

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 titkosság 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 rétegoszszlet 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 ófalui 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 vizsgálata, 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-

sok további folytatása mellett, és az eredmények alapján, -figyelembe véve a PA RT (Paksi Atomerőmű Részvénytársaság) kiégett fűtőelemeivel kapcsolatban kialakult helyzetet is - felvetették, hogy a formáció számításba jöhet akár a nagyaktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésénél is (Kovács L., 1997).

A 90-es évek elején a Paksi Atomerőmű Rt működése során keletkezett nagyaktivitású radioaktív hulladékok (HLW) Szovjetunióba (Oroszországba) való visszazállítása bizonytalanná vált. Középtávú megoldásként az atomerőmű telephelyén megindultak egy száraz technológiával működő, bővíthető közbenső kiégett fűtőelemtároló (KKFT) építési munkálatai. A végleges megoldással kapcsolatos elemzések szerint a jelenleg ismert fűtőelem-ciklusok végén nem kerülhető el a hulladékok bizonyos mennyiségének végleges elhelyezése.

A fent leírt okok miatt a bodai kutatások témaköre 1993-ban bekerült az "Atomerőművi radioaktív hulladékok kezelésének és végleges elhelyezésének megoldására" 1992-ben létrehozott Nemzeti Projekt feladatai közé. A munkák ezt követően kifejezetten a nagyaktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésének kutatására irányultak (Kovács L., 1997).

1993 ősze és 1995 tavasza között megtörtént a bodai aleurolit rétegeinek mélyszerinti feltárása és megkezdődött a részletes in situ és laboratóriumi módszerekkel végzett földtani, hidrogeológiai, közetmechanikai és geokémiai tanulmányozása. Ennek eredményeit a PA Rt és a MÉV között létrejött Vállalkozási Szerződések keretében 1995-ben elkészült "ÖSSZEFOGLALÓ JELENTÉS" rögzítette. Jelentős mértékben megnövekedett a Bodai Formációra vonatkozó ismeretanyag az 1989-1995 közötti időszakban, amelynek során a továbbkutatást kizáró adatok, megfigyelések nem merültek föl. Ennek ellenére a nemzetközi ajánlások és a nemzetközi kutatási gyakorlat tanulmányozása alapján egyértelmű volt, hogy a jelenleg ismert információk mértéke nem elegendő az alkalmasság megítéléséhez.

A fentieket felismerve a PA Rt felkérésére a kanadai Atomic Energy of Canada Limited (AECL) és a magyar szakemberek bevonásával elkészült egy hároméves kutatási koncepcióterv a hosszútávú program függelékéket. A terv ("APPENDIX 1: Short-term program for further characterization of the Boda Claystone Formation") egy hároméves időszakon belül elvégzendő, az aktuálisan elérhető technológiák alkalmazásával reálisan elvégezhető kutatásra tesz javaslatot, amelyből a legnagyobb hatásfokkal nyerhetők a formáció minősítéséhez használható, legfontosabb információk (MÉV, 1995).

A koncepcióterv kiindulási alapja összhangban volt és van az időközben megszűlött hazai uránércbányászatról rendelkező kormányhatározattal, mely szerint az uránbányászati tevékenység 1997. dec. 31-i befejezéséig folytatni kell a Bodai Formáció kutatását.

A MÉV szakemberei a PA Rt megbízására elkészítettek a koncepcióterv ajánlásainak figyelembevételével egy a magyar viszonyokat, lehetőségeket reálisan felmérő kutatási tervet. Ez a szakmai bírálatok és egyeztetések után átdolgozva 1995 őszén került véglegesítésre és elfogadásra (MÉV, 1995. 09. 29.). A kutatási program végrehajtása feszített ütemben több, mint két éve folyik, 1996 nyarától egy öttagú szakértői bizottság ellenőrzésével. Ebben a munkában, kutatásban a MÉV és a Mecsekurán Kft szakembereinek koordinálásával és a kanadai AECL közreműködésével a hazai szakirányú kutatási intézmények, vállalkozások széles köre közreműködik.

A jelenleg folyó kutatások elsődleges célja, hogy a rövidtávú program végén elvégzendő biztonsági analízisbe illesztendő azon kritikus tényezők, paraméterek vizsgálata valósuljon meg, amelyek -kedvezőtlen eredmények esetén a formáció "alkalmatlan" minősítéséhez vezetnek. A terület alkalmasságát eleve kizáró tényezők vizsgálatát min-

denképpen a rövidtávú program során szükséges végrehajtani. Ez a nagy anyagi kockázattal járó hosszútávú program megindításának feltétele (MÉV, 1995. 09. 29.).

A radioaktív hulladék elhelyezési célú kutatások előtti időszak földtani ismeretel a Bodai Aleurolit formációról

A mai ismereteink szintjén szinte hihetetlennek tűnik, hogy a Bodai Formációnak, mint elkülönült réteg- és közet-tani egységnek felismerésében és kutatásában az 1950-es évekig, a magyar uránbányászathoz kapcsolódó kutatások megkezdéséig érdemi eredmények, leírások, megfigyelések nem születtek. Ebben szerepet játszott a nyugat-mecseki térség "hagyományos ásványkincsekben" (kőszén, érc, építőipari nyersanyagokban) való meddősége, közet-tani-földtani felépítése.

Jellemző, hogy az első fúrás, amely nagyobb hosszban érintette a formációt kőszénkutató fúrás volt (Az 1892-ben mélyített Kt-1 jelű fúrás, Kővágóttócs és Cserkút községek között, 129,2-750,0 méteres mélységközben.). Ezt azonban Barabás Andor 1955-ös kandidátusi értekezéséig nem ismerik föl. Ő megállapítja, hogy az alsó permis réteg-csoport legalább 600 méternek mutatkozik, mivel a fekvését nem érte el.

Vadász Elemér 1935-ös Mecseki monográfiájában és Magyarország Földtana című kötetében (1960) zavaros a perm felosztása, s még nem válik el világosan a Bodai Formáció elkülönítésének ténye.

