejut az I. üzemi depressziós tölcserbe ill. az üregrendszerbe, Innen az alább ismertetett módon a vizet kiemljük és uránmentesítjük, majd ezután a Kajdács patakba engedjük.

Az 1972-ben befejezett **I. üzemből** ugyanis a lelőhely déli szárnyán bányahatósági rendelkezésre környezetvédelmi célból tovább folyik a bányáüregekben felhalmozódó víz kiemelése és uránmentesítése. A bánya (különösen a fejtés) üregrendszerben bejutó és ott hosszabb ideig tartózkodó víz a visszamaradt érces falak, pillérek, kisebb lencsék, a fejtésekben maradt érces por és törmelék anyagából az uránt kioldja. Ezért a bezárt bányáüzemek üregeiben felhalmozódott víz kiemelkedően magas oldott U term. tartalmú (5000-12000µg/l). A 0/6 aknából és egy fúrólyukon át a 6/11 vakaknából kiemelt vízből az itt felállított szorpciós oszlopokon vezetjük át, ezáltal urántartalmát lekötjük. A felhasznált műgyanta granulátumból az ércdúsítás technológiája során oldják le az uránt. Ez nem csak környezetvédelmi szempontból, hanem gazdaságilag is eredményes. Nyilvánvaló, hogy a bányáüzemek bezárása után a kiemelt v. kifolyó vizek tisztítása környezetvédelmi okok miatt addig kell folytatni, amíg az üregrendszerből a sokszoros átszűrődés során az urántartalom kioldódik és a kiemelt vizek minősége már a megszabott határérték alatt marad. A megengedett max. üzemi vízszint jelenleg +65m. Ez alacsonyabb, mint a délebbre fekvő Törtgyogi medence

pannon rétegvizeibe mélyített kútjainak üzemi vízszintje. Így a szennyezett víz déli átáramlása még a kommunikáció egyéb feltételeinek megléte esetén sem volna lehetséges A kapcsolat egyébként csak a perm-triász homokkőösszlet felső, mállási-aprózódási zónájában volna lehetséges, de az üzemi vízszintek ezt lehetetlenné teszik. Egyébként a depressziós tölcser maga felé irányítja az I., III. üzemi meddőhányóból, részben a 2. perkolációból származó magasabb szennyezettségű vizet.

Legnagyobb környezet-hidrogeológiai problémát az ércdúsítás végfolyamatából származó 2 db **zagyártározó** jelenti. Az ércdúsítás jelentős mennyiségű vegyi anyagot használ fel. A zagyártározók a felső pannon üledékekkel feltöltött Pécsi medence felszínén települnek. Az I. zagyártározó egy kb. 50m felszín alatti magasságig kiemelkedő alaphegységi sasbérc fölött helyezkedik el, a másik ettől délre. A sasbérc a medencét két részre tagolja: a keleti a Pellérdi, a nyugati a Törtgyogi medence. E területeken a Pécsi Vízmű mintegy 90 fúrt kútja működik, jelenleg "csak" 20-25 000 m³/nap minőségű vizet szolgáltatva Pécs számára. Az alaphegységi kiemelkedés fölött a fácies viszonyok miatt nem voltak kutak, ez is szerepet játszott a hely kiválasztásában. Noha a zagyártározók tervezésénél már szó esett a felső-pannon üledékek és a vízműkutak védelméről, az építéskori intézkedések nem voltak eléggé hatásosak. A zagyártározók aljának elgondolt "szigetelése" (meszes kémiái gát) nem volt megfelelő. A lerakott zagyából építetgátak egyre magasodtak. A tározó tetején, mivel az lefolyástalan, a technológiai vízből és a csapadékból tó marad vissza. A víz nagy részét returvízként a technológiai folyamatba visszavezetik, a veszteséget bányavízzel pótolják. Így a víz körforgalma nem teljes. 1996-ra a 2 db zagyártározóban 16,2 millió m³ laza porózus anyag halmozódott fel. A benne levő porózus víz sótartalma 18-19 g/l. A tó vize 10-12 g/l össz. oldott sót (zömében Na, Ca, Mg, Cl, SO₄ ionok) és 50-100µg/l össz. oldott uránt tartalmaz. A felszínen levő tóból és a zagy porózusvízből nagy mennyiségű sós víz szivárog az eredeti felszín alá, elsősorban a talaj, ennek közvetítésével a rétegvizekbe. A víz oldott urántartalma alacsony, hiszen ezt a technológiában kivonják. A víz magas sótartalma jelenti az igazi veszélyt. A kérdés megértésében és megítélésében a földtani felépítésnek és a hidrogeológiai viszonyoknak fontos szerepe van. A legjelentősebb felismerés az volt, hogy a Pécsi medence felszínén levő 8-10 m-es átszórt, réti lösz alatt egy pleisztocén durva homokos, kavicsos, közettörmelékés lepel van. Ez tartalmazza a talajvizet.

