

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

A Miskolci Egyetem 1/a. számú termálkút fúrási rétegsorának vizsgálata

Készítette: **Pető Marietta**

Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar

Hidrogeológus-mérnöki MSc, II. évfolyam

Konzulens: **Dr. Lénárt László**

egyetemi docens

Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar

Környezetgazdálkodási Intézet

Hidrogeológiai - Mérnökgeológiai Intézeti Tanszék

Miskolc, 2012

Tartalomjegyzék

I.	Bevezetés.....	2
1.	Témaválasztás	2
2.	Célkitűzés	2
3.	Kutatási előzmények	2
I.	Kiindulási adatok.....	3
1.	A terület geológiai viszonyainak ismertetése	3
2.	A terület hidrogeológiai viszonyai	5
3.	Miskolci Egyetem, 1. számú hévízkút bemutatása	6
4.	Miskolci Egyetem, 1/a. számú termálkút létesítésének a szükségessége.....	8
5.	Az 1/a. számú termálkút megvalósítása	9
II.	Saját vizsgálatok és eredmények bemutatása	11
1.	Mintavételezés	11
2.	Makroszkópos leírás	12
3.	Mésztartalom meghatározás	13
4.	Mikroszkópos ásványtani vizsgálat.....	18
a.)	Előkészületek	18
b.)	Mikroszkópos vizsgálati elemzés	21
III.	Vizsgálati eredmények kiértékelése, összehasonlítása meglévő adatokkal	22
1.	Ásványtani vizsgálat kiértékelése	22
2.	Mésztartalom mérés eredményeinek kiértékelése	23
3.	Fúrasi rétegsor összevető vizsgálata	25
IV.	Összefoglalás	28
V.	Köszönetnyilvánítás	29
VI.	Irodalomjegyzék.....	30
VII.	Ábrajegyzék.....	31
	MELLÉKLETEK	33

I. Bevezetés

1. Témaválasztás

Úgy vélem, egy egyetemi diáknak, aki a szakmáját a lehető legmélyebben szeretné megismerni, minden új tanulási, kutatási lehetőséget meg kell ragadnia. Így tettem én is, amikor az egyetem területén új termálkutat kezdtek létesíteni 2011 őszén. Érdeklődéssel figyeltem a berendezést, és egyre jobban kezdte felkelteni a figyelmem maga a kút szükségességének és kialakításának kérdésköre, a geológiai környezete és hidrogeológiai viszonyai. Első éves hidrogeológus-mérnöki mesterszakos hallgatóként jó feladatnak tűnt a termálkút geológiai, hidrogeológiai viszonyainak a megismerése.

2. Célkitűzés

Dolgozatom megírásának a célja, a Miskolci Egyetem 1/a. termálkút fúrási rétegsorának a megismerése, és a kút vízföldtani naplójában leírt rétegsor pontosítása.

Elsődleges célom és motivációm az volt, hogy a terepi mintavételezéssel, a rétegsor vizsgálatához szükséges laborszakosokkal valamint vizsgálatokkal megismerkedjek, ezáltal bővítsem a szakmai tudásom. Egy önálló munka rengeteg plusz képességet tud adni a későbbiekben, akár a tanulmányi, akár a szakmai fejlődésemhez. Ezáltal célom volt egy olyan önálló munka elkészítése, melyben a saját magam által végzett vizsgálatokat és eredményeket felhasználva egy, már meglévő szakmai leírással összehasonlítsam és következtetéseket vonjak le.

A dolgozatom első részében a terület geológiai, hidrogeológiai viszonyait ismertetem, majd a termálkút szükségességének kérdését.

A fő részben mutatom be az általam végzett mintavételezési és geológiai - hidrogeológiai vizsgálati eljárásokat. A vizsgálatok végeztével azok eredményeit összesítem, mellette figyelemmel kísérve az eredeti vízföldtani naplóban leírtakat.

Az utolsó részben egy kiértékelést végzek a vizsgált eredményekre és a fúrási rétegsor pontosítására.

3. Kutatási előzmények

A terület, amelyen az általam vizsgált kút elhelyezkedik, a Bükk-térséghez tartozik, így nem egy szakember írta már le a viszonyait. A dolgozatomban mindenképpen szerettem volna felhasználni a korábban mélyített 1. sz. kút vízföldtani adatait, ugyanis a két kút földtani felépítése hasonló, egymáshoz való közelségüknek köszönhetően. A vízföldtani

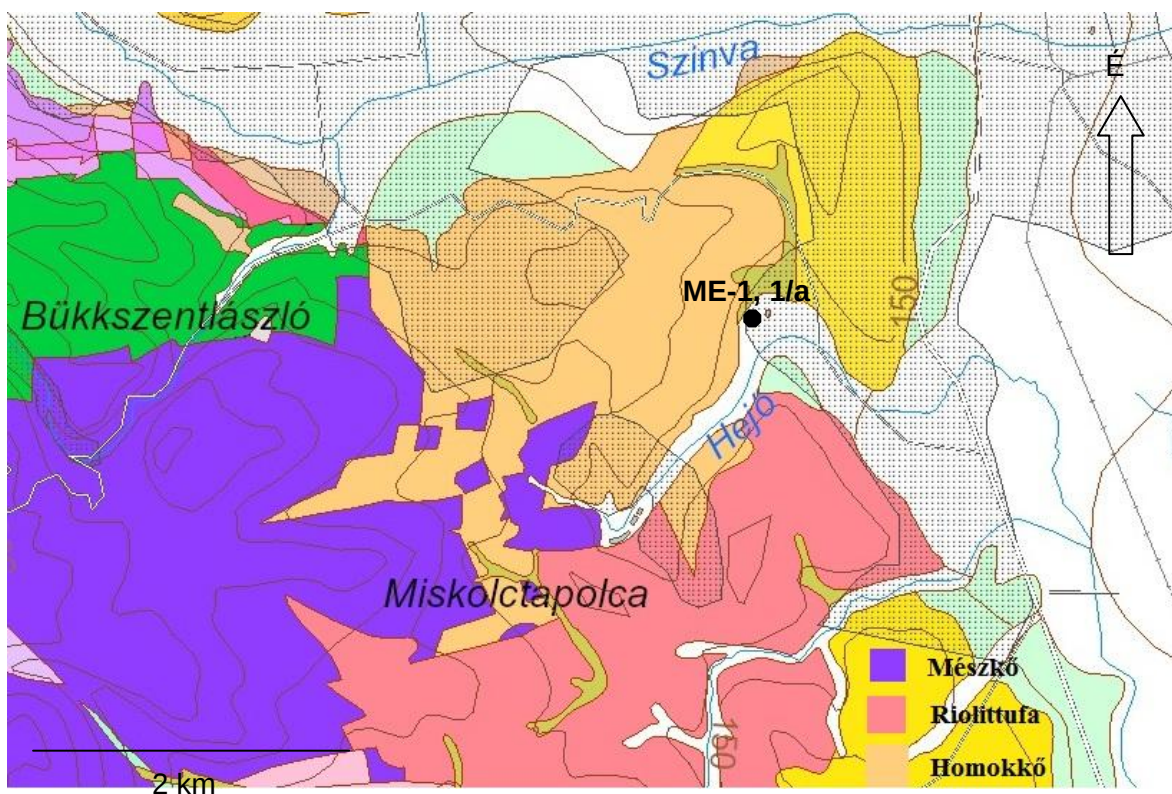
naplókön kívül betekintést kell nyernünk a Bükk földtani felépítésébe, karsztvízrendszerébe, amihez rengeteg segítséget nyújtottak Lénárt László karsztkutakkal kapcsolatos kutatásai, leírásai.

A Geoservice Kft. felülvizsgálati naplóiból, felújítási tervéből sikerült friss és naprakész adatokkal dolgoznom és egy egységes képet kapnom a kutak állapotáról.

I. Kiindulási adatok

1. A terület geológiai viszonyainak ismertetése

A dolgozatomban vizsgált 1/a. számú kút a Miskolci Egyetem területén helyezkedik el, a Bükk-hegység lábánál (1. ábra).



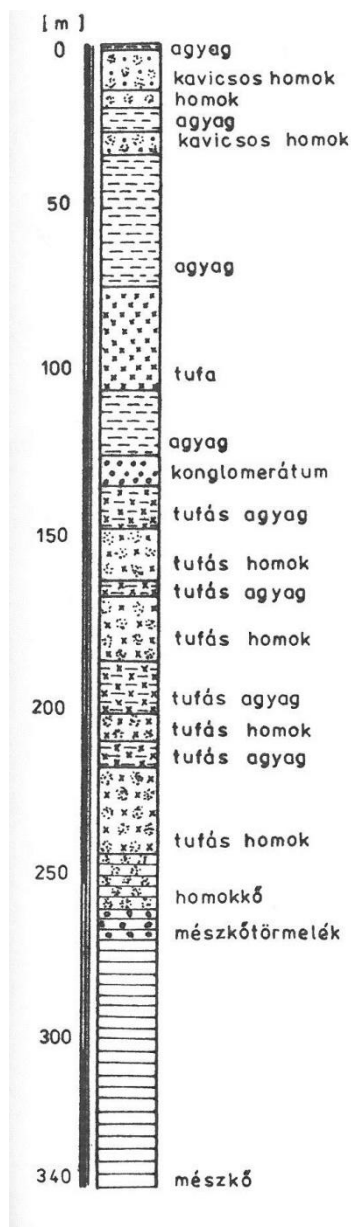
1. ábra – A vizsgált terület földtani viszonyai és az ME-1, 1/a kút elhelyezkedése [MÁFI földtani térképe nyomán, 2012]

A vizsgált rész a Bükk-térséghez tartozik melynek határai északon és keleten a Sajó folyó, nyugaton az Eger- és Laskó-patak völgye, délen pedig a Bükkalja (Lénárt L., 2006).

A Bükk földtani felépítését késő-karbon, késő-jura tengeri üledékes kőzetsorozat jellemzi, felépítésében döntő a triász mészkő jelenléte. A mészkövek túlsúlya miatt az Északnyugati Kárpátok legnagyobb karsztvidéke. A területen a fő tektonikus irányultság

Kelet-Nyugati, és azt is tudjuk, hogy a Bükk határozza meg a földtani viszonyait is. Az alapkőzet egy repedezett, karsztosodott mészkő, mely tökéletes víztároló képességgel rendelkezik. (Vízföldtani napló, 2010)

Az Egyetem területének geológiai viszonyaira vonatkozóan az 1. számú kút szelvényéből sikerül képet kapnunk. (2. ábra)



2. ábra - Az 1. számú egyetemi kút földtani szelvénye (Lénárt, 1992)

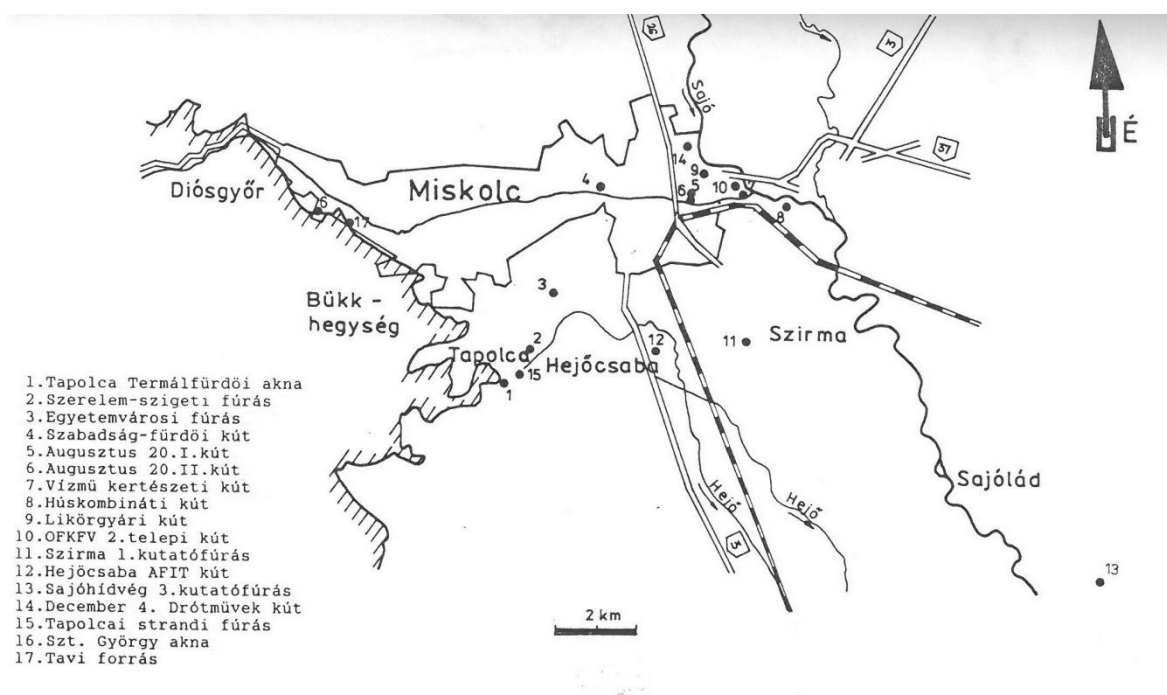
A rétegszelvényből jól látható, hogy tufás agyag és tufás homok váltakozása jellemzi az alapkőzet feletti 100 méteres réteget, majd 270 métertől mészkő az alaprég. A következő fejezetben részletesebben is megismerkedünk a szelvénnel.

2. A terület hidrogeológiai viszonyai

A Bükk karsztvíztározója fedetlen szabadtükrű karsztként, kivéve a DNy-i területet, ezt fedett karsztként, a medencerészt pedig vastag üledékekkel fedett, nyomás alatti tározóként jellemezhetjük. A fedett és a fedetlen karsztos részek egységes hidraulikai rendszert képeznek. (Gondárné és társai, 2008)

A Bükk-hegység peremén lévő vetők mentén karsztvízzel keveredő hévizek törnek fel (Eger, Kács, Miskolc-Tapolca) (Lénárt és társai, 2007). A Bükk-hegység döntő részét hideg karsztvizet tartalmaz, azonban mivel a karsztos kőzetek közvetlen kapcsolatban állnak a törmelékes, és eltemetett karsztos kőzetekkel, így a Bükk-térségben egy egységes hideg-meleg karsztrendszer lelhető fel (Lénárt, 2006).

Miskolc térségébe nem egy meleg-, és langyos vizű kút található, ezek helyszínrajzát a 3. ábra szemlélteti.



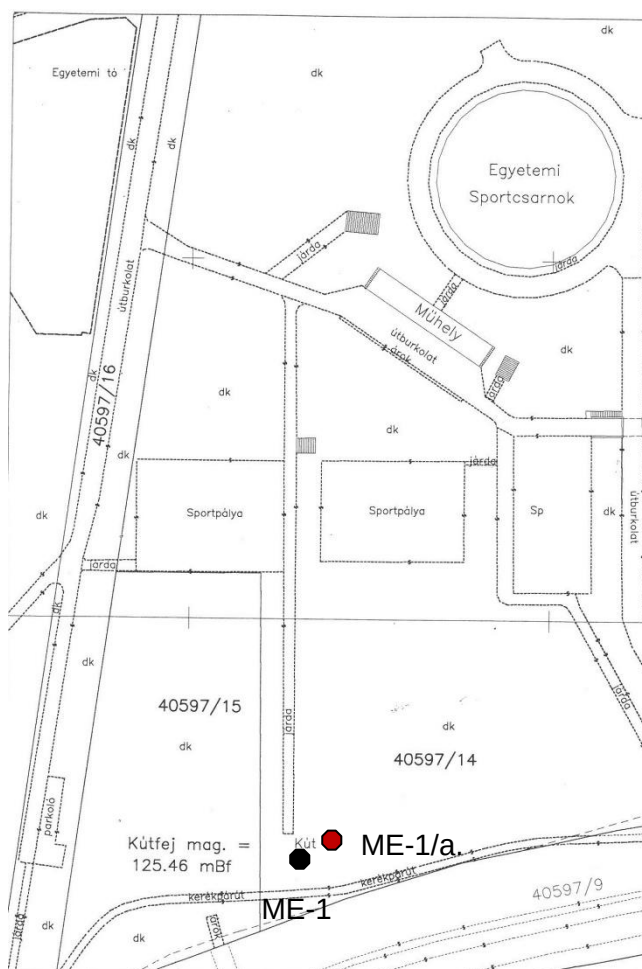
3. ábra - Miskolc térségi hévíz és langyos vizű kutak helyszínrajza (forrás: Lénárt, 1992 alapján)

A Bükkből Miskolc termeli a legtöbb karsztvizet, aminek a felhasználása jelentősen lecsökkent az utóbbi években. A meleg termálvizet elsősorban fürdők kialakítására hasznosítják. Az egyetem területén megvalósult kutak működése a meleg karsztvíznek köszönhető. (Lénárt L. és társai, 2007)

3. Miskolci Egyetem, 1. számú hévízkút bemutatása

A Miskolci Egyetem 1. számú melegvízű kútja 1973-ban létesül. Első körben a kút mélyítése csak 293 méterig történt meg, itt nem bizonyult elégnek az elért hozam, ezért továbbmélyítés történt 343 méterig. Itt már 390 l/min hozamot értek el, 33-34 °C-os vízzel. Savazás hatására növekedett a kút hozama, egészen 700 l/min-ig. A kevésbé állékony kőzet miatt a szűrőcső beépítése után (jelenleg nincs szűrőcső a kútban) a hozam visszaállt eredeti állapotára, és a maximális hozam 780 l/min volt -14,8 m üzemi vízszintről. A vízbeáramlási helyek meghatározása sem a kutatás, sem a hozamnövelő eljárások során nem történt meg, ezek helyei számunkra a mai napig is ismeretlenek. Az új kút kialakításánál ez jelentős problémát okozott. (Kerbolt T., 2010)

Az 1. számú kút az egyetemi körcsarnok mögötti területen helyezkedik el, tőle kb. 20 méterre került az új kút kialakításra (4. ábra).