A Bodai Formáció közetösszetételének önálló földtani egységként való felismerése legelőször Barabás A. 1955-ös kandidátusi értekezésében jelenik meg. Részletesebb adatok hiányában az idősebb alsó permis képződményektől meg ő sem különítette el a Bodai Aleurolitot, bár gyanította bennük az aleurolit alatti rétegeket. "A leglényegesebb különbség tehát az, hogy Vadász E. a Cserkút-Boda közötti területen található szürke, zöld, barna és vörös rétegeket tekinti alsó tagozatnak, az új beosztás szerint pedig még ez alatt is van egy jóformán teljesen vörös agyagkőből álló rétegsor, amelyik Dinnyeberkitől Bakonyáig a boltozat tengelyében ismerhető fel." (Barabás A., 1956). Bükkösdtől-Bakonyáig és Dinnyeberkitől É-ra való elterjedéssel említi az alsó-perm vörös agyagpalás réteg-csoportot, melyet jól rétegzett palás agyag, aleurolit, dolomitmarga épít föl kevés tűzkő. Ennek jelenlétét a későbbiek nem igazolták. Valószínűleg átkovárosodott dolomit vagy aleurolit betelepülések lehettek) és mészkőpaddal, mintegy 400 m látható vastagságban. Fácies szempontból nyílt, de sekélytengeri üledékként írja le az összletet (A mostani ismeretek ciklusosan beszáradó, sekélytavi lerakódási környezetre utalnak).

1957-től indulnak meg azok az 1:10000-es méretarányú földtani térképezési, rétegtani, üledékföldtani kutatási munkák, melynek eredményei (Jámbor Á.-Tözsér O.-Weber B., 1962) és későbbi feldolgozásai (Jámbor Á., 1964) tisztázták a térség alapvetően máig érvényes földtani, rétegtani bontását (csak a földtani korbeosztások módosultak, változtak a földtani koncepciók és az újabb eredmények, adatok tükrében). Jámbor Á. megállapítja, hogy a bodai összlet közvetlen fekvését a nyugat-mecseki antiklinális területén a Cserdi Konglomerátum és Homokkő összlet 600 métert meghaladó vastagságban alkotja. Kijelenti, hogy "Az aleurolit összlet első felületen vizsgálata alapján nemcsak a mecseki perm, hanem az ország legegységesebb üledékének tűnik". Megadja a formáció 900 m körüli átlagvastagságát és elvégzi a finomabb litosztrigráfiai felosztását a külszíni földtani térképezés és néhány kutatófúrás tapasztalatai alapján. Az összlet szedimentológiai bélyegei (pl. hullámfodrok, száradási repedések, cserepedések, a rétegek szinte kizárólagosan oxidált, vörös színe és a fauna erősen hiányos volta) alapján

kizártnak tartja a formáció tengeri képződését és zárt, peplenedő medencében történő, sekély, oszcillálóan beszáradó állóvízi képződési környezetről beszél. Az összlet felosztását Fülöp J. (1994) Jámbor Á. (1964) nyomán készített ábrája mutatja.

Az általa bemutatott felosztásban a fekvő felé elhelyezkedő átmeneti rétegszakaszt is figyelembe véve 5 részre bontja a formációt. Ennek részletes taglalását itt most eltekintünk (Jámbor Á. 1964, és Fülöp J. 1994). Ez a csoportosítás tükrözi a formáció főbb jellemzőinek változásait, tendenciáit, de részleteiben a későbbi térképezés és fúrásos kutatás eredményei alapján módosításra, kiegészítésre szorult. Az eltérések inkább az üledékképződési és az ebből adódó rétegzettségi tulajdonságokban (rétegvastagság, szétesési jellegek, szedimentológiai jellegek stb...) jelennek meg, kevésbé tükröződnek az ásvány-kőzettani összetétel változásaiban illetve sokszor csak az ásványi összetevők és az alkotó kőzettípusok arányaiban mutatkozik meg vertikálisan és horizontálisan egyaránt.

Ezek a különbségek gyakran csak anyagvizsgálati módszerek segítségével mutathatók ki a felépítő kőzetek erősen oxidált állapota és az ebből adódó uralkodóan vörösbarna, barnászürkés, ritkábban szürkésbarna, barnászürkés színei és a finom szemcsés üledékösszetétel miatt.

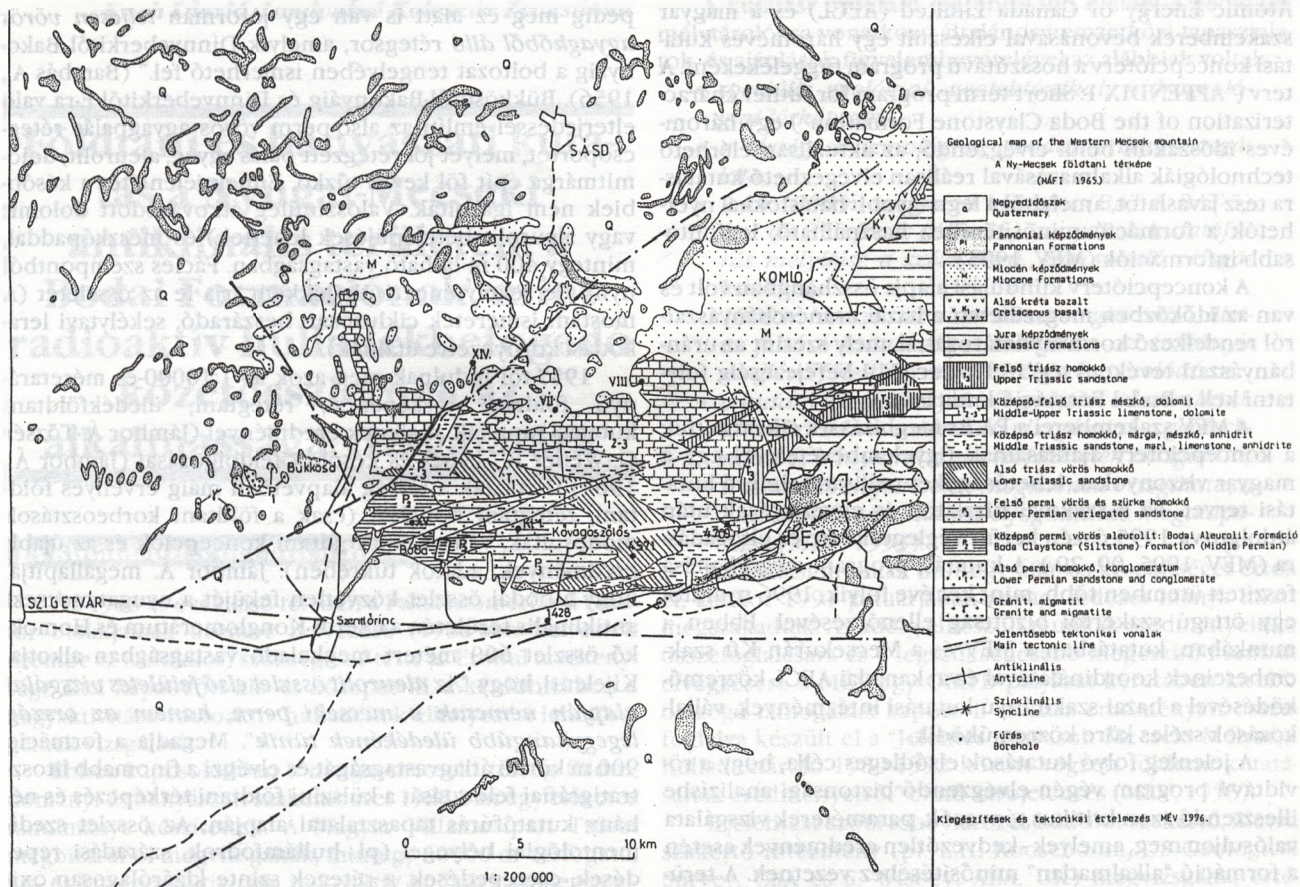
Somogyi János (1965) az aleurolit üledékképződési körülményeit próbálta meghatározni a hullámfodrok vizsgálata alapján. Az összlet kifejlődésének, fácies jellegének ismeretében ezek az adatok (4-20 m közötti vízmélység, ÉNy-DK-i és K-Ny-i csapású partvonal) korrekcióra szorulnak.