Az alatta levő, több száz métert is elérő vastagságú felső-pannon, homokos, aleuritos, agyagos képződményekből álló laza porózus üledék több rétegeben nagytömegű artézi vizet tartalmaz. Ezt hasznosítják a Pécsi Vízmű kútjai. Az eredetileg pozitív vízű kutak a víztermelés hatására kialakult depresszió következtében negatívvá váltak és ma már alacsonyabb nyugalmi vízszintűek, mint a talajvízé. Így tehát az eredetileg pozitív hidraulikai gradiens negatívvá alakult, amely a mélységi vizek veszélyeztettségében kedvezőtlen, mert a felülről lefelé történő vízáramlást teszi lehetővé. Vizsgálataink szerint a legnagyobb mértékű (területre és minőségre egyaránt) károsodást a talajvizek szenvedték. A legkényesebb helyeken, Törtgyogi irányában a zagyártározóból származó víz hatása már több mint 2000m távolságban kimutatható. Kisebb területen és kisebb mértékben szennyezettek a rétegvizek, és pedig természetesen minél mélyebb helyzetűek, annál kevésbé. A zagyártározók alatt a szennyeződés az alaphegységig lehatolt. Mozgása csak részben történik horizontálisan, vagyis a vízadó rétegben, mert a különböző hidrogeológiai minősítésű rétegek kiékelődnek, egymásba újszerűen összefogazódnak. Így a felső talajvíztartó rétegekből is mintegy "ablakokon" keresztül a rétegvizekbe is leszivároghat az oldott anyag. A szennyeződés horizontá-

lisan határozottan frontszerűen nyomul előre, bizonyos irányokba kitüntetetten. Ezt a közetminőségen (vízvezetőképességen) túl elsősorban a Tortyogói medencében mélyített vízműkutat által létrehozott depresszió befolyásolja. Eddig mindössze egy vízműkútban jelent meg a megengedett ivóvízhatásnál nagyobb mértékű oldott sótartalom. Ezt a nagy átmérőjű modern kavicsolt kutat már zagytározók működése után telepítették, szakmailag nem eléggé átgondoltan. A nagy hozam szinte berántotta a zagytározóból származó sós oldatot és a környékbeli kutaknál is észlelhető azóta emelkedés néhány vízkémiai jellemzőben.

1997-ben a rendszeres vizsgálatok során az inkriminált kút vizének bepárlási maradéka 1,65-3,26 g/l között volt, miközben a természetes érték 0,5-0,6 g/l. Az oldott U-term. tartalomban 2-2,5 µg/l, ami még az átlagos értéknél is alacsonyabb. Tájékoztatásul jegyezzük meg, hogy a zagytározó körüli talajvizek össz sótartalma 0,45-18,8 g/l, az oldott U-term tartalom 2,5-645 µg/l között változott, természetesen úgy, hogy a magasabb értékek közvetlenül a zagytározó gátjánál, a kisebbek a szélső megfigyelő kutakban voltak észlelhetők. Ugyanezen jellemzők a rétegvíz megfigyelő kutaknál 0,38-4,5 g/l, illetve 1-12,5 µg/l voltak. A változás tendenciája itt is ugyanaz mint a talajvíznél. A zagytározók által okozott környezetkárosodás a rekultiváció egyik legnehezebb és legösszetettebb problémája. Részleteiben az ezt tárgyaló fejezetben lesz róla szó, de annyit megjegyeznünk, hogy a szennyeződés környezet-hidrogeológiai szempontok szerint jellemezhető, a várható megoldás is ebben az irányban halad.