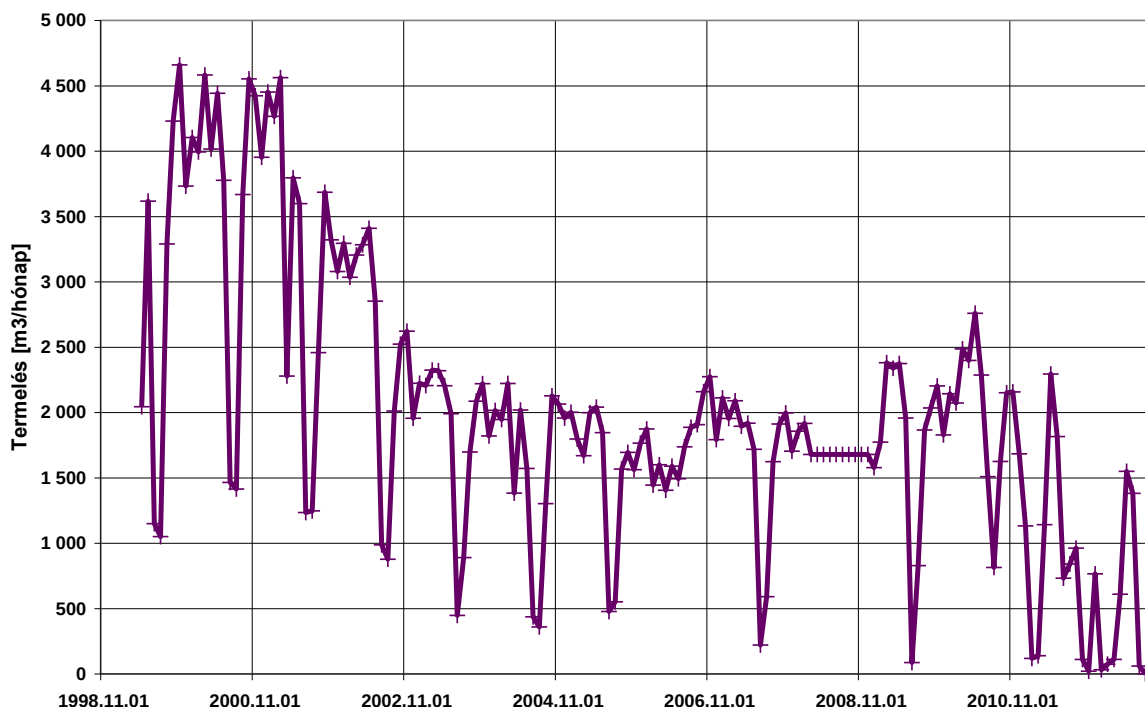
4. ábra – Az ME- 1. és 1/a. számú kutak elhelyezkedése a Miskolci Egyetem területén (Geoservice Kft. nyomán, 2005)

Az 1. számú kút rétegsorát már a 2. ábrán láthattuk; 258 m-ig jellemző az állékony, víztermelésre meddő miocén, majd az alapkőzet, a 267 méterig található mészkőtörmelék (lejtőtörmelék), a kút aljáig (343 m) pedig innentől számban álló mészkő a meghatározó kőzet. (Kerbolt, 2010)

A kút vízszint- és vízhőmérséklet adatait az 1. melléklet tartalmazza. A melléklet 1. diagramja a 2005-ben szivattyúzott értékek alapján készült. A vízhőmérsékleti adatok 30 °C körül mozognak, két kivétellel. Az egyik egy üzemszünet, a másik pedig egy minimális vízkitermelés következtében. (Lénárt, 2012 a.)

Az 1. melléklet 2. diagramján egy összesítést láthatunk 1999 és 2005 közötti mérési adatokból. Mindkét diagram Lénárt László érdeme, a vízszint és vízhőmérsékleti értékek elemzése alapján. A 2. diagramon jól látható, hogy már több helyen is 25 °C alá süllyed a vízhőmérséklet, azonban már 31 °C feletti tartományba is jóval több időszak tartozik.

A 20. század végére több javaslat is született, hogy a kút kialakítható lenne az egyetemi kollégiumok meleg víz ellátásának céljára. 1999-re sikerült a kút felújítása, próbaüzemeltetése, és így ebben az évben már a kút vize felhasználásra is került (Kerbolt T., 2010). A termelési értékeket az 5. ábrán szemléltetem 1998-tól egészen 2010-ig.



5. ábra - Az 1. számú kút termelési értékei 1998-2012 között (forrás: Lénárt, 2012 b.)

A diagramon jól látható, hogy a 12 év alatt a termelés folyamatosan csökkent. 1999 és 2000 közötti időszakra több mint 3500 m³/hónap termelési érték jellemző, ezután 2001-ben még eléri a 3000 m³/hónapot, de ezután 2002-től lecsökken 2000 m³-re. 2011-től kezdődtek meg az új kút fúrási munkálatai, ebben az évben nem érte el az 1000 m³/hónapot a kitermelt víz mennyisége.

Az 1. sz. kút állapota a felújítását követően különböző vizsgálatok ismeretlen anyagokat véltek felfedezni a kúttalpon, veszélybe került a termelt víz minősége és mennyisége is, ezért is került napirendre az új kút létesítésének kérdése (Kerbolt T., 2010).

4. Miskolci Egyetem, 1/a. számú termálkút létesítésének a szükségessége

Az előző fejezetben már láthattuk, hogy az 1. számú kút nem tudta megfelelő biztonsággal ellátni a feladatát, így 2008-ban már felmerült az új kút létesítésének gondolata. A kút szükségességét a legjobban az indokolja, hogy az egyetem számára hatalmas költségmegtakarítást jelent, mivel egy megbízható kúttal a kollégiumok meleg víz ellátása akadálymentesen biztosítható. Hőszivattyúzás révén a hévízfelhasználást még légfűtésként (közvetlen gőzenergia felhasználás) is lehetne hasznosítani. A megfelelő geotermikus adottságok ezt mind lehetővé teszik, így ez egy újabb feladata lehetne az új kútnak. (Kerbolt T., 2010) Ezen kívül megvalósulhatna a Kemény Dénes uszoda vízellátása is az 1/a kút segítségével, hiszen az uszoda jelenleg Miskolc város közmű hálózatról üzemel.

Másik nagyon fontos szempont, hogy az 1. számú kút felújítását felelősségteljesen csak akkor lehet elvégezni, ha egy másik kúttal biztosítjuk az addigi termelést. Ugyanis a már régóta termeltetésben részt vevő kút állékonysága romlik, a nagy üzemi szintek miatti kőzetnyomás növekedése spontán kőzet tönkremenetelt okozhat, ami egyben hozamcsökkenéshez is vezethet. (Kerbolt T., 2010)

A kút felülvizsgálata során problémákat okoztak a kútba ejtett tárgyak, eszközök, ezek kiemelésére több szakaszban, a legvégén lyuktelevízió segítségével 2012-ben került sor.

Összességében elmondhatjuk, az 1/a termálkút szükségessége nem kérdés, folyamatos vízellátást biztosítana az egyetem számára, és így kivitelezhető lenne az 1. számú kút felújítása, tisztítása, tartalék kútként való kezelése, emellett monitoring kútként is működhetne. (Geo-Signal, 2012)

5. Az 1/a. számú termálkút megvalósítása

Miután tisztáztuk az 1/a termálkút szükségességét, és az 1. számú kút jellemző paramétereit, az általam vizsgált kút megvalósításával is meg kell ismerkednünk.

A kutat 2011 őszén kezdték el mélyíteni az eredeti 1. számú kúttól kb. 20 méterre (lsd. 2. ábra). A kút paramétereit az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat - Az 1/a kút paramétereit (forrás: Vízföldtani napló nyomán, 2012)

Koordináta	Nyugalmi vízszint		Kifolyó víz		Szivattyúzással kitermelt víz		Fajlagos vízhozam
	terepsz.től	m.Bf	magassága a terepsz.től	menynyisége	vízszint-süllyedés a terepsz.től	menynyisége	
	m	m	m	l/min	m	l/min	l/min/m
X: 305132,3	1,77	127,18	0,2	390	1,19	560	189,19
Y: 778147,9					6,40	840	102,82
					8,70	1120	106,97
					11,60	1400	104,71
Az állandó üzemben kitermelhető vízmennyiség:					8,70	1120	106,97

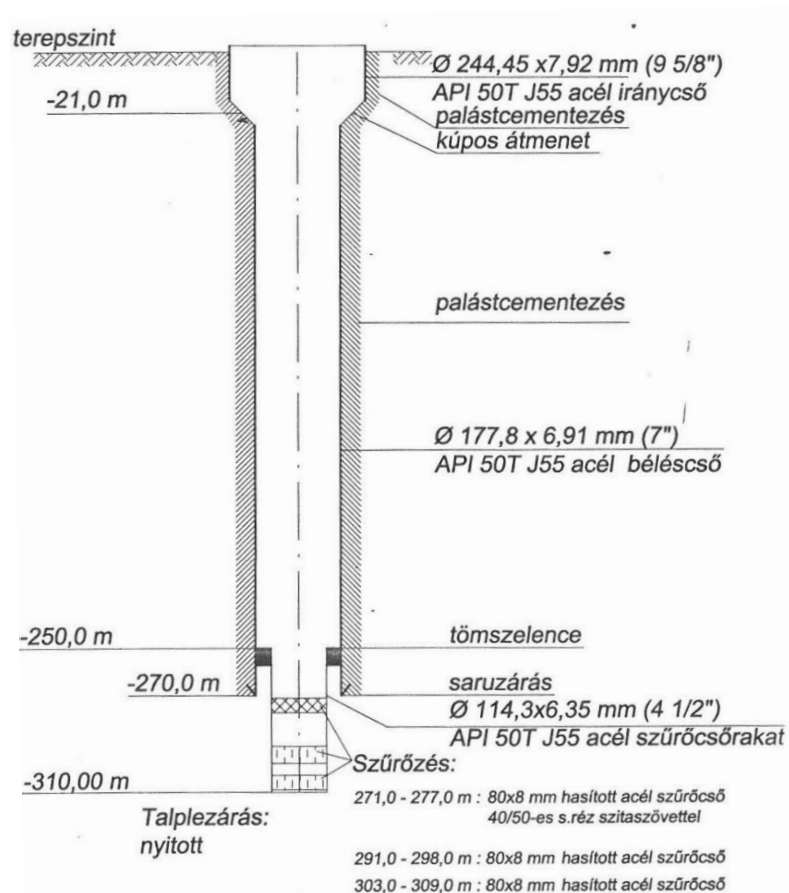
A táblázatból jól látható, hogy a kút állandó üzemben való kitermelhető vízmennyisége 1120 l/min. A víz hőmérséklete 31,9 °C, a talphőmérséklet 33,68 °C. A kút talpa 310 méter mélyen található és talpig acélcsövekkel biztosították. (Vízföldtani napló, 2012)

A kút hozam, hőmérséklet és folyadék-ellenállás görbáját a 2. mellékletben láthatjuk.

A fúrólyuk és a végleges csőakat között palástcementezés 0 – 270 méterig történt. Szűrőzés 3 helyen valósult meg hasított acél szűrőcsővel, 271-277, 291 - 298, és 303 – 309 méterközökben, ezek közül a legfelső szűrőzendő szakasz (271 – 277 m) kiegészült sárgaréz szitaszövettel is. (Vízföldtani napló, 2012)

A kút kompresszorozása 71 órán át történt, 1500 l/min hozamot eredményezve, a búvárszivattyúzás pedig 96 órán keresztül 1400 l/min hozammal. (Vízföldtani napló, 2012)

A kút csövezési vázlatát a 6. ábrán láthatjuk a meglévő vízföldtani napló alapján.



6. ábra - Az 1/a. számú hévízkút csövezési vázlata (Vízföldtani napló alapján, 2012)

A geofizikai vizsgálatok bebizonyították, hogy a szűrőszakasz állapota biztosítja a kút működését. A maximális vízhozamról leállított kút, 1 percen belül visszaáll nyugalmi vízszintjére. Ezt 2012-ben a Miskolci Egyetem által elvégzett összefüggés vizsgálatok is megerősítették. A fúrás teljes szelvényben agyagos jellegű tufás-homoklisztes fedőrétegsort, 270 m-től pedig törmelékes, repedéses-vízjáratos mészkőösszletet harántoltak. (Vízföldtani napló, 2012; Lénárt L. összefüggés vizsgálatok szóbeli közlés alapján, 2012)

A geológiai leírás szerint a rétegsor felépítése majdnem azonos az 1. sz. kút rétegsorával, a fedőösszlet miocén tufás réteg 238 m vastagságban, míg az alapkőzet 270 métertől a talpig triász repedezett mészkő.

A fúrás a földtani változatosságok miatt elferdült. A ferdülést okozhatták kavernák, vagy olyan, állékony kőzetek, melyek a fúrófejet más irányba térítették. 5. mellékletként csatoltam a fúrólyuk ferdeség diagram É-D- i oldalnézetét, a mérési pontokkal és az elferdülés mértékével együtt.

A fúrás befejeztével az eredeti rétegsor meghatározása a karotázs szelvények alapján valósult meg. A karotázs szelvényeket a saját eredményeimhez nem használtam fel, mivel azt az eredeti leírás már tartalmazza. A geofizikai szelvényeket dolgozatomhoz mellékletként csatolom (6. és 7. melléklet).

II. Saját vizsgálatok és eredmények bemutatása

1. Mintavételezés

A saját munkám a kút indulása után nem sokkal megkezdődött. Először csak terepi bejáráson voltam, beszéltem a dolgozókkal, megismerkedtem a berendezéssel (1. kép).



1. kép - Fúróberendezés (saját kép, 2011)

A terepen dolgozók segítettek a mintavételezésben. A fúrás során a mintavételezés 5 méterenként történt, így azok mindegyikéből gyűjtöttem saját részre is. Összesen 61 db furadékminta állt rendelkezésemre a fúrás befejeztével. A fúrás végig teljes szelvénnel történt.

A mintákat műanyag pohárba tettem, mindegyiken megjelöltem melyik méterközöből származnak. Mintavételezésnél ügyeltem arra, hogy a mintavevő eszköz ne fém vagy egyéb reakcióképes anyag legyen. Mivel a mintákat a fúrás során folyamatosan nyerték,

így az jelentős mennyiségű fúróiszapot, agyagot tartalmazott. A mintákból ezért egyesével eltávolítottam a kimosható részeket, így csak az agyagásványnál nagyobb méretű alkotók maradtak. (2. kép)



2. kép – A fúrási minta kimosás előtt és után (saját kép, 2012)

Kimosás után a mintákat szárítószekrényben szárítottam ki, és tároltam őket mivel a későbbi vizsgálatok során csak a megtisztított furadékmintákra volt szükségem. (3. kép).



3. kép - A kimosott minták a szárítás előtt (saját kép, 2012)

2. Makroszkópos leírás

A makroszkópos leírás során a már meglévő geológiai ismereteimre támaszkodtam. Próbáltam az alkotók színe, állaga, keménysége alapján egy körülbelüli mintaleírást készíteni, mind a 61 darab mintára. A leírás tartalmazta az általam gondolt közetfizikai jellemzőket, szemcseméretet és minden olyan jellemzőt, ami szabad szemmel és

tapintással megfigyeltem. Természetesen a leírás a vizsgálatok előtt készült így a későbbiekben ez is pontosításra került. A 2. táblázat tartalmazza a leírásom egy kivágatát, mellékletben pedig a leírásom teljes anyaga. (3. számú melléklet)

2. táblázat - Saját makroszkópos leírás egy részlete

m	Jellemzők
65-70	osztályozott, iszapos kavics, nagyméretű kavicsok kevés finomszemcsés alkotóval, a formák lekerekítettek
70-75	heterogén szerkezetű iszapos kavicsos összlet, összeálltabb, nagy és kis kavicsok együtt jellemzőek, kerek és szögletes formák egyaránt megtalálhatóak
75-80	agyagos, kavicsos réteg, kevés nagy szemcséjű alkotó, alapvetően finomszemcsés, szürke szín, kvarc szemcsék

Ez a vizsgálat segített abban, hogy megismerkedjek a fúrási szelvénnel, a mintákban található egyes alkotókkal. Bár pontosan nem tudtam meghatározni a rétegsort, a leírás előrevetítette a későbbi vizsgálatok irányultságát és szükségességét.

Ebben a részben még nem foglalkoztam a konkrét rétegsor pontos megnevezésével, csupán a részletes leírással.