A továbbiakban 1985-ig a XV. szerkezetkutató fúrás lemélyítéséig több szerkezetkutató fúrás (pl. II., V., VII., VIII., X., XIV., stb...) és néhány kisebb mélységű fúrás érte el a Bodai Aleurolitot (mindösszesen, mintegy 30 db kúrszíni fúrás), bizonyítva az összlet nagyobb, 150-200 km²-t meghaladó területi elterjedését és a K felé dőlő antiklinális szerkezetnek megfelelően az összlet felszíntől 2000 m mélység alá történő lehúzóását. Ezek a fúrások 0-200 m

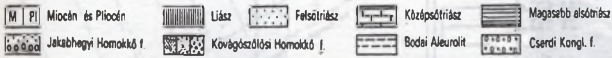
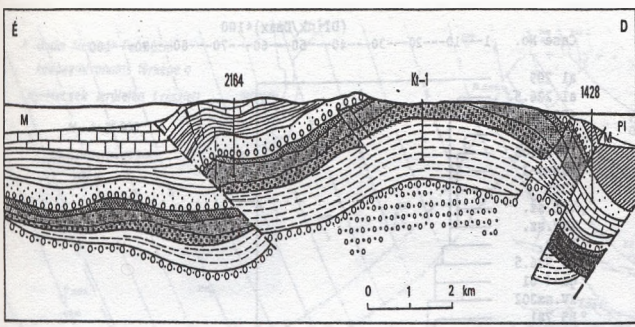
Lito-stratigráfia	Feltárás	Vastagság	Rétegszlop		Kőzetstílus	Rétegződés	Hullámfodrok elhelyezkedési viszonyai	Celluláris tartalom	Ósmaradványok
							
KÓVÁGÓ-SZŐLŐSI F.	Boda-Bakony
							
ALEUROLIT RÉTEGössZET	Boda-Bakony	73m
							
							
							
							
ÁTMENETI RÉTEGössZET	Boda-Bakony	350m
							
							
ATMENETI RÉTEGössZET	Boda-Bakony	300m
							
CSERDI FORMÁCIÓ	Boda-Bakony	150m
							

- JELMAGYARÁZAT:**
- Rétegszlop**
- Dolomit, agyagos dolomit
 - Aleurolit
 - Finomszemű homokkő
 - Homokos mészkő
 - Középszemű homokkő
 - Kavicsos homokkő
- Rétegzettség:**
- Szemcsésen-lemезesen széteső
 - Párhuzamos mikroregeztettség, mikrokeresztregeztettség
 - Párhuzamos vékonyregeztettség
 - Rétegtelen
- Ósmaradványok:**
- Phyllopora
 - Makroflóra
 - Spora-pollen
 - Féreglakócska
 - 7 Az ártípusok ismeretlen

A Bodai Aleurolit formáció litosztratigráfiai tagolása (Jámbor Áron)



A Nyugat-Mecsek földtani térképe (MÁFI 1965)



Áttekintő metszetek a Nyugati-Mecsekből
(Barabásné Stuhl. A.)

közötti hosszban érintették az aleurolitot, mivel céljuk az uránérckutatás vagy földtani szerkezetkutatás volt. A Bodai Aleurolit formáció települési helyzetét mutatja Fülöp J. (1994) Barabásné Stuhl Á. nyomán közölt É-D-i irányú szelvénye.

Ebben az időszakban (1965-1985) elsősorban a formációt magába foglaló 3000-5000 m vastagságú konszolidált, perm-triász összetétel szerkezetalakulásával, fácies és üledékföldtani bélyegeinek megismerésével kapcsolatban gyűlték az adatok. Itt említést kell tenni a Bodai Formáció területét érintő különböző geofizikai, radiometriai és geokémiai jellegű mérésekről is, melyek közvetve gyarapították az ismereteket (elsősorban szerkezeti és hidrológiai szempontból). Így a területen készültek pl. gravitációs, mágneses, geoelektromos, szeizmikus mérések, melyek különböző méretarányú szelvényeken és térképeken ábrázolásra kerültek (MÁFI, ELGI, MÉV Adattárak).

Az ún. Magyarszék-Hetvehelyi vonalról (feltolódási és oldalejtoldódási elemekkel) É-ÉNy-i irányban az összetétel meglétét és mélybe süllyedését a V., XIV. szerkezeti és a Goricai fúrások bizonyították. Ny felé az ún. Bükkösi töréson túl nagy valószínűséggel tektonikai és települési okokból lepusztultak a formáció rétegei és az idősebb fekvő képződmények jelennek meg a felszínen. Így az alsóperm üledékes homokkő, konglomerátum összetételek, a közéjük települt vulkáni, szubvulkáni riolit és alsókarbon korú kristályos aljzat gránitos közettípusai. Az ún. Mecsek-alja vonalról D-re, DNy-ra vagy hiányzott a Bodai Aleurolit vagy nagyon kis vastagságban találták meg (Nk-2, Mk-3 sz. fúrásokban 6,3 és 18,2 m) bizonyítva az egykori üledékgyűjtő medence aszimmetriáját (Wéber B. 1977, 1988). Délen nagy valószínűséggel egy lepusztuló félben levő kristályos küszöb határolta a medencét. Erre utalnak a 4571 és a 4709/1-es számú fúrások medenceperemi, vörösbarna, barnászörös, aleurolittal kevert, zagyjellegű, rosszul osztályozott, ásvány- és közettörmelékes szakaszai és a Villányi hegységi perm eltérő sajátosságai.