Megemlítünk még néhány olyan kérdést, melyek jellemzőknek fogva ugyan természetesen kapcsolatban vannak a földtani felépítéssel is, de tárgyalásukat inkább a hidrogeológiai témájú cikkben tesszük közzé. Ezek ugyanis, véleményünk szerint szorosabban kapcsolódnak a három állapotban (eredeti, bányászkodás alatti, befejezés utáni) vizsgált hidrogeológiai képhez. Ezek a kérdések:

- * A bányavíz kiemelés mennyiségi és minőségi adatai;
- * A bányüzemek fölött kialakult depressziók;
- * Az északi szárnyom elhelyezkedő karsztvíz esetleges veszélyeztetettsége.

Az uránbányászat rekultivációja

Rekultiváció alatt valamely tevékenység részleges vagy teljes befejezés utáni helyreállító tevékenységet értjük. Ennek keretében az eredeti, vagy azt megközelítő, a természeti viszonyoknak megfelelő, abba beleillő, a társadalom által elfogadott és jogszabályok által meghatározott állapotot kell kialakítani, amely megszünteti vagy minimálisra csökkenti a lakosságot és a természetet érintő káros hatásokat. A mecseki uránércbányászat megszüntetésének teljeskörű koncepcióterve 1996-ban elkészült. Cikkünk ennek főbb megállapításaira támaszkodik.

A föld alatti bányáüregrek rekultivációjára tulajdonképpen nincs lehetőség, szó szerinti értelmezésben nem is nagyon van rá szükség. A bányászat felhagyása után természetesen indokolt a napszintre nyíló aknáknak feltömedékelése, hiszen pl. a IV. üzemi szállítóakna 1146m mélységű, 7m átmérőjű, mintegy 44 000m³ térfogatú üregének, akár többszáz év múlva is bekövetkező összeomlása a felszínen tragédiát is okozhat. A tömedékelésnek vízvezetőnek kell lennie. A tárók sekély mélységű szakaszait az omlások felszíni hatásai miatt tömedékelni kell, különösen ha az mint pl. az Északi táró, település (Kövágószőlős) alatt húzódik. Mivel a bányáüregek felhagyásuk után feltöltődnek vízzel, s ez a tárószintet elérve itt fog kifolyani, a tömedékelésnek speciálisnak kell lennie, mert biztosítani kell a vízvezetést. Az uránércbányák föld alatti üregeiben, főleg a fejtésekben a radioaktív bomlás eredményeképpen a radongáz összegyűlik.

Repedésrendszerek, elsősorban tektonikus zúzott zónák mentén felfelé migrál. A felszínen hamar felhígul és elbomlik. Folyamatosan zárt térbe, pl; lakóházakba kerülve azonban káros mértékben halmozódhat fel. Mivel lakott területek alatt fejtésüregrek nem található, ez a veszély, legfeljebb érintheti Cserkút északi szegélyét, vagy Kövágószőlős táró alatti néhány épületet. Ezek ellenőrzése folyik. Már szó volt a vízzel történő feltöltődésről. Ez bizonyos idő múlva (számításaink szerint a bányabezárást követő 30-33 évben) kifolyó vízként fog megjelenni. Mivel a fejtésüregekben sok repedezett érc, ércpor található még a befejezés után is, a feltelő vízben több radioaktív anyag van oldva, mint egyébként a normál bányászat során kiemeltben. A vízkiemelés várhatóan 2000-re meg fog szűnni az északi üzemekből, ezért hozama csak a tárószint fölött fakadó, gravitációsan kifolyó mennyisége fog csökkenni. Várható, hogy 2030-33 között a III., IV., V. üzem egyaránt feltelik.