A leírás elkészültével a legérdekesebb kérdés számomra a mésztartalom volt. Több olyan helyen is találkoztam kalcit szemcsékkel, ahol még nem számítottam rá. Így fontosnak tartottam egy mésztartalom meghatározására irányuló vizsgálat elvégzését.

3. Mésztartalom meghatározás

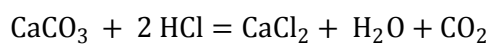
A mésztartalom meghatározás az egyik legjelentősebb vizsgálata a kutatásomnak. Az egyetemi éveim során még nem találkoztam kalciméterrel, így nem csak egy új eszköz elsajátítása állt előttem, hanem az elvégzett méréssel egy olyan eredményhalmaz, mellyel már pontosabb képet kaphatok a vizsgált rétegsorról.

A méréshez a Scheibler-féle kalcimétert használtam (4. kép).



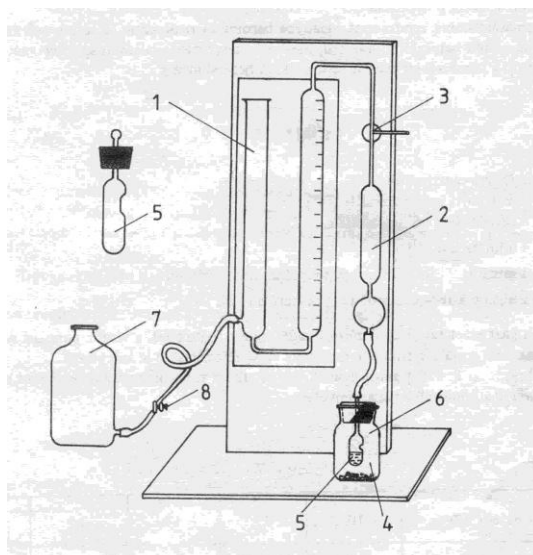
4. kép - Scheibler-féle kalciméter (saját kép, 2012)

A mérés elve, hogy erős savak hatására a kalcium-karbonátból szén-dioxid szabadul fel:



A mésztartalom meghatározása azon alapul, hogy a mintához sósavat adva mérjük a keletkezett CO_2 tartalmat. Ebből megfelelő nyomás és hőmérsékleti adatok alapján visszszámolva meg tudjuk határozni százalékosan az 1 gramm mintában lévő kalcium-karbonát tartalmat.

Az alábbiakban szeretném megismertetni a vizsgálat lépéseit, a megértéshez a 7. ábra nyújt segítséget.



7. ábra - Scheibler-féle kalciméter vázlatos ábrája (forrás: Bellér P., és Varjú P., 1986)

A műszer U alakú csövét (1) a szintező edényből (7) NaCl oldattal feltöltjük (azért NaCl-oldattal, mert nem nyeli el a CO_2 gázt, ellentétben a vízzel). A műszeren 2 csapot találunk, ezek közül a kétfuratú csapot (8) megnyitjuk és a folyadékszintet addig emeljük, amíg az U alakú csőben a skála 0 pontjáig nem ér. Ezután elzárjuk, és a háromfuratú csapot (3) állítjuk be úgy, hogy a készülék légtere a külső légtérrel legyen összeköttetésben. (Bellér P. és Varjú P., 1986)

A mérés megkezdéséhez 1 g mintát mértem be és belehelyeztem a tégelybe (6). Ezután a savadagolót (5) a nyílás alatti részig 10 %-os HCl-al öntöttem fel. A reakcióedényt ezután a savadagolóval légmentesen lezárjuk, ezáltal a csőben a folyadékszint elmozdul, ezért a háromfuratú csapot elfordítjuk úgy, hogy a készülék légterével legyen összeköttetésben a reakciótér (4), ezáltal biztosítva a fejlődő gáz bejutását a csőbe. A reakcióedényt megdöntve a talajra rázunk a sósavoldatból. Az ekkor fejlődő CO_2 gáz hatására a folyadékszint a jobb oldali csőben csökken, ezáltal a bal oldaliban emelkedik. A kétfuratú csap segítségével folyamatosan kompenzáljuk a két folyadékszintet, és addig rázogatójuk a tégelyt, míg rázás után 2 perc elteltével 1 cm^3 -nél kevesebb gázfejlődést észlelünk. Ekkor a folyadékszintet kiegyenlítjük és leolvassuk a fejlődött gáz térfogatát 0,1 ml pontossággal. (Bellér P. és Varjú P., 1986)

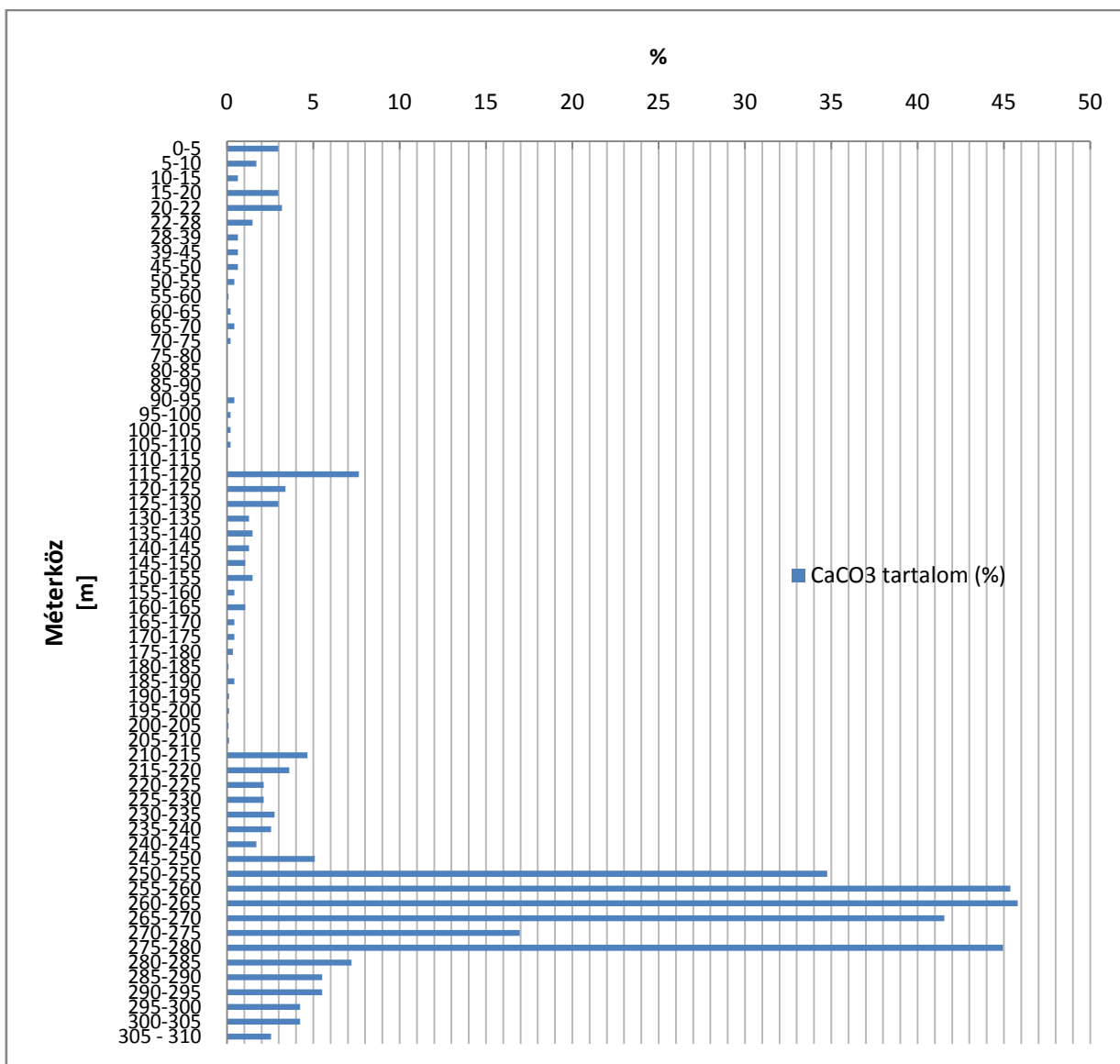
Az értékelésnél figyelembe kellett venni az adott hőmérsékleti és nyomás adatokat, és az ehhez tartozó állandóval lehetett visszaszámolással megkapni a mésztartalmat %-os alakban. A laboratóriumban 22°C volt, az ehhez tartozó barometrikus nyomásérték állandója: 0,004240. Az eredményhez az állandó adatokon kívül felhasználtam a mért

adatokat és az alábbi összefüggés segítségével mind a 61 mintára megkaptam a kalcium-karbonát tartalmat %-os értékben:

$$A = \frac{m \cdot a \cdot 100}{g}$$

Ahol, 'A' az összes karbonáttartalom %-ban kifejezve, 'm' a fejlődött CO₂ mennyisége cm³-ben, 'a' a CO₂ 1 cm³ – nek megfelelő CaCO₃ mennyiség az adott hőmérsékleti és nyomási viszonyoknak megfelelően és 'g' a bemért minta tömege, esetünkben 1 gramm.

A kapott eredményeket az összes mintára rendeztem, és az 8. ábrán szemléltetem.



8. ábra - A Miskolci Egyetem 1/a. számú kút furadékmintáinak kalcium-karbonát tartalma kalciméteres mérés alapján (általam mért adatok alapján saját szerkesztés, 2012)

A kapott eredményből nagyon jól látható, hogy hol települ be a mészkőréteg a szelvénybe. A könnyebb átláthatóság érdekében kategorizáltam az eredményeket, aszerint, hogy mennyire meszes mintával állunk szemben. Az alábbi táblázatos határértékek alapján kategorizáltam a mintákat 0-3-ig és ezekbe a kategóriákba sorolom be a saját mintáimat a már meglévő geológiai leírás mintáinak mésztartalma alapján. (3. táblázat)

3. táblázat - Szénsavas mésztartalom határértékei és az általam választott kategorizálás
(forrás: Kalocsai R. és társai, 2006 nyomán saját szerkesztés)

CaCO ₃ [%]	Kategória	Saját kategorizálás
0	mészhiányos	0
0,1-4,9	gyengén meszes	1
5,0 – 19,9	közepesen meszes	2
20,0 -	erősen (túlzottan) meszes	3

A kategóriák megnevezése a talajok szénsavas mésztartalmának meghatározásához készült, így a túlzottan meszes kifejezés a talajok esetében érvényes.

A kategóriák létrehozását azért tartottam fontosnak, hogy összehasonlíthatóak legyenek a vizsgálati eredményeim a már meglévő eredményekkel. Ezzel a csoportosítási rendszerrel közös nevezőre lehet hozni a már meglévő eredményeket az általam mértekkel.

A Vízföldtani Naplóban, Nauner Katalin hidrogeológus által meghatározott fúrási rétegsort mellékletként csatolom a dolgozathoz (4. melléklet), melyben a mésztartalomra utaló kifejezések alapján csoportosítottam a rétegsor elemeit a saját kategóriáimba. A meglévő fúrási rétegsorban szereplő mélységközökkel próbáltam kialakítani a kategóriákat, ahol eltérést tapasztaltam, ott több részre osztottam a mélységköz adatokat, és így hasonlítottam össze az értékeket. Az eredmények így 23 mélységköz kategóriába fértek bele.

Az általam kapott eredmények összehasonlítását és kiértékelést a dolgozatom IV. fejezetben taglalom.

4. Mikroszkópos ásványtani vizsgálat

a.) Előkészületek

A dolgozatom elején kitűzött rétegsor pontosításához még egy kutatási fázist végeztem el, ami egy ásványtani vizsgálatot takar. Pontosabban vékonycsiszolat vizsgálatot. Ezzel a mikroszkópos vizsgálattal a mintában található ásványok, egyéb alkotók méretét és mennyiségét állapítjuk meg.

A vizsgálathoz 4 mintát használtam fel, ezeket mésztartalmuk alapján választottam ki. Mindenképpen a tufás rétegekből szerettem volna egy nem meszes, egy közepesen meszes, és egy erősen meszes mintát megvizsgálni. A 4. mintát a mészkőréteg egyik mintája adta, melynek mésztartalma alacsonyabb a vártnál. A minták az alábbi méterközökből származnak: 80 – 85 m, 115 – 120 m, 160 – 165 m, és 300 – 305 m.

A vizsgálat előkészületeként a választott 4 minta mindegyikét átszitáltam. Ez ahhoz kellett, hogy a vékonycsiszolat készítésénél egyforma méretű alkotókkal dolgozzak. A vizsgálathoz a legjobb szemcseméret az 1 és 2 mm közötti, így az általam kiválasztott méret az 1,25-ös szitán még fennmaradt szemcsék lettek.

Az ásványtani vizsgálathoz először műgyantás preparátumot készítettünk. Ehhez olajozott tégelyekbe helyeztük a mintákat és lágy műgyantát öntöttünk rá. (5. kép)



5. kép - Műgyantába ágyazott minták (saját kép, 2012)

A műgyanta megszilárdulása után (kb. 2 nap) a tégelyből kivéve csiszolható lesz a mintánk. Először az alját síkra vágtuk gép segítségével, ez ahhoz szükséges, hogy

csiszoláskor is sík felületet kapjunk. A csiszolást 1200-as csiszolólapon kezdtem. Ez azt jelenti, hogy 1 mm^2 -en 1200 szemcse található a csiszolólapon. Ezzel addig csiszoltam a mintát, míg az egész felületen meg nem jelentek a szemcsék és nem adtak egy fényes törést. Aztán 2400-as csiszolólapon finomítottam a felületet. Ezt a csiszolást mind a 4 mintán elvégeztem. (6. kép)



6. kép - A csiszolólap és a már megcsiszolt minták (saját kép, 2012)

A mintákat csiszolás után üveglapra kellett ragasztani, ez segít majd a mikroszkópos vizsgálatkor. Ehhez először az üveglapok egyik felét át kell csiszolni, hogy matt felületet kapjunk, amire tudunk ragasztani. Ezeket már nem csiszolópapírral, hanem csiszolólapok segítségével csiszoltam matt. (7. kép)



7. kép - A csiszolólap és a matta csiszolt üveglapok (saját kép, 2012)

A mintákat ragasztás előtt egy ultrahangos rázógépbbe tesszük, ami eltávolítja az üregekből a szennyeződések, ebben az esetben a csiszolóanyagot. Ez azért fontos, hogy a mintákat szennyeződésmentesen tudjuk felragasztani a tárgylapra, és elemzéskor tiszta felület álljon rendelkezésünkre. (8. kép)



8. kép - Ultrahangos ráztatás (saját kép, 2012)

A következő lépés a ragasztó kikeverése. Kétkomponensű ragasztót használtunk a minta tárgylapra ragasztásához. Kimértük a ragasztó komponenseinek megfelelő mennyiséget az A és B komponensből is. A ragasztás keverési aránya $100:30 = A:B$. Jelen esetben az A komponensből 1,5 grammot, a B komponensből pedig 0,45 grammot kevertünk össze. A ragasztó viszkozitásának növelése érdekében meleg vízbe tartottuk a keverőedényt. A ragasztót a mintára és az üveglapra is vékony rétegben felkentük. Ügyelve arra, hogy ne maradjon olyan terület, ahol nincs ragasztó, vagy ahol levegős a felület. A ragasztást követően szintén pár nap száradási időt hagytunk.

Miután a ragasztó megszilárdult, géppel levágtuk a felesleges gyanta részt, megpróbálva minél vékonyabb felületet kapni. Az előkészületekben nagy segítségemre voltak az Ásvány- és Kőzettani tanszék laboratóriumi munkatársai. Segítségükkel sikerült a mintákat levágni, és 30 mikronnyi méretűre csiszolni. A mikroszkópos vizsgálat során csak a 30 mikron, vagy annál kisebb méretű mintákat lehet megvizsgálni.

A csiszolás ebben az esetben már a csiszolólapokkal történt, nem a csiszolópapírral. Ezáltal megkaptam mind a 4 mintám vékonycsiszolatát (9. kép).



9. kép – Vékonycsiszolatok (saját kép, 2012)

b.) Mikroszkópos vizsgálati elemzés

A mikroszkópos elemzést Dr. Zelenka Tibor nyugalmazott egyetemi adjunktus segítségével végeztem el.

A vizsgálathoz polarizált fénnel működő ásványtani mikroszkópot használtunk. A polarizátorral előállított poláros fény az általunk elkészített vékonycsiszolon áthalad és a mikroszkóp optikai tengelyéből az objektíven és az analízatoron keresztül jut el a szemünkig. Egy felnagyított képet látunk, ami segít az alkotók meghatározásában. (Szakáll, 2012)

A vékonycsiszolatok vizsgálatára egy táblázatot állítottam össze (4. táblázat), melyben a 4 minta mindegyikének a jellemző makrofizikai és mikroszkópos tulajdonságait tüntetem fel.