1985-1986-ban történt a XV. sz. szerkezeti fúrás lemélyítése, melynek célja a rétegsor feltárása mellett, a nyugat-mecseki antiklinális kristályos aljzatának elérése volt (technikai okokból kb. 300 m hiányzott ehhez). A fúrás megerősítette a korábbi ismereteket, feltevéseket és tisztázta, mintegy 1300 m vastagságban a formáció fekvő viszonyait. Mintegy 870 m hosszban - de nem teljesen - harántolta a Bodai Formációt elérve annak fekvését. Igazololta az aleurolit összetétel nagy vastagságú kifejlődését és üledékanyagának szemcseméretének alulról felfelé való nagyon lassú, fokozatos csökkenési tendenciáját az antiklinális tengelyzónájában. Az átfúrt aleurolit rétegek legfőbb 300 méteres szakaszán nem észleltek homok tartalmú rétegeket (Hámos G., 1986. MÉV Adattár). A fúrás rétegsorának és bizonyos geofizikai mérések (gravitációs, mágneses) ismeretében kijelenthető, hogy az antiklinális aljzatát nagy valószínűséggel alkotó, a tágabb térségből megismert Mór-ágyi Gránit és az Ófalui Fillit komplexumok 1400-1600 m

RÉTEGSZLOP	KÖZETTANI JELLEGEK	VAST. M	LITOSZTRATIGRÁFIAI BEOSZTÁS	KOR
	Homok, kavicsos homok, agyag, márga.	0-500		PAH
	Homok, homokkő, konglomerátum, tarka agyag, "sál", agyagmárga, mészkő, talabalegályok.	0-500		MM MII MIII MIV
	Középletes homokkő.	800-1200	MECSEKI KÖSZÉN FORMÁCIÓ	ALSÓ ÁRA
	Homokkő, aleurolit és agyagok, chamoisit- és sülékrit-ritteggek. Forrólagzótt tuff és karbonsz (licsók), korbácsi meszes, kőmalmos (licsók) dolomitaljak. A bódai III. sz. adalati ritteg. Agyagok-sülékritesek, durvaszemű, meszes homokkő, regressziós ritteggarak talajföldes.	250	KAROLYVÖLGYI FORMÁCIÓ	FELD-TRIÁSZ
	Mészkő, dolomit, márga, homokkő, aleurolit, szelátopes és helyi mészkő (legfőképpen) Lepszén ritteggarak (agyagmárga) (agyagmárga) Piroklastikus eredetű homokos szelátopes.	100-2000	KANTAVÁRI FORMÁCIÓ	
	Sülékrites mészkő.	4	MÁFI SZIBERI T.	
	Sátrics, barnászörös, mikro-kristályos ritteggarak dolomit, alsó része calcareus (szel), Hatalmas dolomitcsodolat.	125	KÁNYI KÖZARI DOLOMIT TAGOZAT MÉSZKŐ TAGOZAT	
	Sárga és szürkésfehér, sülékrites mészkő, szelátopes vonalú mellőli dolomitcsodolat.	125	DÖMÖKAPU MÉSZKŐ	
	Márgalepés, sátrics, rétegtőlleges mészkő, alsó részén nagygyűjtő. Fémzetűs betelepítésekkel.	95	BERTALANHEGYI MÉSZKŐ	
	Sátrics, pados, iszapmagyos, apóritsúlyos mészkő.	65	TÜBESI MÉSZKŐ T.	
	Sátrics, sülékrites, agyagos, sülékrites sávos, telőmivelű "Ditiréteggel" mészkő.	100		
	Sátrics (mészes) mészkő dolomit (foltok), dolomitlencsékkel.	125		
	Vörös, sárga, szürke "alföldi dolomit"	0-30	RÓKAHEGYI DOLOMIT FORMÁCIÓ	
	Sülékrites, bílmeszes, mészkőgyűjtő mészkő, karbonsz (licsók) dolomitcsodolat.	60	VIGÁNYI MÉSZKŐ TAGOZAT	
	Dolomitmárga, márga, agyagok.	40	MAGYARÓRÓCI AMURDIT TAGOZAT	
	Sátrics dolomitmárga, sülékrit- és gipszlevegőkkel.	180		
	Vörös és sülékrites, pados agyagok. Párhuzamosan és hullámosan mélyrelevegők. Ritmusos feltöltés.	100	PATÁCSI FORMÁCIÓ	
	Tarka, kalkitális, talajon azonos malachites homokkő Tarka aleurolites homokkő Vörösbarna, homokos aleurolit Található, üdítőtel kavicsos homokkő Fehérföldes, aleurolites, lakóúti homokkő. Fehérföldes, kavicsos homokkő.	180	JAKABHEGYI HOMOKKŐ FORMÁCIÓ	
	Vörös konglomerátum. Kavicsanyaga: lélit, bracr, riolit, csillagpala (föld) lélit, bracr, tufa. Diastémikus határ.	0,5-32		ALSÓ-TRIÁSZ
	Vörös, kőszé-durvaszemű homokkő, kavics és karbonsz (licsók) magas hemaittalum jellemző. Felsőbb részén limoniteszűs aleurolites réteg, amely a perm-triász diastémikus határ. É keleti teleptől a formációtól szűk, tufa lélitkavicsos tartalmú zagyjellegű kavicsos homokkő.	45-370	CSEKÜTI HOMOKKŐ TAGOZAT	
	"Sál", sülékrites homokkő.		KÖVÁGÓSÖLÖSI HOMOKKŐ TAGOZAT	
	Sátrics, limon-durvaszemű, helyenként kavicsos homokkő és aleurolit-agyagok változóan Ritka sülékrites dolomitcsodolat Párhuzamos és terde rétegtőlleges Kavicsanyaga sátrics lélit, bracr, riolit, csillagpala (föld).	50-850		
	Vörös, sátrics, sülékrites szomogyos konglomerátum homokkő és vörösbarna csillagos sülékrit Fehérföldes, limoniteszűs (licsók) Karbonsz, sülékrites vagy kavicsos (licsók) Kavicsanyaga: vörös lélit, bracr, csillagpala, lélit, riolit (föld) bracr, Föld határán morfológiai diszkontinuitás.	90-250	BAKONYAI HOMOKKŐ TAGOZAT	
	Vörösbarna (sülékrites) dolomit, aleurolites agyagok és agyagos dolomit aleurolit dolomitcsodolat (Mátrai) Villányi-hegység Ritteggarak és ritteggarak sülékrites dolomitcsodolat Homokos, az aleuroliteszűs egykori mikro-kavicsos (licsók) Gyűjtő kavicsos, melyek ritteggarak megjelölését. Hasonlóképpen sülékrites.	600-800		
	Barna, vörösbarna aleurolit, dolomit, meszes limoniteszűs homokkő Párhuzamosan és hátrésszerűen ritteggarak bílmeszes és morfológiai határak.	150-300	BODAI FORMÁCIÓ	'Emléti homokkő'
	Vörösbarna és sülékrites, ritteggarak vagy bílmeszes ritteggarak, sülékrites, de limoniteszűs és mellőli homokkő (és konglomerátum) ritteggarak Kavicsok: lélit, lélit, bracr, gránit, metamorf lélitok. Föld részén aleurolit és agyagok is előfordul.	> 600	CSERDI FORMÁCIÓ	
	Lélit (sülékrites) dolomit, ritka amiből.	< 120	GYÜRŐFÜ RIOLIT FORMÁCIÓ	
	Jellemzően vörös, ritteggarak sátrics és sülékrites konglomerátum Szomogyos-völgyekben sülékrites vagy csillagos lélit (sülékrites) gránit és metamorf agyag (sülékrites) sülékrites Felső részén aleuroliteszűs homokkő, mely vörös rétegtőlleges és sülékrites (licsók) talajföldes.	350	KORPÁDI HOMOKKŐ FORMÁCIÓ	
	Altalajban zárt, szomogyos, sülékrites sülékrites gránit jellemzően vörös lélitcsodolat A sülékrites sülékrites biotit (sülékrites) talajföldes (sülékrites) talajföldes szomogyos.		Grdán, szomogyos	KRISTÁLYOS ALSÓ-PRM ALJZAT