A bányavíz zömét ma leadják az I. üzem üregrendszerébe, itt telítődik, kiemelésre és tisztításra kerül. Ez a módszer addig fennmarad, míg az I. üzem át nem mosódik és vize ki nem tisztul. Az északi üzemekből kifolyó víz csak 2000 és 2030 között lesz kishozamú, utána fog megnőni a víz mennyisége a feltelő vízből. Tisztítására csak 2030 után kell gondolni. A hely még nem eldöntött, de valószínűleg a zagytározók környékén lesz egy központi víztisztító telep, ahol a radioaktív anyagok és a sok kinyerés egyaránt lehetséges lesz. (Bányavíz mennyiség és minőségi adatok a hidrogeológiai cikkben.) Az elengedhető víz határértékei jelenleg: urán 2 mg/dl, Ra²²⁶-ra 1,1 Bq/dl, egyéb anyagok az érvényes szennyvízrendelet szerint, az össz. technológiai eredetű sótartalom 1500 mg/l. Hogy a kifolyó bányavíz minél kevesebb káros anyagot tartalmazzon, felhagyás előtt a vágatokat, föld alatti műhelyeket ki kell takarítani, elsősorban az olajtartalmú szennyeződések, gépeket ki kell szállítani.

Más a helyzet az uránbányászat *felszíni létesítményeivel*. Ezekből a sugárzó anyagok gáz, oldat, szilárd anyag (por) formájában egyaránt eltávozhatnak, s ez károsítja a környezetet. Másrészt befolyásolhatják a táj képét, ezért esetleg le kell bontani (épületek), vagy különböző eljárásokkal a tájba kell illeszteni őket (meddőhányók).

A meddőhányók rekultivációja a tájba illesztéssel, a megfelelő forma kialakításával kezdődik. A lejtőszögeknek, a domborzatnak hasonlóknak kell lennie a környezetéhez. Sem a rálátás, sem a róla való kilátás esetében ne tűnjön ki környezetéből. Radiológiai szempontból azon a meddőhányók jelentenek problémát, melyek fejtési, erősen anomális anyagot tartalmaznak. Ilyenek az I., II., III. (de vállalati feladatokat ellátó) nagy meddőhányók. A rekultiváció során az infiltráció (beszivárgás), a gammasugárzás, a radonkiáramlás, a kiporzás és az erózió csökkentése a fő cél. Ezért a formai átalakítás után 1 m vastagságú konszolidált talajtakaróval fogjuk beborítani. Ez a talajvastagság biztosítja a lágyszárú és fás, mesterséges indítású növénytakaró önfenntartását. Erre vonatkozóan a talajjal borított meddőhányókon kísérleti telepítéseket hoztak létre a következő elemekből: mezei juhar, virágos kőris, rezgő nyár, mezei szil, orgona, cserszömörce, molyhos tölgy, varjú-tövis benge, ostorménfa, csertölgy, ezüsthárs, fagyal. A végleges telepítés a kísérleti eredmények alapján fog történni. A meddőhányóról lefolyó, vagy abba bejutó, de a peremeken újra a felszínre törő vizeket óvárokrendszerrel fogjuk össze. Állandó, rendszeres vízminőségi vizsgálatuk szerint lehetővé válik (vagy már jelenleg is úgy van) elvezetésük víztisztítóhoz. A talajtakarónak természetesen radiológiai szerep is van. Nevezetesen csökkenti gamma sugárzást és lecsökkenti a radongáz kiáramlását. Erre vonatkozóan az OSSKI állapított meg olyan paramétereket, melyek a normál háttérértékek 2-3-szorosát jelentik.

Ezek a következők:

- * gammadózis intenzitás: 200-400 nGy/h
- * radon koncentráció: 20-40 Bq/m³
- * radonexhaláció: 0,7 Bq/m³/sec

A talajjal borítás után radiológiai mérésekkel ellenőrizzük a megfelelő hatást, Szükség esetén növelni lehet a talaj vastagságát, általában azonban az 1 m bőven elegendő. A nem fejtési meddőt tartalmazó, általában az aknamélyítésekéből származó kisebb meddőhányóknál radiológiai problémák nincsenek. Ezek közül többet (Tótvár, V.ü. Légakna) elszállítottunk a III. üzem meddőhányó morfológiai alakítása céljából.