4. táblázat - Mikroszkópos vizsgálati jellemzés (Zelenka T. nyomán, 2012)

Minta [m]	Jellemző tulajdonságok
80– 85	Szürke szín, porózus, uralkodóan horzsakő alkotja, törhető apró kristályos. Szövege: vitroklasztos denitrifikált felzites riolitklaszt. Mikroszkópos alkotók: fenokristályok, horzsakő (1000x400 μ), cirkon (50-100 μ), riolitlapilli (3500 μ), karbonát (300x300 μ), amfibol (350x70 μ). Zárványok: 1. káli- és plagioklász földpát (3000 μ) szimmetrikus kioltással – labradorit a földpáton belül; 2. kvarcmozaik (50-100 μ) és földpátkristályok (2-300 μ). Megnevezés: <i>Lapillis riolituffa</i>
115-120	Sok kvarc és horzsakő jellemzi, makroméretű fekete kvarceres agyagpala, inhomogén porózus szövet, több lapilli és kristálytörmelék. Alkotók: plagioklász földpát (250x100 μ), kvarc 4-500 μ), piroxének (hipersztén – 1000x500 μ , limonitos foltokkal), augit, oligoklász (3000x1500 μ), átkristályosodott horzsakő (3500x2000 μ). Zárványok: 1. teljesen ellimonitosodott alapanyagú üvegtufa (3300 μ), 2. felzites vulkáni zárvány. Megnevezés: <i>Lapillis horzsaköves riolituffa</i>

160-165	Szövet: krisztalo- és vitroklasztos, jellemzően kvarckristályos, porózus tufa, kaviccsal. Szürke színű (állandó reduktív környezet), alapanyag agyagásványos gyengén denitrifikált üveg. Alkotók: táblás plagioklász földpát (200-500 x 200 µ) és ehhez színes piroxén elegyrész (200x80 µ), biotit (300x100 µ), rostos horzsakő (150x50 µ), szericitesedett kvarc (2000x1000 µ), ignimbitárba épült biotit (100x20 µ), magnetit (4000x1500 µ), limonit. Megnevezés: <i>Kristálytörmelékes lapillis tufa</i>
300-305	Szövet: vitroklasztos, szinte egyáltalán nem tartalmaz krisályt. Apró üvegtörmelék, finomszemű tufatörmelékekkel. Alkotók: üvegszilánkok (50 µ), kisebb földpátdarabok, az üveges mátrix enyhén agyagásványosodott (illites). Zárvány: hólyagos limonitos trachitos szövetű vulkáni klaszt. Megnevezés: <i>Finomszemű tufa</i>

III. Vizsgálati eredmények kiértékelése, összehasonlítása meglévő adatokkal

A dolgozatom elején kitűzött vizsgálatok elvégzése után összevettem a kapott eredményeimet a már meglévő adatokkal. Az eredmények kiértékelését a dolgozatomban leírt vizsgálatok fordított sorrendjében végeztem.

1. Ásványtani vizsgálat kiértékelése

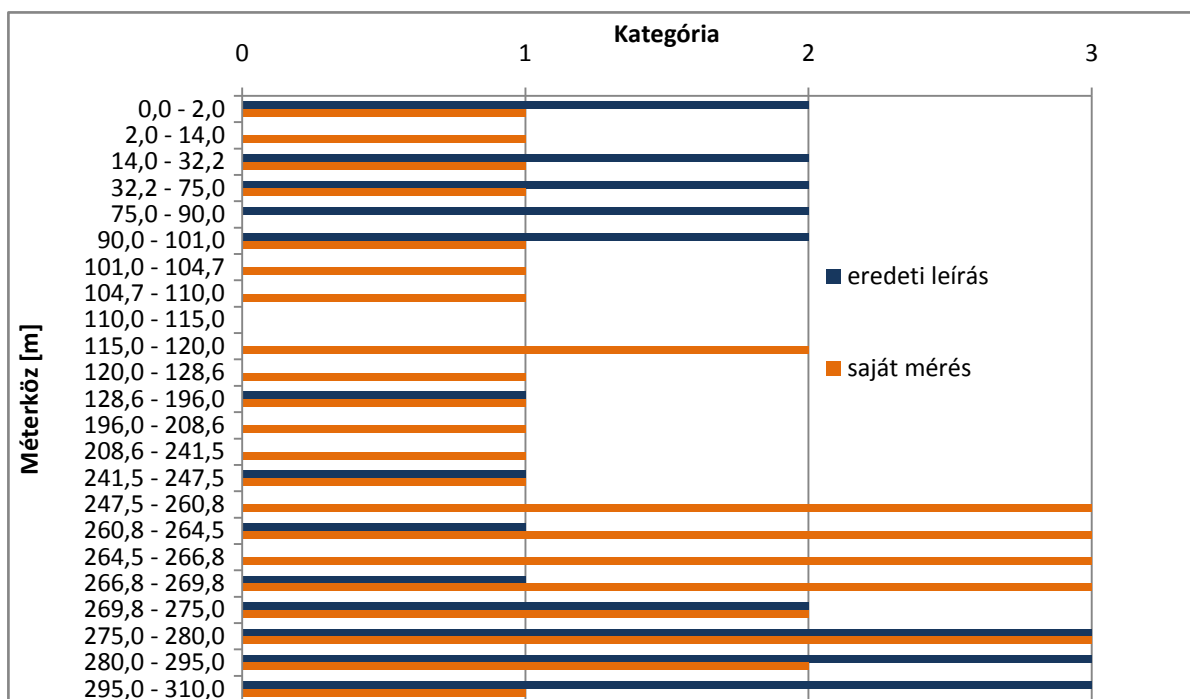
Az ásványtani vizsgálat a mésztartalom vizsgálattal együtt azok közé a módszerek közé tartozik, melyeket az eredeti rétegleírás meghatározása során nem alkalmaztak, így összehasonlítási alapot nem tudnak adni. A vizsgálati eredményeket az előző fejezetben már bemutattam, így ebben a fejezetben kifejezetten csak a saját rétegleírásom pontosításához használok fel.

A mikroszkópos vizsgálat alapján elmondható, hogy az első három mintánk, melyek 80 – 85 m, 115 – 120 m és 160 – 165 m mélységközöket öleltek fel valóban vulkáni tufatörmelék (riolittufa) eredetűek, melyekben a törmelékek mennyisége és milyensége hasonlít, azaz egy azon környezetben keletkezhettek. A negyedik, 300-305 méter mélységből származó minta a vizsgálat alapján finomszemű tufa, azonban feltételezésem szerint a minta kevés mennyisége miatt nem lehet biztos réteg meghatározást adni ezen egy minta alapján. A minta kevés mennyisége mellett okozhatta a szokatlan eredményt a már fentebb említett tufatörmelék bekerülése is a felsőbb rétegekből, lehetséges egy üregkitöltés megléte, más frakciókban is találunk mészkövet.

Az ásványtani vizsgálat a tufatörmelék meghatározása érdekében volt szükséges, és egyben eredményes is.

2. Mész tartalom mérés eredményeinek kiértékelése

Az általam mért - már korábban ismertetett - kalcium-karbonát mérés eredményeit a kategorizálás után diagramos formátumban hasonlítottam össze az eredeti leírás szerinti mésztartalom becslésekkel, amit a 9. ábrán mutatok be.



9. ábra - Egyéni kategóriába sorolása a már meglévő és a mért adatoknak (saját szerkesztés, 2012)

A kategóriákat a könnyebb érthetőség érdekében itt is feltüntettem:

5. táblázat - Mész tartalom kategóriák értékei

CaCO ₃ [%]	Saját kategóriák
0	0
0,1 - 4,9	1
5,0 - 19,9	2
20,0 -	3

A diagramból kitűnik, hogy hol kisebb, hol nagyobb eltérést tapasztalunk az adatsorok között. Ez köszönhető lehet annak, hogy a mésztartalomra utaló kifejezések, ami alapján a kategóriák készültek, csak becslült értékek, mivel az eredeti meghatározásnál mésztartalomra irányuló mérést nem végeztek, amit mindenképpen figyelembe kell vennünk az értékelésnél.

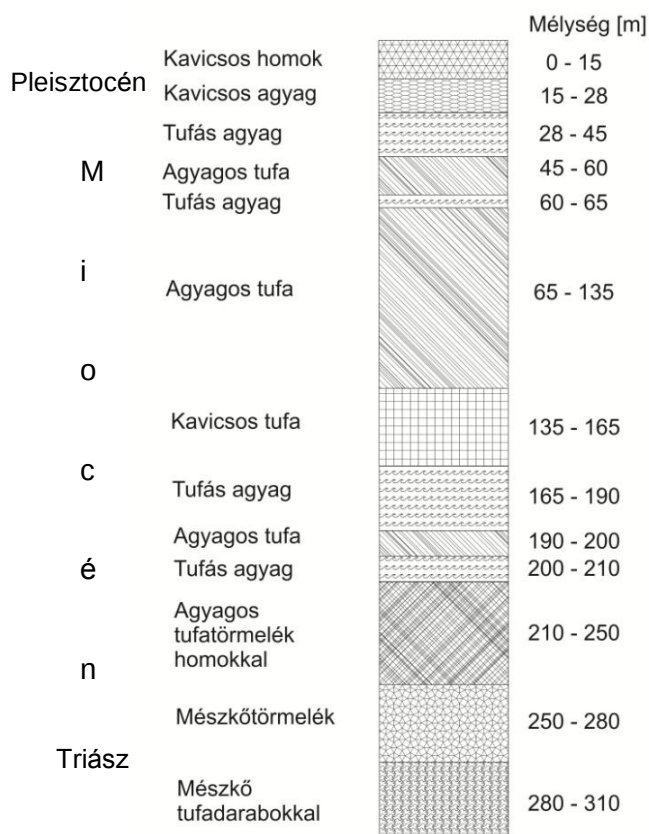
Több helyen alulértékelt a meglévő leírásban a mésztartalom aránya az általam elvégzett mérésekéhez képest. Ezek alapján 0 - 110 méterig a rétegek az 1. kategóriába (0,1 – 4,9 %) tartoznak. Az eredeti leírás szerint 2 méterig a 2. kategória érvényesül, 2-14 méterig a 0. kategória, valamint 14 - 101 méterig ismét a 2. kategóriába sorolhatók a mésztartalomra vonatkozó eredmények. Az eredeti leírás becslése szerint a kavicsos homok rétegnek nincs mésztartalma, és az agyag valamint az agyagos tufa több, mint 5 % - os mésztartalommal rendelkezik. A saját méréseim ezekben a rétegekben 5 % alatti mésztartalmat mutattak.

101 métertől 128,6 méterig a geológiai leírás szerint a mésztartalom 0 % (tufa, tufás agyag), a kalciméteres méréseim alapján 110 és 115 méter között valóban 0 % a CaCO_3 tartalom, viszont a 115 és 120 m mélységköz a 2. kategóriába sorolható, ami több mint 5 %-os mésztartalomra utal. 120 métertől 247,5 méterig ismét 5 % alatti eredményt kapunk. Az eredeti leírás szerint is 1. kategóriába sorolható a 128,6 - 196 közötti mélységköz (agyag), azonban ezután 0 % - os értéket feltételez 241,5 méterig, ahol 196 – 208,6 méterben tufás agyag, majd 241,5 méterig aleuritós agyag, homokos aleurolit található. 241,5 métertől szintén 1. kategóriába sorolható a már meglévő leírás mésztartalma, ez az általam mért értékekkel megegyezik. 247 métertől egy nagyobb mértékű alulbecslést vélhetünk felfedezni a mért adatokhoz képest. A kalciméteres mérések 269,8 méterig 3. kategóriába sorolható adatokat szolgáltatottak, ami jelen esetben több mint 50 % kalcium-karbonát tartalmat jelent. Ehhez képest az eredeti becslések 0 vagy 1. kategóriába sorolták az itt található minták mésztartalmát, úgy is jellemezhetnénk, hogy egyfajta fordított sorrendet vélhetünk az utolsó 30 méter és az előtte lévő 30 méter mért és becsült adatai között. A fúrási rétegsor szerint 275 és 310 méter közötti rétegek sorolhatók a 3. kategóriába, azonban az általam kapott eredmények ekkor már csökkenő mésztartalom értékeket adtak. Ezt az eltérést okozhatta a fentről behulló tufatörmelék megléte, ami a geofizikai és geológiai vizsgálatok alapján nem volt megfigyelhető és leírható.

A kalciméteres mérések alapján készítettem egy rétegsor leírást (10. ábra), melynél megfigyelhető, hogy az eredeti rétegsorhoz képest nagyobb eltérést a mészkőréteg betelepülésénél figyelhetünk meg. A mésztartalom alapján a mészkőtörmelék megjelenése már 250 méteren jellemző, az eredeti leírásban ez csak 270 métertől jelenik meg. 280 métertől már tufatörmelék is megjelenik, melynek oka a fentebbi rétegekből való beszóródás, illetve a mélyítés közben történő lejutás lehet, illetve a mészkő litoklázisainak a riolittufával való részben kitöltöttsége.

Általánosságban elmondható, hogy az általam végzett kalciméteres mérés eredményei nagyon sokat segítettek a rétegsor pontosításának leírásánál.

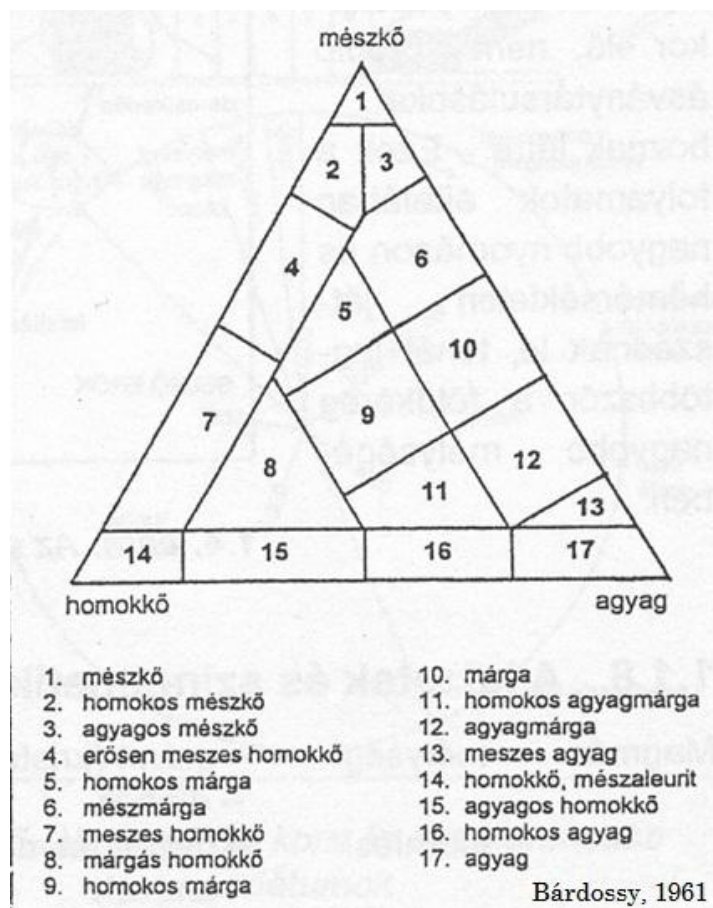
Ennek a leírásnak a helyességét további vizsgálatokkal ellenőriztem. A rétegek korfeltüntetését ennél az egy ábránál végzem el, a többi rétegsorra is az alábbi korjellemzők illenek.



10. ábra - Kalciméteres mérés eredményei alapján elkészített saját rétegsor

3. Fúrasi rétegsor összevető vizsgálata

A rétegsor helyes meghatározásához újra megvizsgáltam mind a 61 mintát a vizsgálatok befejeztével, és összefüggéseket kerestem a rétegek között. A 3. mellékletként csatolt részletes leírást ekkor már nem vettem figyelembe, hanem egy teljesen új, pontos, réteghatárokkal tagolt leírást készítettem. A korábbiakban leírt általam gondolt rétegsor meghatározásánál folyamatosan figyelemmel kísértem a már elvégzett vizsgálatok eredményeit, és ezen vizsgálatok összemetszéséből sikerült meghatároznom egy pontosabban leírt rétegsort. A mésztartalom mérés eredményei alapján megpróbáltam elhelyezni a rétegeket a törmelékes üledékekre meglévő agyag – homok - mészkő diagramban, melyet Bárdossy 1961-ben dolgozott ki (11. ábra).