A Nyugat-Mecsek földtani vázlat

mélységben húzódnak az aleurolit összlet fekü zónájától.

A kristályos aljzat fölötti vastag, konszolidált permtriás rétegösszletet, s így a felszínközéiben a Bodai Aleurolitot is fiatalabb, uralkodóan laza, kötetlen, negyedidőszaki, pannon és miocén korú üledékek veszik körül, illetve fedik le (Ezt támasztja alá egy 1967-ben Baranyi István által készített fedőüledék vastagság térkép is.). A formáció kiemelt tengelyzónájában ezeknek a fedőüledékeknek a vastagsága 0-30 m között változik. Az időszak végéig lefúrt sok nagy mélységű fúrás földtani adatai alapján elkészült a Nyugat-Mecseknek egy új pontosított rétegoszlopa.

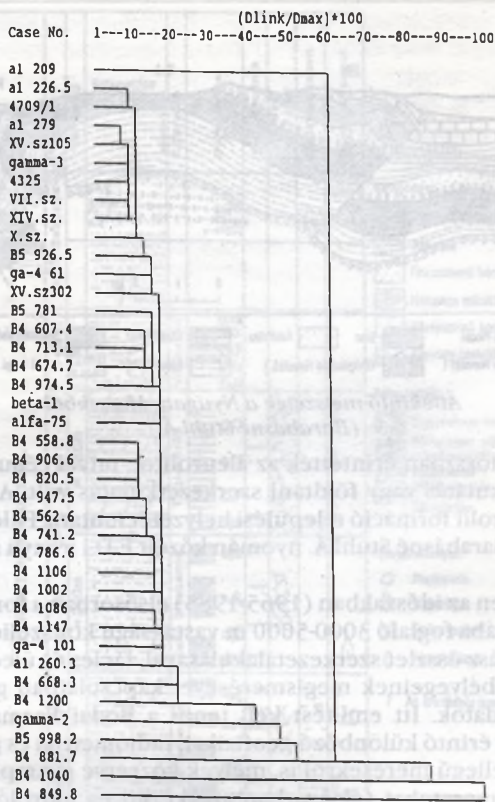
1956-1989 között szórványosan készült néhány ásvány-kőzettani (DTA, DTG, TG, RTG-diffrakció, vékonycsiszolat) és kémiai (színkép, teljes kémia) anyagvizsgálat az összlet legjellemzőbb kőzeteiből (Barabás A. 1956, Nagy E. 1959, Vasszányi I. 1983 in Fazekas V. 1987, Dódonyi I. 1984, Fazekas V. 1987). Ezek eredményei megegyeztek a későbbiekben részletezett szisztematikus anyagvizsgálókéval. Itt kiemelő, hogy az összlet magas Na₂O tartalmára már a korábbi kutatók is felhívták a figyelmet (Barabás A. 1956, Nagy E. 1959, Fazekas V. 1987). A másodlagos albitosodást Fazekas Via (1987) ismerte föl. A későbbiekben kiderült ennek az összletre vonatkozó általános jellege. 1984-1987 között az ELTE geológus hallgatói terepgyakorlatok keretében földtani térképezési feladatokat és hozzá kapcsolódó néhány anyagvizsgálatot végeztek a Bodai Formáció kibúvásának területén (Demény et al. 1984, Gondár et al. 1984, Maros et al. 1985, Bodó et al. 1987, Gógh et al. 1987). Ezek a munkák elsősorban a szerkezeti elemek statisztikai értékelését (rétegdőlés és litoklázis adatok) és az ásvány-kőzettani adatok mennyiségét garantálták.

1960-1990 között több szakember foglalkozott a radioaktív hulladék elhelyezési kutatásoktól függetlenül a bodai aleurolit térségének jelenkori szerkezetalakulásával. Ezek elsősorban a miocénben és a pannonban gyökerező negyedidőszaki folyamatok, melyeket tektonikai, morfológiai, geodéziai, globális tengerszintváltozások megfigyeléseivel és a terület fejlődés-történetének ismeretében lehet kikövetkeztetni (MÉV-Barabás András. 1993).