A **perkolációs** eljárásnak alávetett érces közettömbben mozgó szódás oldat szintén veszélyezteti a környezet felszín alatti vizeit. Az 1.sz. perkoláció az Ércdúsító üzem területén a pannon rétegvizes összlet felszínére települ, a 2.sz. perkoláció pedig az I. üzem depressziójától északra permi "fekeszürke" homokkőre. A fóliás medenceszigetelés ellenére is mindkét területről megszökő oldatok (a 2.sz. perkolációnak csak a nyugati részéről) veszélyeztetik a pellérdi és a tortyogói vízbázist. A szilárd anyag mintegy 60 g/to mennyiségben tartalmaz uránt, de a pórusokban mozgó (esetleg megszökő) víz 10-20 mg/l U és 15 g/l össz. oldott anyag tartalmú.

Végleges megoldást, több lehetőség vizsgálata (takarás, védőszivattyúzás, stb.) után, a hidrogeológiai legvédehetőbb területen való elhelyezés, tehát a teljes áthalmozás jelenti. Erre lehetőséget ad a III. üzemi meddőhányó, melynek keleti oldalán a Zsid patak mederátelhelyezése után mindkét perkolációs térség közettömege (összesen közel 4 millió m³) elhelyezhető. Az itt elhelyezett meddőhányóból beszivárgó víz teljes egészében az övárakba, és/vagy közvetlenül az I. üzemi depressziós tölcsérbe jut, majd innen az üregekből kiemelik és uránmentesítik. Mivel a perkolációs tömeg az áthalmozás után a meddőhányó része lesz, azzal azonos módon és határértékek tartásával fog történni a rekultiváció.

A takarással és növényesítéssel természetesen erőteljesen le fog csökkenni a beszivárgás, így a perkolációs közettömbben levő szennyező anyagok (elsősorban szóda és radioaktív elemek) bezáródnak és konzerválódnak. Az áthalmozás után a perkolációs medencék ill. területek eredeti felszínét várhatóan 1 m vastagságban el fogjuk távolítani és azonos vastagságban talajjal fogjuk borítani. Így tulajdonképpen korlátozottan mezőgazdasági felhasználásra kerülhetnek. A perkolációs területek megfigyelő hálózatát ellenőrzésképpen tovább fogjuk működtetni, már csak azért is, mert a fúrások egyben az I. üzemi depressziós tölcsér geometriájának, változásának ellenőrző pontjai is.

Az elszívagott oldatok hatására a környezet felszín alatti vizek folyamatosan szennyeződnek. A szennyeződés horizontális kiterjedése a víztartó rétegek mélyebb helyzete szerint csökken. A szennyeződés előrenyomulása frontszerű, mértéke és távolsági hatása irányok szerint változó. A legnagyobb előrenyomulási irány és sebesség DNy-Ny felé észlelhető. A maximális távolság meghaladja a 500 m-t. A szennyeződés elsősorban az oldott só tartalomban jelentkezik. A tortyogói medence vízműkútjai által létrehozott depresszió a front előrehaladás irányát és sebességét befolyásolja.

A **zagyártározók** rekultivációját három fő irányban jelölhetjük meg:

- * a zagyártározók tájba illesztése,
- * az oldatok kiszivárgásának megszüntetése vagy csökkentése,
- * a felszín alatti vizekbe már kijutott só tartalom visszanyerése.

Az egyes megoldási módok többirányú változást, javulást okozhatnak, egymással szorosan összefüggenek.