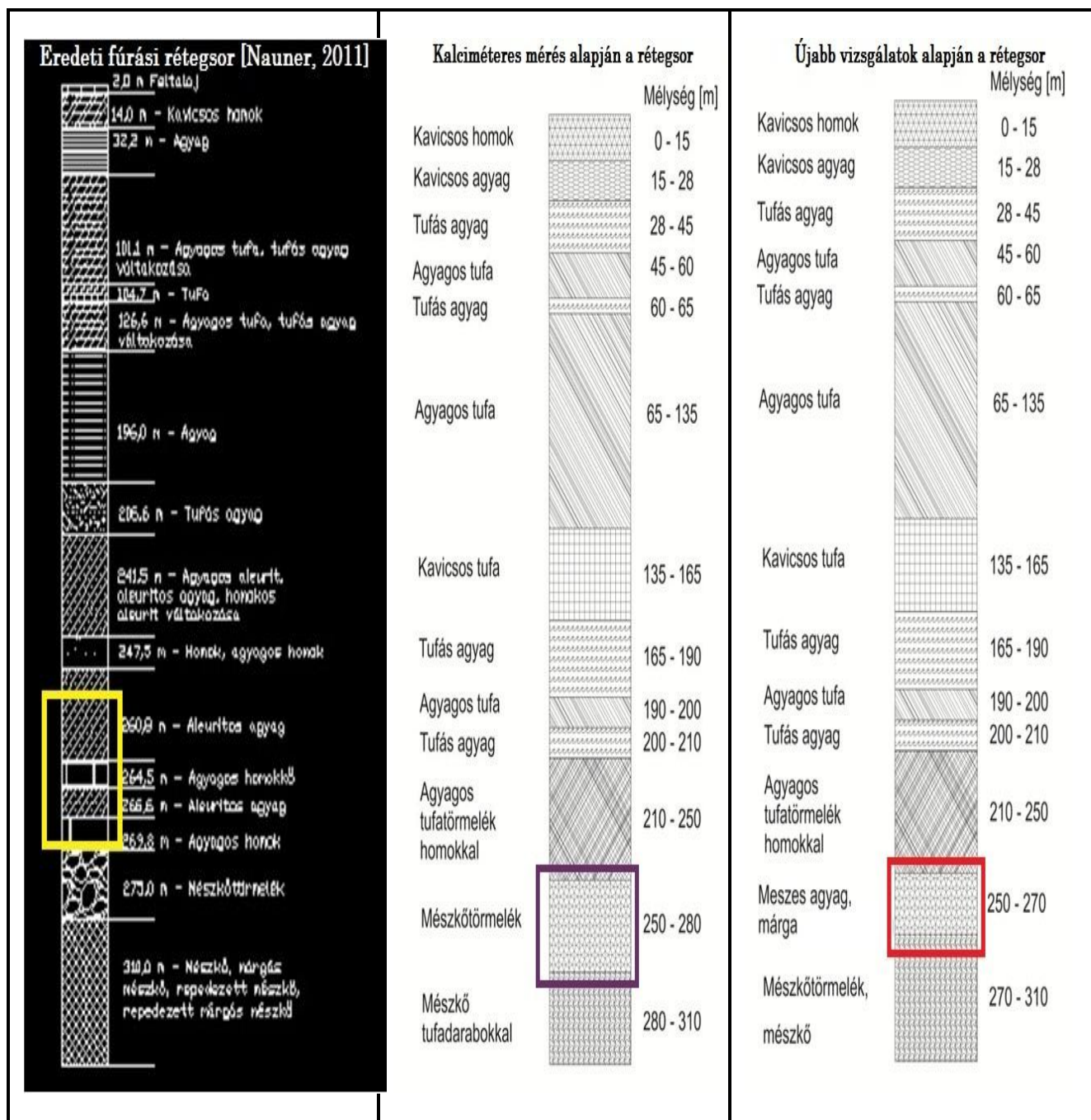


11. ábra - Bárdossy-féle diagram (Bárdossy, 1961)

Az újabb vizsgálat alapján, a 250 méteren található magas mésztartalom utalhat egy meszes agyag, márga és mészmárga jelenlétére is.

Az elvégzett mérések, és ellenőrzések alapján a rétegsor pontosítását sikerült elvégezni. A következőkben bemutatnám az eredeti mérések, a mésztartalom mérések, és a Bárdossy-féle diagram alapján meghatározott rétegsorokat, és a végleges rétegsor elemzését végzem el. (12. ábra)

A vizsgálataim során a geofizikai mérések eredményeit nem vettem figyelembe, mert az eredeti rétegsor leírása ezek alapján történt, így vizsgálataimhoz újabb információt nem szolgáltatott, illetve az eredeti rétegsor figyelembe vételével a geofizika leírás eredménye is elfogadásra került.



12. ábra - Fúrási rétegsorok összehasonlítása a saját vizsgálati eredményeim alapján (saját készítés, 2012)

A rétegsor egyik legnagyobb eltérése, amint már említettem, a mészkőréteg betelepülésénél figyelhető meg. Ezt kiemelve kezeltem az ábráimon. Megfigyelhető, hogy az eredeti leírásban 250 métertől aleuritos aggyag, aggyagos homok váltakozása jellemző 270 méterig, míg a kalciméteres mérések ezt a méterközt, már mészkötőrmeléknek feltételezik. Az újabb vizsgálatok alapján a megemelkedett mésztartalom egy meszes aggyag, márga, mészmárga jelenlétét indokolja.

Így a végleges rétegsorom felső 15 métere folyóvízi feltöltés, amit egy kavicsos agyag réteg követ 28 méter mélységig. Ez a réteg pleisztocén korú. A rétegsor domináns összetevője 28 métertől a miocén tufa és az agyag lesz, melyek egymáshoz viszonyított aránya folyamatosan váltakozik. Szürke és zöldesszürke szín, sok kvarcanyag, helyenként homokos betelepülés jellemzi az agyagos rétegeket. A tufatörmelék szürkésfehér és helyenként kavicssal kevert, porózus, több helyen horzsaköves állagú.

Az agyagos homokos tufatörmelék 250 méterig jellemzi a réteget, ezután márgás betelepülés figyelhető meg (a mésztartalma a rétegnek ebben a mélységben a legmagasabb), a mészkőtörmelék és a triász mészkő, mint alapkőzet a rétegben 270 méteren jelenik meg, ahogy az eredeti rétegsorban is.

A rétegszelvényt 13 rétegmélység szerint sikerült elkülönítenem, az eredeti leírás ezt 16 darab mélységi érték szerint teszi meg.

IV. Összefoglalás

A dolgozatom elején felvetett célkitűzés, miszerint a rétegleírás pontosítását szeretném elvégezni, a kiválasztott vizsgálatok alapján megtörtént. A számomra eddig ismeretlen terepi – és laboratóriumi vizsgálatokat alkalmaztam.

A kutatás segített megismerni a terület földtani és vízföldtani viszonyait, a vizsgált kút szükségességét, valamint létesítésének lépéseit, adatait. Egyébiránt betekintést nyerhettem több szakember együttes munkájának eredményeibe, amik nagyban hozzájárultak dolgozatom megírásához.

Az eltérő vizsgálati módszerekkel sikerült többletinformációkkal pontosítanom az egyes rétegtulajdonságokat, ami hozzásegített egy saját, mérési és kutatási eredményeken alapuló leírás elkészítéséhez.

A vizsgálati eredményeim alátámasztották a geofizikai és geológiai vizsgálatok eredményeit, eltérést ott tapasztalhattunk, ahol különböző vizsgálati módszerek kerültek alkalmazásra.

Elmondható, hogy a dolgozatom legnagyobb eredménye a 250-270 méteres méterköz pontosabb meghatározásában figyelhető meg. A vizsgálatok elvégzésével ebben a mélységközben sikerült új információkra lelni, és ezek alapján a pontosítást elvégezni.

Úgy vélem, dolgozatom megírásával sikerült egy meglévő rétegsor pontosítását elvégezni, valamint az eredményeim megfelelőek ahhoz, hogy az 1/a termálkút tulajdonságairól, rétegsoráról részletesebb, esetenként pontosabb képet kapjunk.

V. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani Dr. Lénárt László egyetemi docensnek, egyben konzulensemnek, hogy maximális segítséget nyújtott a dolgozatom elkészítéséhez, mind gyakorlati, mind szakirodalmi háttér biztosításában.

Továbbá szeretném megköszönni Dr. Márai Ferenc egyetemi docensnek és Dr. Zajzon Norbert tudományos munkatársnak, hogy az Ásvány-és kőzettani tanszék részéről rengeteg tanáccsal és iránymutatással láttak el. A mikroszkópos vizsgálati eredményekért külön köszönetet mondok Dr. Zelenka Tibor nyugalmazott egyetemi adjunktusnak. A laboratóriumi előkészületek lebonyolításában nyújtott segítséget köszönöm az Ásvány- és kőzettani Tanszék laboráns munkatársainak, valamint Bujdosó Istvánnénak a Hidrogeológiai - és Mérnökgeológiai Intézeti Tanszék részéről nyújtott laboratóriumi segítségét.

Végül, de nem utolsósorban köszönöm barátaimnak, megértő tanárainak, akik mindvégig támogatták és segítették a tudományos munkám létrejöttét.

A tanulmány/kutató munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként - az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében - az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

VI. Irodalomjegyzék

Bellér P. és Varjú P. (1986): Termőhelyismerettan gyakorlat I., Talajvizsgálati módszerek. (Erdészeti és Faipari Egyetem Erdőmérnöki Kar, kézirat, Sopron, 1986)

Geo-Center Kft. (2012) – Miskolci Egyetem ME-1/A jelű termálkút, (mérési dokumentáció, 2012.04.03)

Geo-Signal (2012) – Az Egyetemváros, Egyetem 1. sz. kút kamerás vizsgálata (Miskolc, 2012.08.30)

Gondárné S. K., Székvölgyi K., Gondár K., Gyulai T., Könczöl N és Kun É. (2008) - Egy új módszer az utánpótlódó felszín alatti vízkészlet számítására hegyvidéki víztestek területén, (XXVI. Országos Vándorgyűlés, Miskolc, 2008)

Kalocsai R., Giczi Zs., Schmidt R. és Szakál P. (2006) – Talajvizsgálati eredmények értékelése, (Nyugat-Magyarországi Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar . Mosonmagyaróvár, 2006)

Kerbolt T. (2010) – A Miskolci Egyetem hévízkútjának melléfúrásos felújítási terve (ME-II), (Geoservice Kft, 2010)

Lénárt L. (1992) – Üzemi jellemzők vizsgálata a miskolci melegvízű kutakban I. (Miskolci Egyetem Hidrogeológiai – Mérnökgeológiai Tanszék, Miskolc, 1992 december)

Lénárt L. (2006): A Bükk-térség karsztvízpotenciálja – a hosszú távú hasznosíthatóságának környezetvédelmi feladatai. - Észak-magyarországi Stratégiai Füzetek. III. évf. 2. sz. Miskolc, p. 17-28.

Lénárt L., Szűcs P., Török I. és Horányiné Cs. G., (2007) – Ásványvíz és gyógyvíz potenciál a Bükk déli előterében, (Alkoholmentes italok, VIII. évf. 2. szám, MÉTE Kiadó, Budapest, 2007)

Lénárt L. (2012 a.) – A Bükkben keletkezett kitermelhető karsztvízkészlet folyamatos meghatározásának módszere (XXI/a., Az 1992.10.10. – 2012.01.01 közötti mérések értékelése, Miskolci Egyetem Környezetgazdálkodási Intézet, 2012 február)

Lénárt L. (2012 b.) – A Bükkben keletkezett (meleg)karsztvíz-készlet folyamatos meghatározásának módszere (IX.) (XXI/b., A 2002.08.28. – 2012.01.01 közötti mérések eredményeinek értékelése, Miskolci Egyetem Környezetgazdálkodási Intézet, 2012 február)

MÁFI hivatalos honlapja (2012) – Magyarország 1:100000- es méretarányú földtani térképe, <http://mafi-loczy.mafi.hu/Fdt100/>, (letöltés ideje: 2012. 10. 11)

Szakáll S. (2012) – Ásvány- és kőzettan alapjai, (Digitális Egyetem online felület, letöltés ideje: 2012.10.15)

Vízföldtani Napló (2012) – Miskolci Egyetem hévízkútjának melléfúrásos felújítása, VIKUV-Hidrokomplex Vízkutató és Vízműépítő Kft., 501/2012, Miskolc B-187

VII. Ábrajegyzék

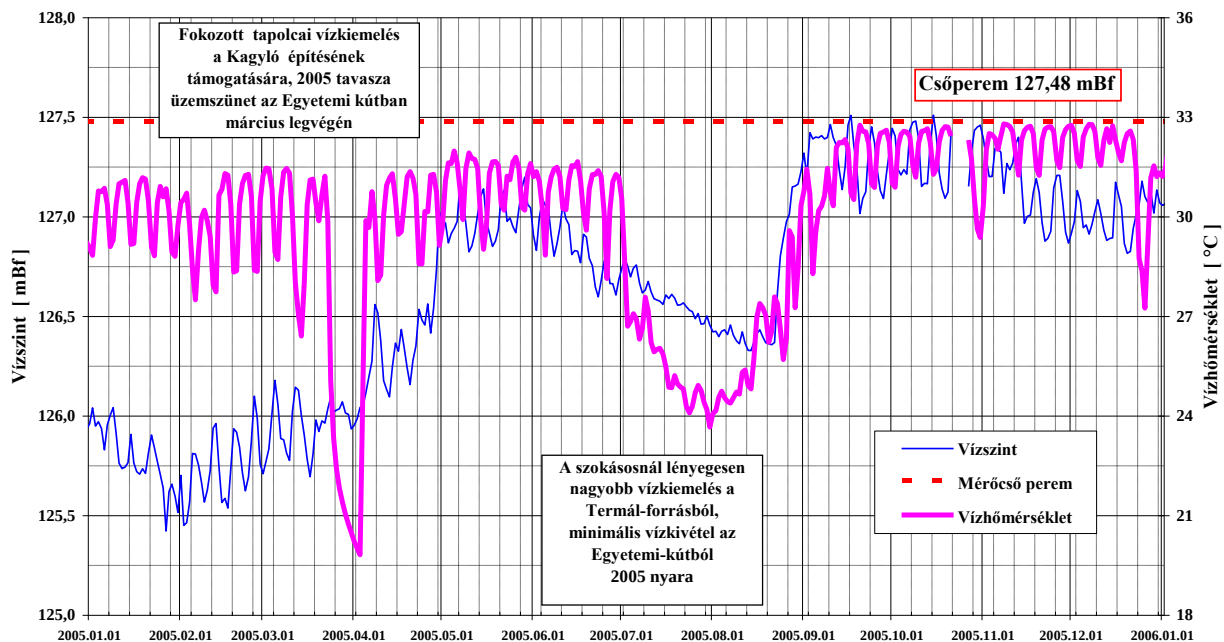
1. ábra – A vizsgált terület földtani viszonyai és az ME-1, 1/a kút elhelyezkedése [MÁFI földtani térképe nyomán, 2012]
2. ábra - Az 1. számú egyetemi kút földtani szelvénye (Lénárt, 1992)
3. ábra - Miskolc térségi hévíz és langyos vizű kutak helyszínrajza (forrás: Lénárt, 1992 alapján)
4. ábra – Az ME- 1. és 1/a. számú kutak elhelyezkedése a Miskolci Egyetem területén (Geoservice Kft. nyomán, 2005)
5. ábra - Az 1. számú kút termelési értékei 1998-2012 között (forrás: Lénárt, 2012 b.)
6. ábra - Az 1/a. számú hévízkút csövezési vázlata (Vízföldtani napló alapján, 2012)
7. ábra - Scheibler-féle kalciméter vázlatos ábrája (forrás: Bellér P., és Varjú P., 1986)
8. ábra - A Miskolci Egyetem 1/a. számú kút furadékmintáinak kalcium-karbonát tartalma kalciméteres mérés alapján (általán mért adatok alapján saját szerkesztés, 2012)
9. ábra - Egyéni kategóriába sorolása a már meglévő és a mért adatoknak (saját szerkesztés, 2012)
10. ábra - Kalciméteres mérés eredményei alapján elkészített saját rétegsor
11. ábra - Bárdossy-féle diagram (Bárdossy, 1961)
12. ábra - Fúrasi rétegsorok összehasonlítása a saját vizsgálati eredményeim alapján (saját készítés, 2012)
13. ábra - Az 1/a kút hozam, hőmérséklet és folyadék ellenállás görbéje (Forrás: Geo-Center Kft., 2012)
14. ábra - Fúróluk ferdeség diagram (Vízföldtani napló, 2012)

15. ábra - Karotázs szelvény I. 0 m – 45 m mélységig (forrás: Vízföldtani Napló, 2012)
16. ábra - Karotázs szelvény I. 45 m - 115 m mélységig (Forrás: Vízföldtani napló, 2012)
17. ábra - Karotázs szelvény I. 115 m - 190 m mélységig (forrás: Vízföldtani Napló, 2012)
18. ábra - Karotázs szelvény I. 190 m - 260 m mélységig (forrás: Vízföldtani Napló, 2012)
19. ábra - Karotázs szelvény I. 260 m - 310 m mélységig (forrás: Vízföldtani Napló, 2012)
20. ábra - Karotázs szelvény II. 0 m - 120 m mélységig (forrás: Vízföldtani Napló, 2012)
21. ábra - Karotázs szelvény II. 120 m - 260 m mélységig (forrás: Vízföldtani Napló, 2012)
22. ábra - Karotázs szelvény II. 260 m - 310 m mélységig (forrás: Vízföldtani Napló, 2012)
23. ábra - Karotázs szelvény III. 260 m - 310 m mélységig (forrás: Vízföldtani Napló, 2012)
1. táblázat - Az 1/a kút paraméterei (forrás: Vízföldtani napló nyomán, 2012)
2. táblázat - Saját makroszkópos leírás egy részlete
3. táblázat - Szénsavas mésztartalom határértékei és az általam választott kategorizálás (forrás: Kalocsai R. és társai, 2006 nyomán saját szerkesztés)
4. táblázat - Mikroszkópos vizsgálati jellemzés (Zelenka T. nyomán, 2012)
5. táblázat - Mésztartalom kategóriák értékei
6. táblázat - Makroszkópos leírás (saját, 2011)
7. táblázat - Fúrási rétegsor (Nauner, 2011)
1. kép - Fúróberendezés (saját kép, 2011)
2. kép – A fúrási minta kimosás előtt és után (saját kép, 2012)
3. kép - A kimosott minták a szárítás előtt (saját kép, 2012)
4. kép - Scheibler-féle kalciméter (saját kép, 2012)
5. kép - Műgyantába ágyazott minták (saját kép, 2012)
6. kép - A csiszolólap és a már megcsiszolt minták (saját kép, 2012)
7. kép - A csiszolólap és a matra csiszolt üveglapok (saját kép, 2012)
8. kép - Ultrahangos rázatás (saját kép, 2012)
9. kép – Vékonycsiszolatok (saját kép, 2012)