A Bodai Formáció radioaktív hulladék elhelyezési célú földtani, bányászati kutatása

1989-től már kifejezetten a Bodai Aleurolit formáció, mint potenciális, veszélyes hulladék elhelyezésére alkalmas földtani képződmény megismerése céljából indultak meg a kutatások. Az első időszak (1989-1992) legfontosabb állomásai: A Bat-1. sz. fúrás lemélyítése (1989-ben, 145,5 m talpmélységgel, aleurolitból indulva) Bakonyai község mellett a bodai összlet déli, tektonikus elmozdult külszíni övezetének tanulmányozására. Feladata volt többek között, hogy a felszíni mállás, denudáció hatása, miként nyilvánul meg a mélység felé haladva.

Az egyenként 1200 m mélységű BAT-4, BAT-5-ös jelű fúrások 660 illetve 500 m hosszban mélyültek az aleurolitba a fedőképződmények alatt a fekü elérése nélkül. E fúrások is igazolták, hogy az aleurolit összlet az elterjedési terület nagy részén konkordáns településsel, de éles kőzettani és szín változással különül el a fedő Bakonyi Homokkő tagozat rétegeitől. Mindkét fúrásban speciális termelés-geofizikai (teszteres mérések) és hidrogeológiai vizsgálatokat (pl. porozitás és permeabilitás mérések változó rétegnomás és hőmérséklet mellett, visszatöltődés mérés stb...) végeztek az ELGI, a MOL és utódvállalataik szakemberei az aleurolit vízvezetési tulajdonságainak megismerésére. A BAT-4-es fúrásban a földtani és fotódokumentáció mellett szisztematikus ásvány-kőzettani, kémiai, geokémiai vizsgálatok is történtek 20 db, a Bodai Formációból származó mintán (vékonycsiszolat, termoanalízis, RTG-diffrakció, teljes kémia, nyomelem, oxidációs és pH érté-



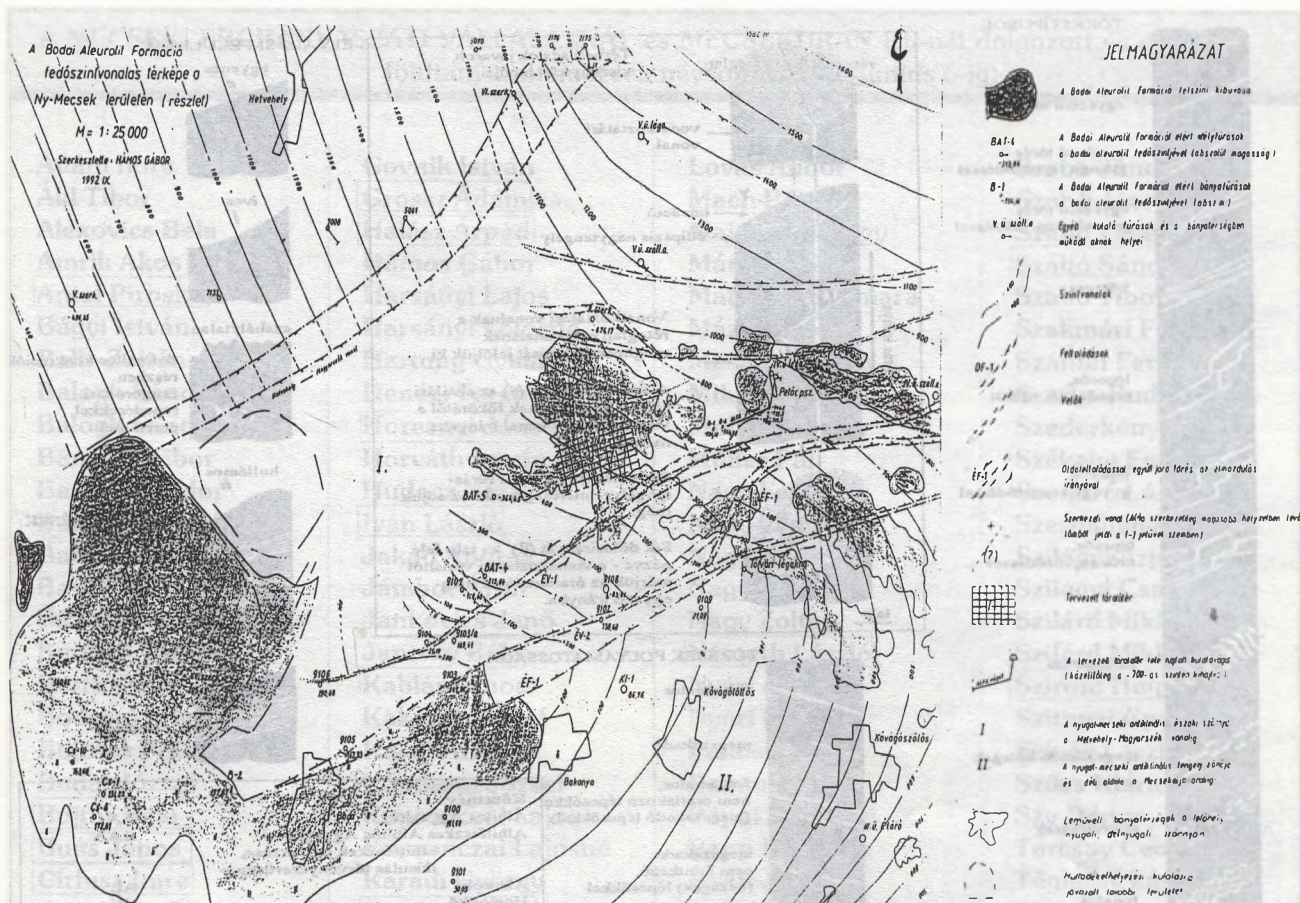
A Bodai Formációból származó minták Cluster-analízise 20 db nyomelem felhasználásával (V, Cr, Ni, Cu, Zn, Pb, As, Ba, Sr, Rb, Zr, Nb, Mo, Th, U, La, Ce, Sm, Cl, I) függőleges tengely: mintavételi helyek (m-ben) vízszintes tengely: a minták egymástól való különbözősége BA= BAT-4.sz.f. beta-1 sz.f. alfa-75 sz.f. gamma-2 sz.fúrások

Hierarchical Tree

kek). Az eredmények igazolták a formáció nagyfokú homogenitását, egységes, kis változékonyságú ásvány-kőzettani összetételét. Ezt szemlélteti a formációból származó minták Cluster analízise.