A zagyártározó morfológiai átalakítását a tájba illesztés is indokolja, hiszen az I. zagyártározó ugyan sík terepre települ, de a közeli pellérdi dombok (pellérdi szőlőhegy)

miatt nem tájidegen. A II. zagyártározó ennek északi lejtőjére fekszik fel, de szó van ennek anyagának áthalmozásáról és éppen az I. számúra. Ez ugyanis jelenleg gátakkal körülvéve homorú felszínű, ebben helyezkedik el egy kis, igen magas só tartalmú tó. Ez jelenleg lefolyástalan terület, amely a csapadék beszivárgását megnöveli. Így viszont megnövekszik a sók oldódása és a sóoldatok tovább migrálása. Ez kedvezőtlen. Ezért a zagyártározók alakját domborúra kell formálni. Emellett az átformált tározót szintén legalább 1 m vastagságban agyagos talajjal kell borítani.

Ezt növények telepítése követi. Mindkét megoldás csökkenti a csapadék beszivárgását és az oldatok felszín alatti vízbe jutását. Ugyanekkor gyakorlatilag megszűnik a kiporzás is, amely viharos szél vagy tornádó jellegű helyi szelek alkalmából jelenleg igen nagy mértékű lehet.

A finomszemű zagyából keletkező porfelhők ma még nagy távolságra is eljuthatnak, a védőerdő övezetek nem képesek teljességgel felfogni. A növények telepítése a tájba illesztés is elősegíti.

A zagyártározó közvetlen fekéje átmosott, réti lösz. Ennek vízvezetőképessége kisebb, mint a porózus, homokos, iszapos kiülepedett zagyé. Ezért a peremen a gátak (vagy a domborulat) szélén mindig lesz vízkilépés, ha mennyisége a jelenlegihez képest le is csökken. Ezek felfogására övárakrendszert alakítunk ki. A csurgalékvizeket tisztító művet keresztül vezetjük a befogadó Pécsi vízbe. Ez a felszíni vízfolyás, függetlenül az uránércbányászattól gyakorlatilag szennyvíz minőségű. A tisztított víz bevezetése javítani fogja a vízminőséget.

A felszín alatti szétáramlás megakadályozására sok lehetőség került megvizsgálásra. Ilyen volt például a szád-falazás kérdése, amelyre vonatkozóan két mélység jön számításba. 30m mélységig a talajvíztartó rétegek elzárását klasszikus réselőgépes-árkos-vizzáróanyag tömítéses eljárással lehet megoldani. A rétegvíztározó mélyebb fekvésű tömegeit sűrűn telepített mélyfúrásokba préselt injektáló anyagból képzett függőnyfallal lehetne elzárni. Mindkét technológia sikeres alkalmazási feltétele az a földtani adottság, mely lehetővé teszi a záró szerkezet beültetését olyan, nagy területen összefüggő, azonos minőségű vízzáró agyagba, mely a függőleges, lefelé irányuló szivárgást meg tudja akadályozni. A zagyártározók körüli fúrások feldolgozása alapján úgy látszik, hogy ez a feltétel a zagyártározók alatt nem teljesül. Így a sikeres szivárgást korlátozó létesítménynek nincs biztos esélye.

Más megoldásként egy, a zagyártározókat körbefogó szivattyúzott kútsor, ha az a megfelelő mélységet eléri, még szóba jöhetne. Az ilyen kutak azonban nemcsak a szennyeződés felőli oldalról vonják el a vizet, hanem ellenkezőleg is. Ezt egy külső oldali szád-falazással lehetne csak megakadályozni. Mindez óriási tömegű és a jelenleginél felhígultabb vízmennyiséget jelent, melynek tisztítása rendkívül nagy költséget jelentene. A védőkutas módszernek egy speciális lehetősége van e területen. A tortyogói kutak termelése előtt a rétegvíz pozitív volt, nyomásszintjük a felső talajvízszintnél magasabb volt. Ez a pozitív hidraulikus gradiens felfelé irányuló áramlást és kommunikációt tett lehetővé a vízrendszerek között.

Mára a helyzet megfordult. A rétegvizes összletben a víztermelés következtében kialakult depresszió mértéke miatt jelenleg a talajvízszint magasabb, mint a rétegvizek nyomásszintje. A hidraulikus gradiens tehát negatív. Erre alapul a hidrogeológiai rekultiváció. A módszert a Bányászati és Környezeti Mérnöki Irodával együtt végzett numerikus modellezéssel dolgoztuk ki. Eszerint 18db védőkút évi 400 ezer m³-es víztermelésével a zagyártározók környezetének nagyobbik részén meg lehet fordítani a jelenleg lefelé mutató szivárgási helyzetet. A kutak a talajvízre mélyülnek, azt emelik ki és alakítanak ki benne egy olyan depressziót, melynek következtében a rétegvizek kevésbé depresszionált nyomásszintje újból magasabb lesz.