MELLÉKLETEK

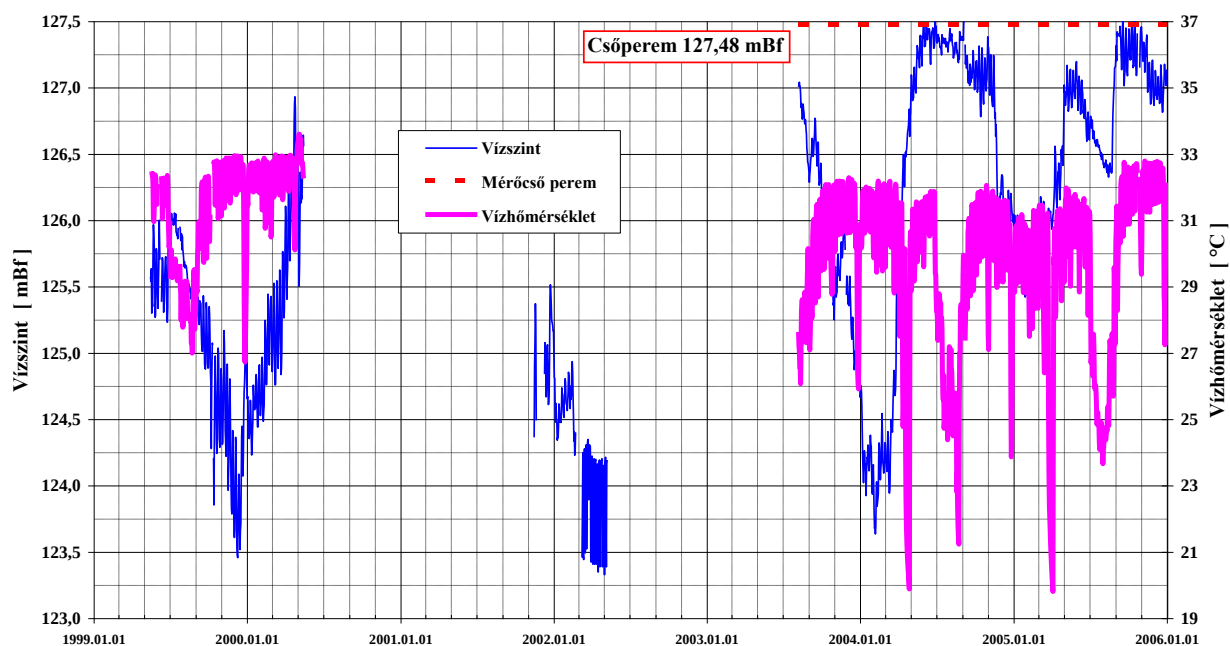
1. melléklet

Miskolc-Egyetemváros, Egyetemi-kút Szivattyúzott vízszint-víz hőmérséklet (2005)



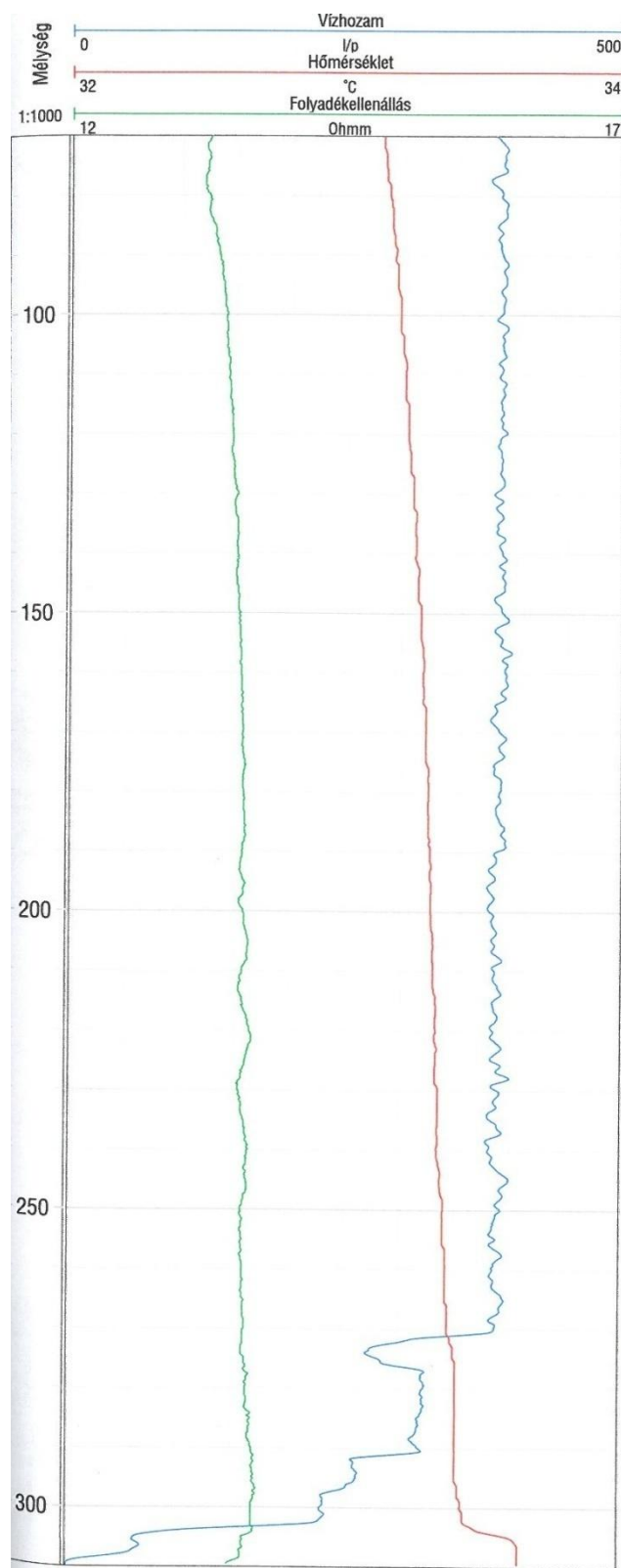
1. diagram - Az 1. számú kút szivattyúzott vízszint és víz hőmérséklet adatai (2005) (Lénárt, 2012 a.)

Miskolc-Egyetemváros, Egyetemi-kút Vízszint-víz hőmérséklet (1999-2005)



2. diagram - Az 1. számú kút vízszint és víz hőmérséklet adatai 1999-2006-ig (Lénárt, 2012 b.)

2. melléklet



13. ábra - Az 1/a kút hozam, hőmérséklet és folyadék ellenállás görbéje (Forrás: Geo-Center Kft., 2012)

3. melléklet

6. táblázat - Makroszkópos leírás (saját, 2011)

Mélység [m]	Jellemzők
0-5	agyag, vas kiválásokkal (vasgolyók), tapintása agyagos, finomszemcsés, színe sötétszürke
5-10	szintén agyag, már nedvesebb, érezhetőek a finomszemcsék, kissé iszapos
10-15	agyag, szilárdabb az előzőnél, de még állaga gyúrható, zöld szín jelenik meg, amit feltehetően a klorit- vagy nitrát tartalom okoz, elvértve nagy kavicsokat is találunk, valamint kvarc- és kalciumszemcséket
15-20	kavicsos összlet, szemmel jól látható szögletes szemcséket találunk, homok, kvarc, vaskiválások
20-22	nagy szemcseméret jellemzi az mintát, kavicsok találhatók az agyagos tapintású anyagban, szintén zöldes szín jellemzi, és nagyobb szemcsék, mint az előzőnél
22-28	állagában szilárdabb, összeálltabb agyag, finom és durva szemcsék egyaránt megtalálhatók a mintában, széttörve zöld színű a törési felület (klorit)
28-39	iszapos, kavicsos összlet, legömbölyített, osztályozott finomszemcsés szemcsék, sötétszürke szín
39-45	iszapos kavics, különálló nagy alkotók jellemzik, osztályozatlan, némi kvarc
45-50	iszapos kavics, kavicsok között több finomszemcsét figyelhetünk meg az előző mintához képest, osztályozatlan, durvaszemcsés alkotók
50-55	nagyobb lekerekített és szögletes kavicsok iszappal, nincs nagy összetartás, osztályozatlan szemcsék
55-60	összeálltabb frakció az előzőnél, inhomogén, osztályozatlan szemcsék, fekete és zöld alkotók, valamint kvarc- és kalciumszemcsék
60-65	finomabb szemcsék az előzőnél, osztályozott frakció, vas, kalcit, kvarc (szintén zöld, fekete alkotók)
65-70	osztályozott, iszapos kavics, nagyméretű kavicsok kevés finomszemcsés alkotóval, a formák lekerekítettek
70-75	heterogén szerkezetű iszapos kavicsos összlet, összeálltabb, nagy és kis kavicsok együtt jellemzők, kerek és szögletes formák egyaránt megtalálhatóak
75-80	agyagos, kavicsos réteg (víz jelenléte), kevés nagy szemcséjű alkotó, alapvetően finomszemcsés, szürke szín, kvarc szemcsék
80-85	iszapos, agyagos kavics, szemmel látható kavicsokkal, durva szemcseösszetétel, szögletes szemcsék
85-90	agyag, fekete alkotók, barnás-szürkés szín, finomszemcsék (illit, montmorillonit, muszkovit), csillogó alkotó - kvarc
90-95	sötétszürke agyag, fekete alkotók, gyúrható (finomszemcsés alkotók megléte)
95-100	iszapos agyagos kavicsösszetétel, szögletes formájú kavicsok
100-105	agyagos tapintású finomszemcsés kavicsösszetétel, éles, szögletes formájú alkotók, kalciumszemcsék
105-110	előző mintával nagyjából megegyező, iszapos agyag, kavicsokkal, kalcit, osztályozatlan

110-115	éles szögletes alkotók, iszapos kavics, osztályozatlan szemcsék, több finomszemcse, kalcit
115-120	tisztán kavics frakció, nagyjából osztályozott, vas, finomszemcsék, szemcsék mérete néhány milliméterestől néhány cm-esig
120-125	iszapos összlet, néhány mm-es alkotók, klorit, kalcit, vas, szögletes formák,
125-130	kavics vaskiválásokkal, sokféle alkotó, éles, jól osztályozott szemcsékkal
130-135	agyagos iszapos finomszemcséjű kavicsfrakció, jól osztályozott szögletes szemcsék, sötétszürke szín, agyagos tapintás
135-140	iszapos összlet, szögletes, éles formákkal, szemmel látható kalcitszemcsék
140-145	összeállt agyagos kavicsréteg, vaskiválásokkal, megint megjelenik a zöldes szín, osztályozatlan, szögletes szemcsék jellemzik
145-150	iszapos összlet, vashumátok, zöld alkotók, szögletes szemcsék, szemcseméret 1 mm és 0,5 cm közötti, így jól osztályozottnak mondható
150-155	nagyobb frakciók, iszapos kavicsok, osztályozatlan, jól látható vaskiválások jellemzik, szögletes szemcsék – kalcit
155-160	agyagos kavicsréteg, vaskiválásokkal, nagyobb szemcseméret, szögletes éles alkotókkal, mm-estől 0,5 cm-es mérettartomány jellemzi, (szén?)
160-165	vaskiválásokkal teli osztályozatlan kavicsok, klorit, kvarc, és kalcit szemcsékkal
165-170	agyag, vaskiválásokkal, kloritosodott – sötétzöld színű, kvarcszemcsék (finomszemcséjű)
170-175	világoszöld agyag (klorittartalom), vaskiválások
175-180	agyag, zöldes-barna színű, klorit, vas, kvarcszemcsék, állaga gyúrható
180-185	meszes agyag – szilárd állag, mészkiválások valamint vasszemcsék jellemzik, sötétzöld a törési felülete
185-190	zöld színű agyag, széttörve egy erős zöld törési csík jelenik meg, amit a klorit okoz, elválasztásnál meszes
190-195	meszes agyag, vaskiválásokkal, zöld-fehér alkotók (klorit-mészkő), szilárd, kemény állagú
195-200	meszes agyag – kemény agyag, vaskiválások, nem formálható, zöld szín – klorit
200-205	agyag sok mésszel, csak törhető, kvarcszemcsék, kloritosodott
205-210	mészkő – agyag, vaskiválások, szintén csak törhető, kloritos
210-215	agyagos kavicsösszlet, osztályozatlan alkotókkal, erős vaskiválás figyelhető meg, klorittartalom magas, éles, szögletes szemcsék (kalcit)
215-220	finomszemcsés, jól osztályozott, iszapos kavicsösszlet, vas, klorit, kalcit, jelentős agyagtartalom, éles, szögletes szemcsék
220-225	kavicsos összlet, jól osztályozott, vas, kalcit, szemcseméret 0,5 mm és 1-2 mm közötti, klorit
225-230	jól osztályozott szemcseméret, kalcit, vaskiválások, kloritosodott, pár mm-es szemcseméret
230-235	salakos kavicsösszlet, klorit, vas, jól osztályozott éles szemcsék, szürke
235-240	kis szemcseméretű agyagos kavics, nem jól osztályozott, vas kiválások, szögletes éles szemcsék, kalcit
240-245	jól osztályozott szemcseméret, kalcit (aragonit), klorit, szögletes szemcsék
245-250	iszap megjelenése, durva homokszemcsék, jól osztályozott, klorit, vaskiválások
250-255	világossárga összlet, jól osztályozott, szemcsék mérete 1-2mm közötti,

	kvarc, kalcit, klorit, hófehér kőzetalkotó – mészkő
255-260	durvább szemcsék, inhomogén – nagyobb kavicsok a mintában, kalcit, mészkő, klorit, gyenge osztályozottság, szögletes szemcsék
260-265	kalcitos összlet, világos sárga szín, szögletes struktúra, vasgolyók, klorit
265-270	homokszínű barnás durva szemcséjű minta, vaskiválások, mészkő jelenléte, jól osztályozott pár mm-es szemcsék
270-275	meszes agyagos kavics, nedves, nagy mésztartalmú anyag, világos barna szín, szögletes alkotó
275-280	majdnem fehér mészkő összlet, kitűnően osztályozott, finomszemcsés, nagy mészkőtartalom
280-285	száraz, durva szemcsés meszes összlet, kalcit, vaskiválások, szögletes alkotók jól osztályozott,
285-290	nagy mészkőtartalom – víz jelenléte, jól osztályozott szemcsék, világosbarna szín, vaskiválások, szögletes szemcsék
290-295	sötétebb színű az előzőtől, de alkotókban ugyanaz jellemzi, mint az előző mintákat, víz jelenléte
295-300	finomszemcséjű alkotók, jól osztályozott nagy mésztartalmú, sok kalcit
300-305	durvább meszes homokos alkotók, kloritszemcsék, kvarc, kalcit, vaskiválások, finomszemcsés-szögletes alak, világosbarna
305-310	világosbarna szín, előzővel azonos, nagy mésztartalom, finomszemcsés alkotók.