Ugyanebben az évben mélyült le az Alfa-75. sz. fúrás, amely az uránbánya vágataiból (Talp: 348,0 m) 180 métert meghaladó vastagságú, nyugodt településű, jó állapotú Bodai Aleurolit rétegszakaszt harántolt. Ennek és a bánya magasabb szintjeiben rögzített tektonikai, földtani adatainak alapján történt meg az ún. Alfa kutatóvágat kihajtása a bánya IV. ü. légaknájától, a - 690-es abszolút mélységben déli, majd Ny felé elfordulva 252-os irányban, 742 m hosszban. A vágat csak az aleurolit fedő homokkő tagozatait érintette, de az innen mélyített Alfa-1., -2., -3. és Béta-1., -2. sz. fúrások elérték a Bodai összletet. Ezzel egyidejűleg az Alfa vágat fölötti külszíni területen, a Sás-völgyben egy 4-5 km hosszban követhető felső pliocén vagy alsó pleisztocén teraszüledék térképezése és geodéziai bemérése is megtörtént. Ennek az időszaknak a legfontosabb eredményeiről a MÉV szakemberei a **BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK - BÁNYÁSZAT 1992. évi 1-2. számában** számolnak be. Ebben leírják a Bodai Formáció fő ásvány-kőzettani és rétegtani jellemzőit, valamint hidrogeológiai, hidrológiai alapadatait. Megadják az összletet változó arányban, egymást váltogatva felépítő **négy litológiai alaptípust**. Közlik a további kutatások célkitűzéseit. Ezen időszak eredményei alapján az aleurolit összlet mélységi és tektonikai elrendeződését mutatja a térképrészlet a nyugat-mecseki antiklinális tengelyzónájában.

1992-ben az Alfa vágatból D-i irányba indulva két vízszintes fúrás (Gamma-1, Gamma-2, 200 ill. 300 m hosszúak) mélyült a Bodai Aleurolit kőzeteinek elérésére.



A Bodai Aleurolit Formáció fedőszintvonalas térképe a Nyugat-Mecsek területén (részlet) M=1:25000
Szerkesztette: Hámos Gábor

Ezek eredményei alapján tisztázódott a formáció térbeli elhelyezkedése, legrövidebb úton való elérési lehetősége. 1993-ban kezdődött meg az Alfa-1 kutatóvágat kihajtása D-i irányba, amely a 210 méter után a nyugat-mecseki antiklinálist keresztülszelő egyik legjelentősebb törésszót harántolva bejutott a Bodai Formációba. A vágat több, mint 200 m hosszban feltárta az aleurolit összlet rétegeit, a fedő homokkő képződmények alatti 200-400 m közötti mélységközben - melyben a vágathajtás a jelen pillanatban is tart. A vágat és a belőle különböző irányokba lemélyített, mintegy 2000 fm magfúrás lehetővé tette a formáció alapos, részletes és speciális (hidrogeológiai-hidrodinamikai/pl. multipakkeres és pulzációs interferencia vizsgálatok/, kőzetmechanikai/pl. rugalmassági, szilárdsági és deformációs mérések/, geofizikai/pl. geoelektromos, szeizmikus, ultrahangos, termikus, radiometriai módszerek/) mérésekkel történő in situ körülmények közötti vizsgálatát a nagyaktivitású radioaktív hulladékkelhelyezéssel kapcsolatosan. 1993 óta folyik megszakításokkal a vágatok és a fúrások részletes földtani, tektonikai dokumentációja, szisztematikus mintázása és az anyagoknak a feldolgozása. Ez a helyszín a vizsgált aleurolit kőzettség térbeli, földtani, szerkezeti helyzete miatt, lehetővé tette a rétegtani, ásvány-kőzettani és szerkezeti tulajdonságok változásainak és az ebből adódó anizotrópiák migrációs folyamatokra, kőzetmechanikai paraméterekre gyakorolt hatásának a megfigyelését. Különböző töredezettségi-repedezettségi és feszültségi állapotú kőzetminták váltak elérhetővé. Kiemelt jelentőségű annak a nagy tektonikus zónának a megismerése és hatása a hidrodinamikai rendszerre (mint feltételezett, leggyorsabb migrációs elérési útvonal), amely a nyugat-mecseki antiklinálon végighúzódva a Bodai Aleurolit felszíni kibúvási területét is kettészeli. Ugyanebben a térségben mód van az aleurolit és a fedő Bakonyai Homokkő tagozat tektonikus és rétegtani határátmeneteinek és az aleurolit összleten belüli törések tanulmányozására.

1995 őszétől, a földalatti kutatásokkal párhuzamosan a Bodai Formáció felszíni kibúvási területén és tágabb környezetében is megkezdődtek a földtani, szerkezeti, geomorfológiai, geodéziai, hidrogeológiai térképezési munkák és megfigyelések az összlet alkalmasságának vizsgálatára. Ennek keretében 6 db, 50 ill. 100 m mélységű sekélyfúrás is lemélyült elsősorban a mállási folyamatok, a fedőledek és a rétegek települési-szerkezeti helyzetének tanulmányozására. Közülük két 100 m-es fúrólyukat vízkúttá képeztek ki az aleurolit felszínközeli zónájának vizsgálatára. Ezeket a munkákat légifotózás, geoelektromos mérések és árokásási tevékenység segítették. A területen mikrometeorológiai állomások és mérőbukók telepítésére is sor került a vízháztartás és a beszívargási folyamatok jellemzésére.

1995-ben a szükséges szempontok és az elegendőnek ítélt tapasztalatok birtokában a geológusok kidolgozták az aleurolit összlet rétegeinek és kőzeteinek dokumentálási rendszerét, a további dokumentációk egységes szemléltető tételére és az adatfeldolgozás megkönnyítésére. Ennek eredményeit mutatja be a következő ábra.