Így igen lassan újra pozitív hidraulikus gradiens alakul ki, és a szennyezettebb talajvíz nem fog átszivárogni a rétegvízbe. A kiemelt víz tisztításával a már a rétegekbe kijutott oldat kiemelhető, a víz tisztítható és elengedhető. A transzportvizsgálatok szerint ahhoz, hogy a szennyezett felszín alatti vizek össz. sótartalma 15 év alatt 5000 mg/l alá csökkenjen, 33 kút lesz szükséges. Ennek következtében a zagytározók alatti terület 88 %-án megindul a felfelé áramlás és a lassú tisztulás. A 400 ezer m³ víz a tortyogói és pellérdi vízbázisnak mindössze 3,3 %-át teszi ki.

A fenti módszer még részletes kidolgozást igényel. Sikeréhez az is hozzájárulhat, ha kémiai beavatkozásokkal a zagytározóban levő oldatok minőségét befolyásoljuk.

Üzemi területek, épületek szintén problémát okozhatnak. Méréseink szerint egyes területek, épületek, szerkezetek radioaktivitással szennyeződtek.

Az eredmények alapján az ÁNTSZ adja ki az inaktívva nyilvánító határozatot, vagy el kell végezni a területek, épületek kontaminálását. Adott esetben talajcserét, bontást kell végrehajtani. A bontási anyagok a zagytározóban helyezhetők el. Ezek után a területek épületek ipari, kereskedelmi célokra is felhasználhatók. Nagy előnyt jelent a teljes infrastruktúra.

Kétségtelen, hogy az uránércbányászat környezetében jelentős változásokat, esetenként károkat, környezetszennyeződést okozott. Különösen jellemző volt ez a régebbi időkre, amikor az uránbányászatra vonatkozó tiltakosság és politikai irányzat megnehezítette a hatóságok ezirányú működését. Annak idején persze egyáltalán nem volt általános a környezetvédelmi szemlélet.

Kétségtelen azonban, hogy az uránbányászat közelebbi és távolabbi környezetének felemelkedését jelentette. A bányászat biztosította a munkaalkalmat, az infrastruktúrális fejlődést. Mára nem egy kis község kihalt volna az uránércbányászat nélkül. Megfelelő és igazságos mérlegelés bizonyára az uránércbányászat hasznosságát igazolja.

Koch László, Lendvai né Koleszár Zsuzsanna

Földtani és bányászati kutatás a Nyugat-Mecseki antiklinális területén, a Bodai Formációnak, mint radioaktív hulladékbefogadó kőzetösszletnek az alkalmassága vizsgálatára

A kutatástörténet áttekintése

Az 1980-as évek első felében a Paksi Atomerőmű reaktor blokkjainak üzembe helyezése (1982-ben helyezték üzembe az I. blokkot) szükségessé tette az Erőmű tevékenysége által képződött kis- és közepes ill. a későbbiekben a nagyaktivitású radioaktív hulladékok elhelyezési lehetőségeinek vizsgálatát.

Ehhez kapcsolódóan a nyugat-mecseki térség földtudományi és bányászati szakemberei 1983-ban egy előzetes tanulmányt készítettek. A Magyar Villamosipari Tröszt megbízásából megvizsgálták, mintegy 60000 m³ térfogatú, kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladék végleges elhelyezési lehetőségét a Mecseki Ércbányászati Vállalat

(továbbiakban: MÉV) felhagyott bányatérsegeiben és annak környezetében, illetve a Nyugat-Mecsek egyéb térségeiben. A térségben felhalmozódott nagy mennyiségű földtani és bányászati ismeretekre építve *nem javasoltnak* minősítették az uránércbányászati területeket és annak közvetlen földtani környezetét (MÉV, 1982), ugyanakkor tanulmányozásra ajánlották az ún. Bodai Aleurolit formációt. A Bodai Aleurolitra vonatkozó földtani ismeretek elmaradtak az uránércet tartalmazó, fedő homokkő összetekétől, de elegendőek voltak ahhoz, hogy jogosan felvetődjön a rétegösszlet hulladéktárolásra való hasznosításának gondolata.