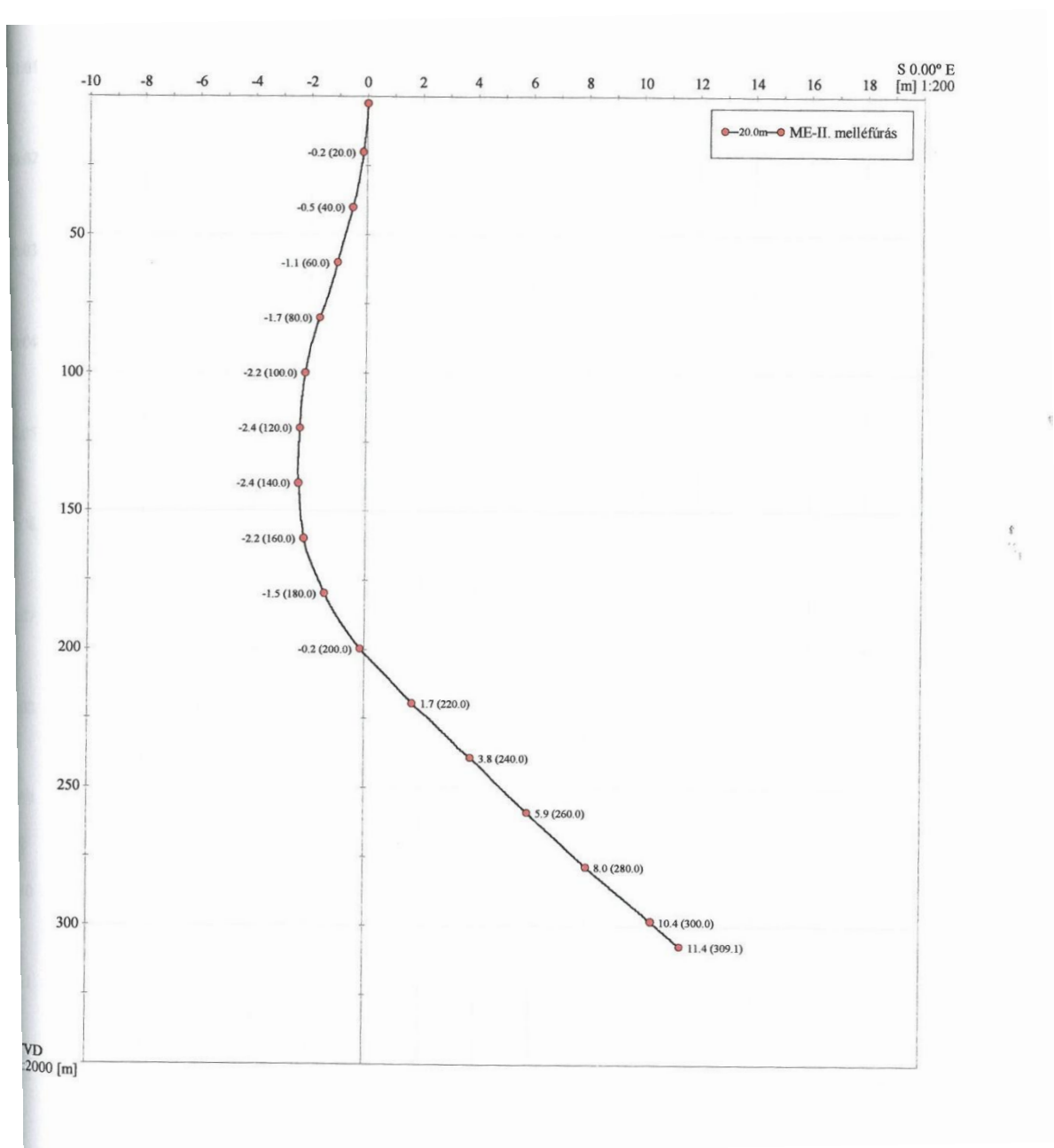
4. melléklet

7. táblázat - Fúrási rétegsor (Nauner, 2011)

Rétegmélység		Réteg részletes leírása
m-től	m-ig	
0,0	2,0	Agyag: barna, erősen kötött, közepesen meszes, recens növényi maradvány tartalmú.
2,0	14,0	Kavicsos homok: barnásszürke, szürke, laza, nem meszes összlet; a homok közepes- és durvaszemcsés ($\varnothing 0,2-2,0$ mm), kvarc és színes elegyrész tartalmú, csillámmentes, közepesen görgetett. A kavics vegyes színű, kvarc, kvarcit anyagú, mészkő, homokkő anyagú.
14,0	32,2	Agyag: karotázs szelvény szerint, a minta alapján szürke, közepesen kötött, közepesen meszes agyag, mely 15,0-20,0 mélységközben laza, közép szemcsés ($\varnothing 0,2-2,0$ mm), kevés durvaszemcsével kevert, közepesen görgetett homok, kvarc, kevés színes elegyrész tartalmú, finom csillámos anyagú, 22,0-28,0 m között finom- és durvakavicccsal kevert ($\varnothing 2,0-50,0$ mm), mely többnyire andezit és mészkő anyagú.
32,2	101,1	Agyagos tufa, tufás agyag váltakozása: szürke, zöldesszürke, közepesen kötött, közepesen meszes, szürkésfehér riolit törmelékkel. ($\varnothing 3,0 - 6,0$ mm)
101,1	104,7	Tufa: szürke, zöldesszürke, nem meszes, szemcsés, morzsalékos, sok kvarcanyagot tartalmaz, helyenként durvaszemcsés, agglomerát jellegű.
104,7	128,6	Agyagos tufa, tufás agyag váltakozása: szürke, zöldesszürke, nem meszes, 107,8-112,8 m között tufás jellegű, 115,0-120,0 m között homokosabb jellegű, alsó szakaszán agyagosabb, szemcsés, sok kvarcanyagot tartalmaz, többnyire szürkésfehér bomlott, riolit tufa törmelékkel, andezit kavicsokkal.
128,6	196,0	Agyag: karotázs szelvény szerint, a minta alapján, zöldesszürke, erősen kötött, mészs szemcsés agyag, andezit tufa törmelékkel, mely 130,0-165,0 m mélységközben homokosabb tartalmú, laza, közép- és durvaszemcsés ($\varnothing 0,2-2,0$ mm), közepesen görgetett, kvarc és színes elegyrész tartalmú, csillámmentes anyagú, 180,0-182,5 m között andezit tufa, homokkő törmelékkel.
196,0	208,6	Tufás agyag: zöldesszürke, erősen kötött, nem meszes, szürkésfehér tufa törmelékekkel, keményen összeálló, pirit és markazit szemcsékkel.
208,6	241,5	Agyagos aleurit, aleuritos agyag, homokos aleurit váltakozása: karotázs szelvény alapján, a minta szerint az agyag zöldesszürke, erősen kötött, nem meszes, tufaszemcsés, elszórtan vékonyhájú faunaváztörmelékes, gyéren szenesedett növényi maradványokkal, a homok zöldesszürke, laza, nem meszes, durvaszemcsés, túlnyomó részben kvarcanyagú, sok színes elegyrésszel, csillámmentes, rosszul görgetett.
241,5	247,5	Homok, agyagos homok: zöldesszürke, agyagos kötésű, gyengén meszes, durvaszemcsés, túlnyomó részben kvarc és színes elegyrész tartalmú, csillámmentes, rosszul görgetett, az összlet alsó

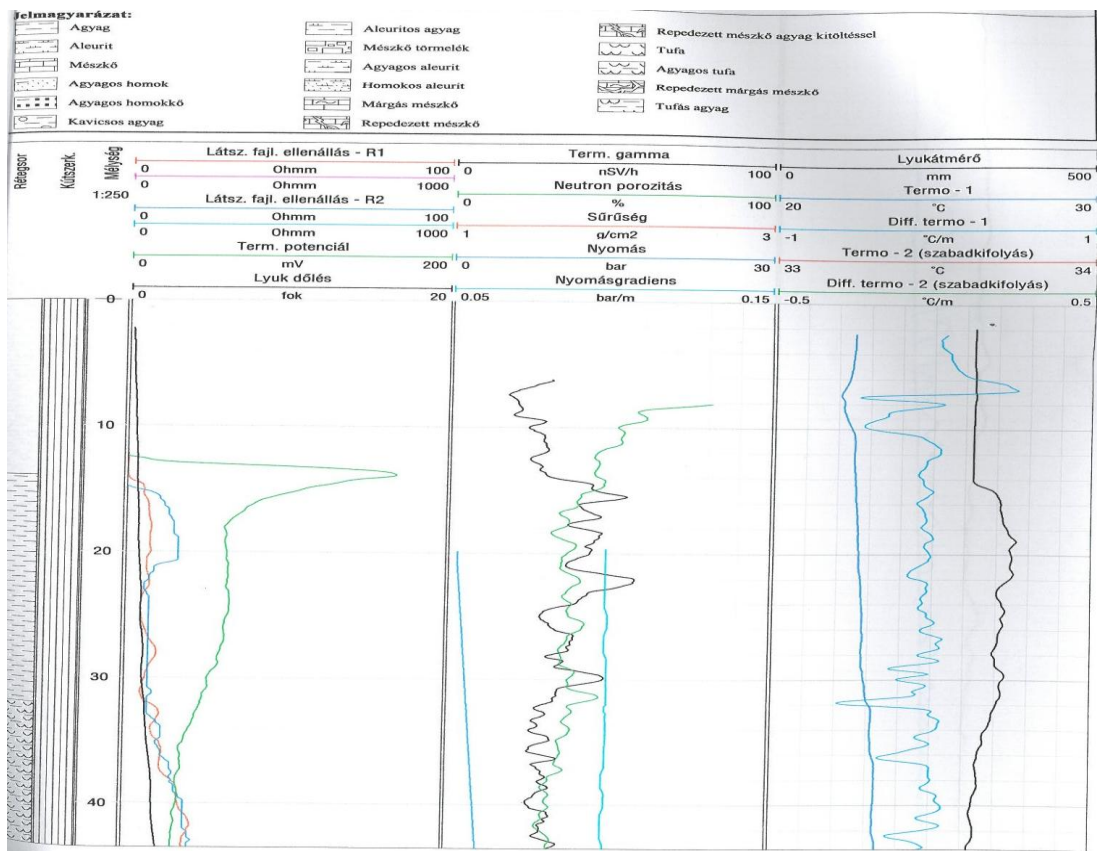
		szakaszán mészkő kavics található.
247,5	260,8	Aleuritos agyag: zöldesszürke, erősen kötött, nem meszes, tufaszemcsés, szenesedett növényi maradvány törmelékkal.
260,8	264,5	Agyagos homokkő: zöldesszürke, agyagos kötésű, gyengén meszes, durvaszemcsés, túlnyomó részben kvarc és színes elegyrész tartalmú, csillámmentes, rosszul görgetett, az összlet alsó szakaszán mészkő, kavics található.
264,5	266,8	Aleuritos agyag: zöldesszürke, erősen kötött, nem meszes, tufaszemcsével, szenesedett növényi maradvány törmelékekkel.
266,8	269,8	Agyagos homok: zöldesszürke, agyagos kötésű, gyengén meszes, durvaszemcsés, túlnyomó részben kvarc és színes elegyrész tartalmú, csillámmentes, rosszul görgetett, az összlet alsó szakaszán mészkő kavics található.
269,8	275,0	Mészkőtörmelék: sárgásszürke, szürkésfehér, mészkődarabokkal, pirithintéses, helyenként vöröses kiválással, limonitos kiválású, kemény törmelékes kőzet.
275,0	310,0	Mészkő: sárgásszürke, szürkésfehér, kemény, tömött kőzet, többnyire repedezett, a repedések mentén hidrotermális nyomok láthatók. Karotázs szelvény alapján repedezett mészkő található 275,0-284,5 m , 286,5-301,0 m és 303,0-307,2 m között, melyeken belül 278,8-280,0 m és 290,0-295,7 m között márgás, repedezett, márgás mészkő közbetelepülések találhatóak. A mészkő kalcitkristályos, elszórtan pirit és markazit kristályos. Karotázs szelvény szerint 308,0-309,0 m között mészkőtörmelék települt.

5. melléklet

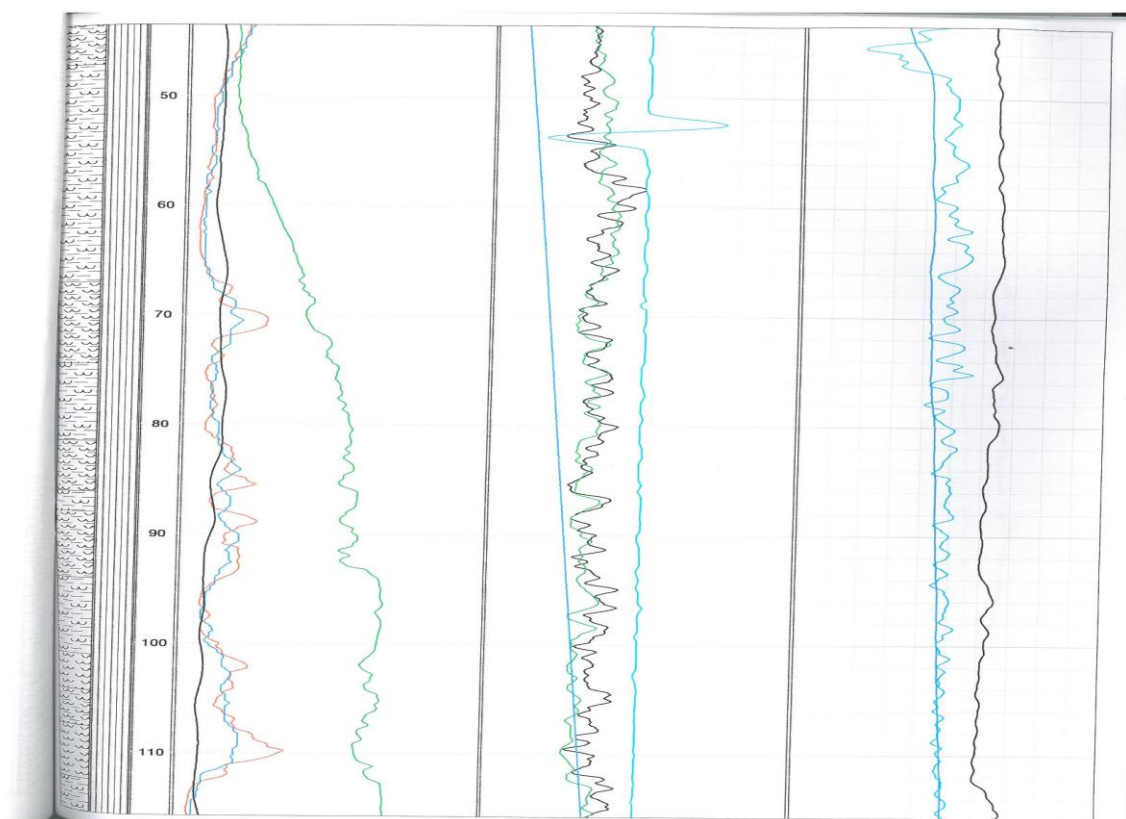


14. ábra - Fúrólyuk ferdeség diagram (Vízföldtani napló, 2012)

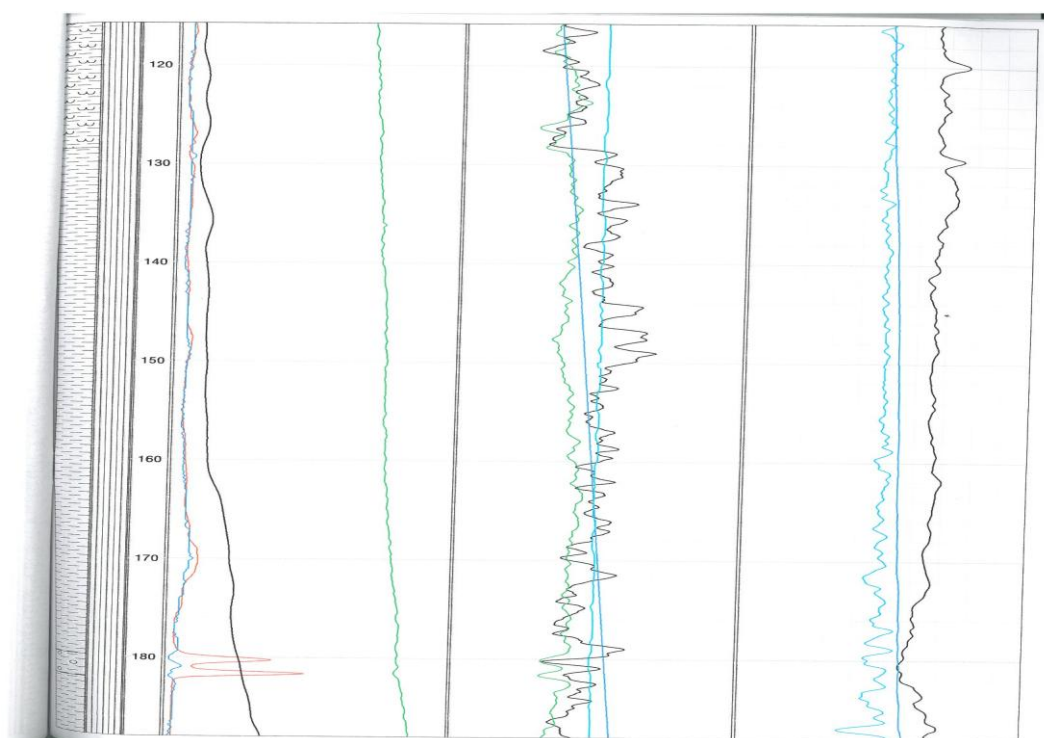
6. melléklet



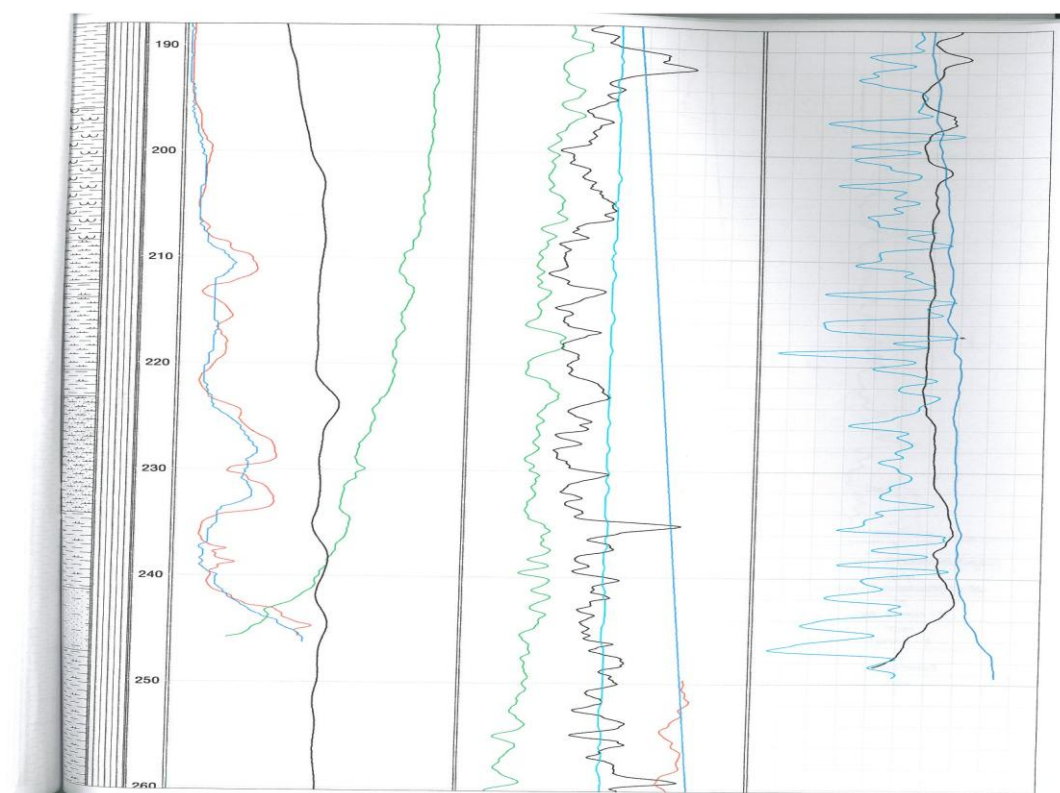
15. ábra - Karotázs szelvény I. 0 m – 45 m mélységig (forrás: Vízföldtani Napló, 2012)