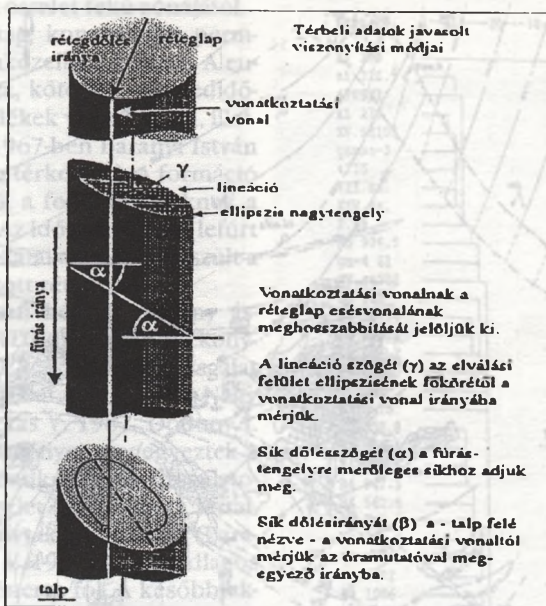
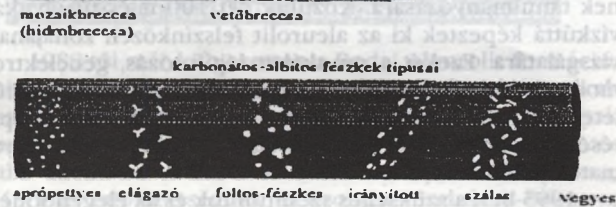
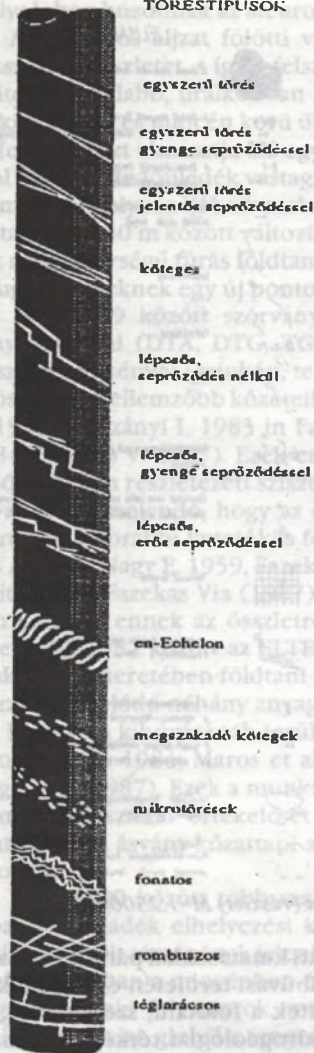
A térségben több éve működik egy geodinamikai, szeizmológiai mérőállomás, amelynek feladata a tervezett radioaktív hulladék tároló geodinamikai kockázatának vizsgálata, és ezen kívül környezetvédelmi és bányabiztonsági feladatokat is ellát.

Emellett 1992 óta, a bányában, 1000 m mélységbe telepítve működik egy mélyszinti extenzométer a lassú geodinamikai mozgások érzékelésére. Mind a felszíni, mind a bányabeli kutatásokhoz kapcsolódva egy szisztematikus laboratóriumi kísérleti és anyagvizsgálati program kapcsolódik a kőzet- és vízminták összetételének és tulajdonságainak elemzésére (MÉV, 1995).

Ezek felsorolásszerűen az alábbiak:

- * **Ásvány-kőzettani, geokémiai vizsgálatok:**
 - vékonycsiszolat,
 - Rtg-diffrakció,
 - termikus elemzések (DTA, DTG, TG),

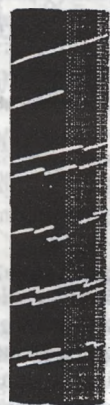
TÖRÉSTÍPUSOK



ELVÁLÁSI FELÜLETEK



TÖRÉSEK FOLYAMATOSSÁGA



Kőzetnév	Albitos Agyagkő	AAA		
Albitfészkes Albitos Agyagkő	albitfészkes jellemzése, dúsulás törvényszerűségei	AAA		
Aleurolit		AL		
Homokkő		HK		
beteplődések				
laminált		l		
cserpes		cs		
homokkő		hk		
aleurolit		al		
jellemezők (konkreció, saugorodási rep, lamináció, ritmit, autigen breccsa, életnyom, rétegzés, stb.)				
Szín				
vörösbarna		vb		
kávébarna		kb		
zöld		z		
szürke		sz		
Tektonika				
típusa	1. kalcitós	2. nem kalcitós		
sűrűség (100cm felet)	30-100cm	10-30 cm		
törések folyamatossága		2 cm alatt		
dőlésirány	(béta)			
dőlésszög	(alfa)			
kitöltés	agyag	agy	dolmit	dol
	kalcit	kal	klorit	klo
	barit	bar	gipsz/anhidrit	anh
	pirit	pyr	azurit	azu
magelválás	összevonható szakasz jellemző „szemcse”mérete			

A Bodai Aleurolit fúrásainak dokumentálásához kialakított nevezéktan és módszertan

- teljes kémia és nyomelem-összetétel,
- illit és klorit kristályossági index,
- folyadékzárvány,
- C, H, O, S stabilitótóp,
- radiokarbon,
- abszolút kormeghatározások,
- gammaspektrometria,
- izotóptranszport,
- pH és redoxipotenciál vizsgálatok. Ezek egyik fontos eredménye volt pl. az albitnak, mint vegyi eredetű (másodlagosan képződő), ásványi összetevőnek a 20% körüli átlagmenyisége az aleurolit összetételből származó mintákban.
- * Porozitás és permeabilitás vizsgálatok.
- * Szilárdsági, rugalmassági paraméterek meghatározása.
- * Kémiai, nyomelem, stabilizotóp, gáztartalom és mikrobiológiai vizsgálatok és kormeghatározások vízmintákból.

1996 nyarán a vállalat szakemberei társelődőként részt vettek egy svédországi konferencián (TOPSEAL, Stockholm, 1996), ahol bemutatták és összefoglalták a Bodai Aleurolit formációról addig szerzett ismereteket.

Ez cikksorozat formájában megjelent a konferencia kiadványában.

A most folyó kutatások célja a Bodai Aleurolit formáció földtani, szerkezeti, szedimentológiai, geokémiai, hidrogeológiai, hidrodinamikai, kőzetmechanikai modelljének a kialakítása, jellemzése és az ezek közötti összefüggések feltárása az adott lehetőségek és információk szintjén a nagyaktivitású radioaktív hulladékkelhelyezés kutatásának szempontjai szerint.

Hámos Gábor