A továbbiakban a Paksi Atomerőműhöz közelebb eső, Ófalu és Feked községek körzetében 1983-ban megindított kutatások miatt háttérbe szorult ez a javaslat. Az ófalu program sikertelen lezárása után (1988) a MÉV újra javasolja a Bodai Formációt az atomerőmű kis- és közepes radioaktív hulladékainak és esetleg toxikus veszélyes hulladékok elhelyezése céljából.

A Mecseki Ércbányászati Vállalat 1989-ben a bodai aleurolitban egy többcélú mélységi hulladéktároló kialakításának vizsgálatát kezdeményezte és számos egyeztetési és módosítási fázis eredményeként engedélyt kapott arra, hogy saját eredménye terhére megindítsa a kutatást.

A vizsgálandó formáció térbeli helyzete, a MÉV és a belőle később létrejött vállalkozások (Pl. Mecsekurán Kft, Rotaqua Kft stb...) infrastruktúrája lehetővé tette, hogy minimális költség- és időráfordítással a terület kutatása megkezdődhessen, illetve a minősítés szempontjából nélkülözhetetlen adatok tömegét eredményezze (Kovács L., 1997). Első fázisban sor került az uránérc kutatás és -termelés során felhalmozott információknak és adatoknak az új szempontok szerinti összegyűjtésére, rendszerezésére.

Ezek alapján kezdtek meg a továbbkutatási lehetőségek tervezését. A megindult kutatások (1989-től) egyidejűleg folytak a külszínről (elsősorban mélyfúrásos módszerrel) és az V. sz. bányüzem -700 mBf-es szintjén (1000-1100 méteres felszín alatti mélységben.).

A kutatási program legfontosabb elemei a geológiai mélytárolókra vonatkozó általános nemzetközi tapasztalatok és ajánlások figyelembevételével az alábbiak voltak:

- * *speciális geológiai, geotektonikai, hidrogeológiai térképezés,*
- * *a térség szeizmológiai, geodinamikai vizsgálata,*
- * *2 db 1200 m mélységű külszíni (BAT-4, BAT-5) és 1 db 350 fm-es (Alfa-75) bányabeli kutatófúrás mélyítése a széleskörű, kapcsolódó vizsgálatokkal,*
- * *1000 m hosszú, az aleurolitot megközelítő, illetve feltáró kutatóvágat kihajtása az ércbánya meglévő főfeltáró rendszeréhez kapcsolódóan,*
- * *a kutató létesítményekből gyűjtött kőzetminták széleskörű laboratóriumi vizsgálatai, a geotechnikai és bányaműszaki előfeltételek vizsgálata,*
- * *a szociális előfeltételek meglétének vizsgálata, a hatósági és társadalmi elfogadtatás megalapozása (MÉV, 1993).*

A kutatási munkák mintegy 60%-os késztséget értek el, amikor 1991 januárjában anyagi fedezet hiánya miatt megszakadtak. Az addig elkészült munkák eredményeinek összefoglalására és a legszükségesebb kiegészítő munkák elvégzésére a MÉV egy OMFB pályázat keretében kisebb összegű támogatást kapott. E szakasz eredményeit összefoglalva készült el a "Jelentés a javasolt Mecseki Mélységi hulladéktároló 1989-1992 között végzett földtani kutatásának eredményeiről" című zárójelentés (MÉV, 1993).

E jelentést azóta több hazai és külföldi szakértő, illetve szakértő intézmény (pl. E.H. Rooseboom, US Geological Survey, USA és S. Wisbey, AEA, UK) megvizsgálta, értékelte, ellenőrizte. Valamennyien állást foglaltak a kutatá-