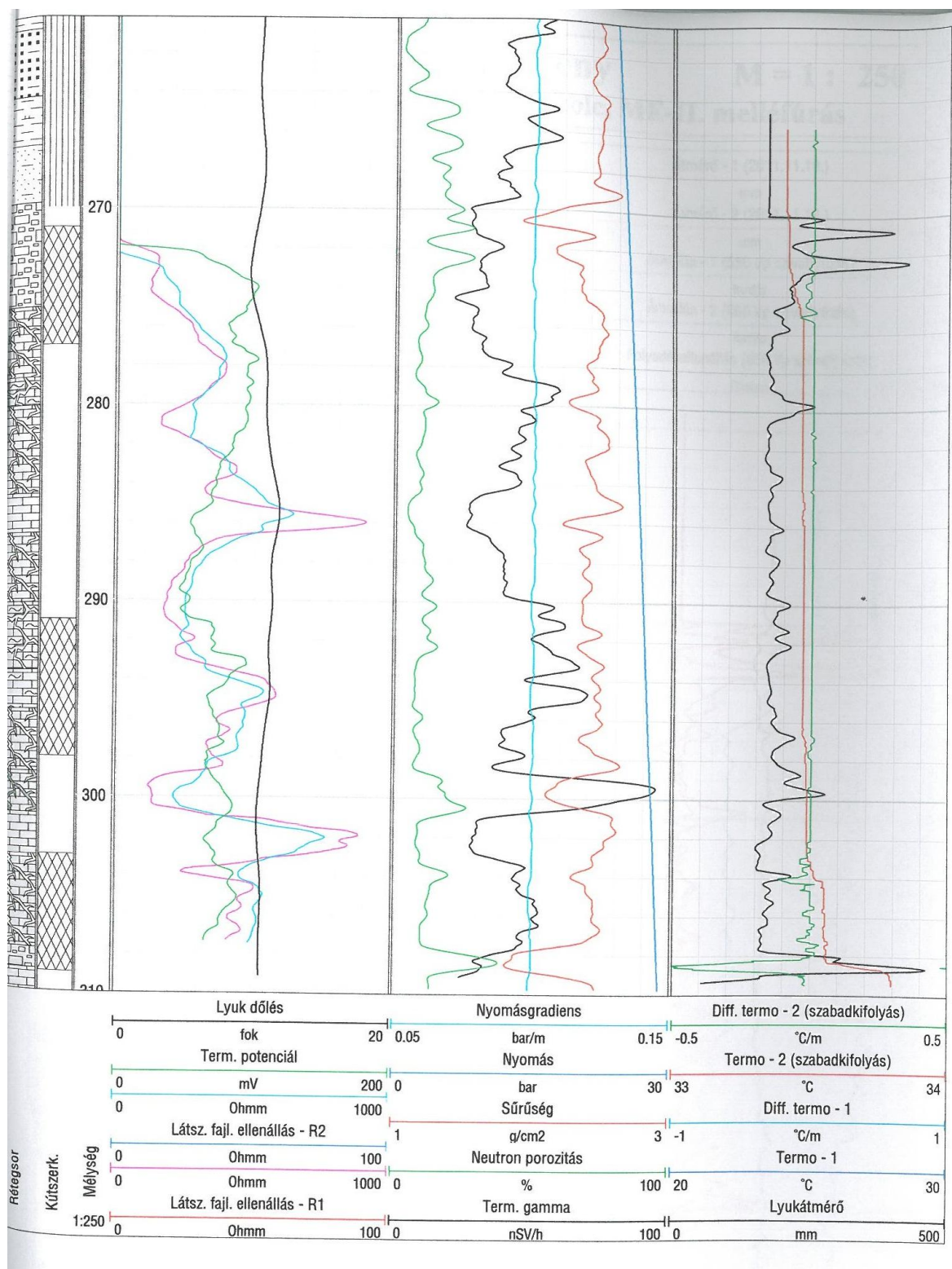
16. ábra - Karotázs szelvény I. 45 m - 115 m mélységig (Forrás: Vízföldtani napló, 2012)



17. ábra - Karotázs szelvény I. 115 m - 190 m mélységig (forrás: Vízföldtani Napló, 2012)

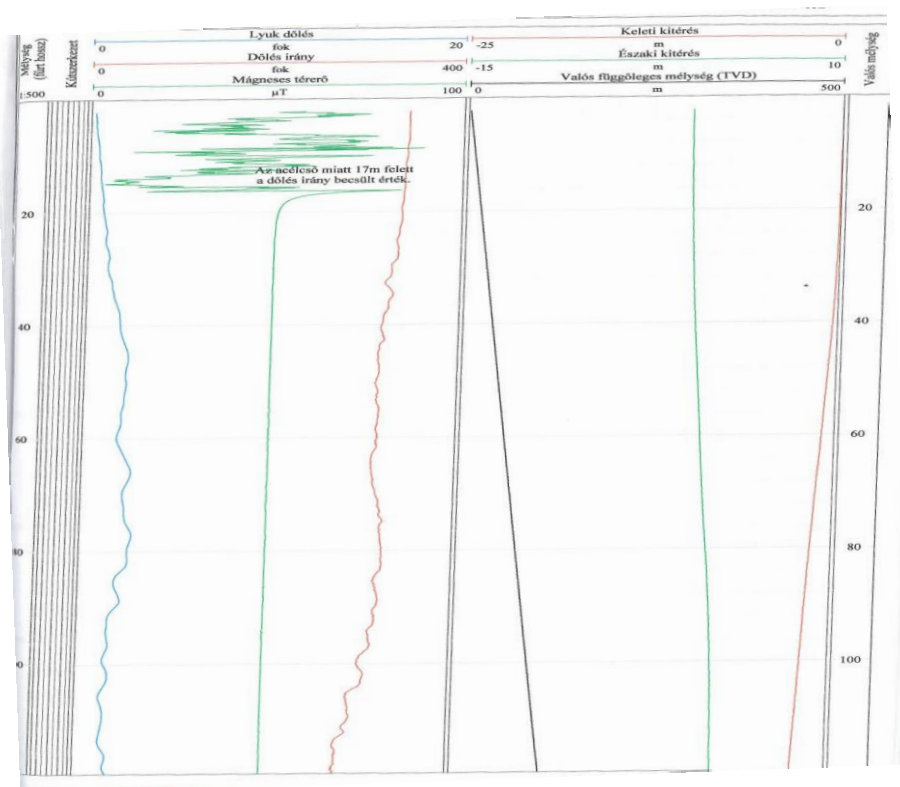


18. ábra - Karotázs szelvény I. 190 m - 260 m mélységig (forrás: Vízföldtani Napló, 2012)

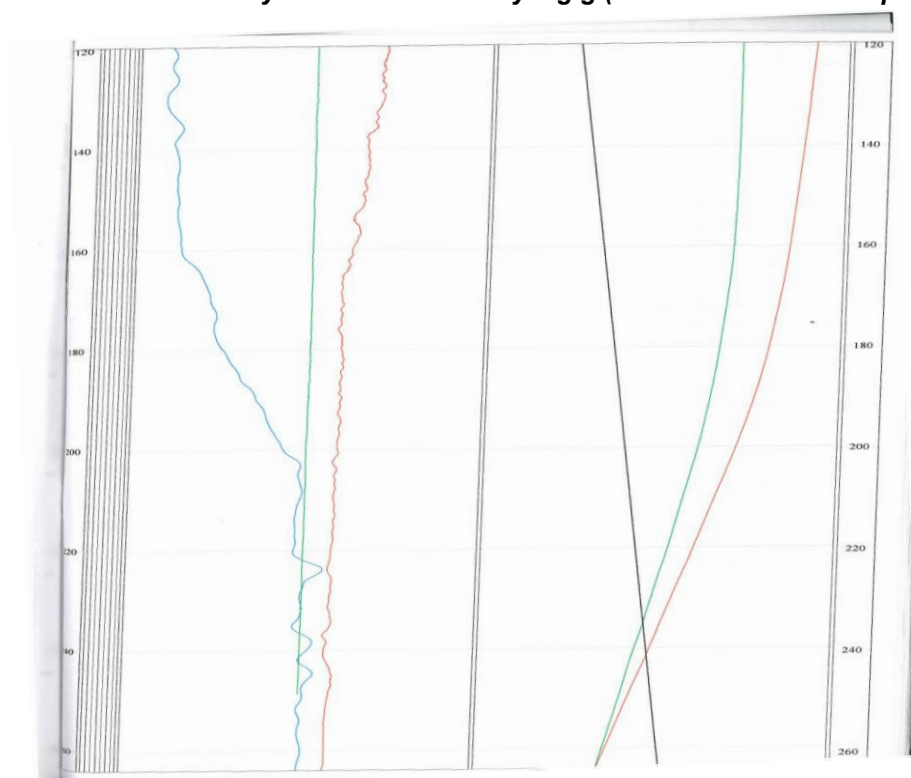


19. ábra - Karotázs szelvény I. 260 m - 310 m mélységig (forrás: Vízföldtani Napló, 2012)

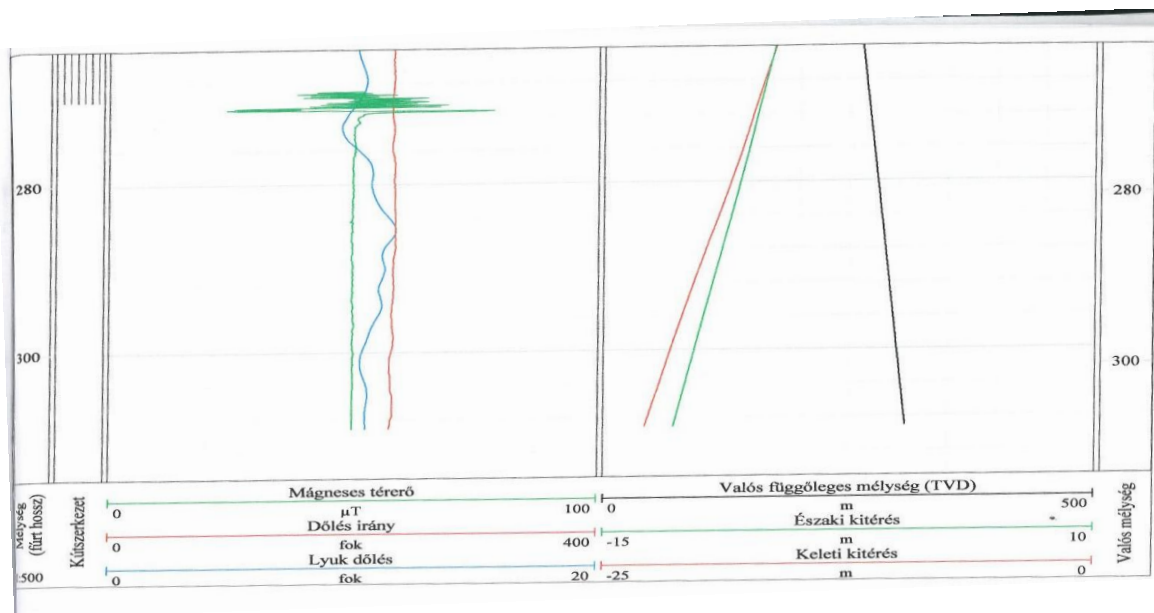
7. melléklet



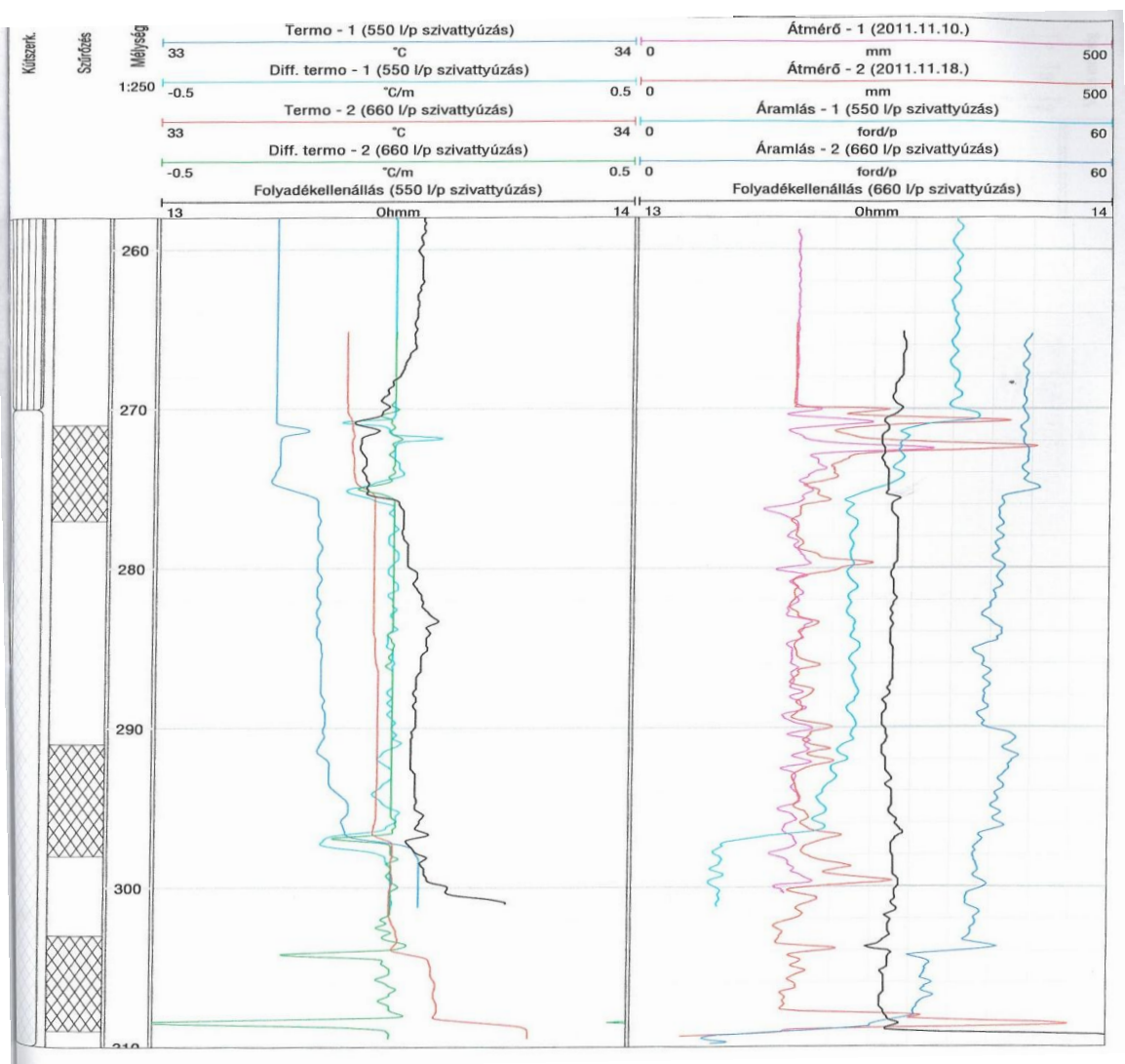
20. ábra - Karotázs szelvény II. 0 m - 120 m mélységig (forrás: Vízföldtani Napló, 2012)



21. ábra - Karotázs szelvény II. 120 m - 260 m mélységig (forrás: Vízföldtani Napló, 2012)



22. ábra - Karotázs szelvény II. 260 m - 310 m mélységig (forrás: Vízföldtani Napló, 2012)



23. ábra - Karotázs szelvény III. 260 m - 310 m mélységig (forrás: Vízföldtani Napló, 2012)