

**Ókeresztény temetőképolna kutatása
geofizikai módszerekkel**
(A „szűrőpróba” módszer első régészeti alkalmazása)

Készítették:

Szokoli Kitti III. éves környezettudományi szakos hallgató
Gombás Gábor IV. éves környezettudományi szakos hallgató

Témavezető:

Dr. Szalai Sándor tudományos főmunkatárs

Tanácsadók:

Vincze Péter geológus
Prof. Szarka László geofizikus, egyetemi tanár

Sopron, 2007

Tartalomjegyzék

Bevezetés	3
Felkészülés a mérésekre	4
Sárisáp és története	4
Régészeti információk	4
A terület kijelölése, a geofizikai kutatást segítő háttérinformációk	5
Az alkalmazott módszerek bemutatása	5
Légifotók	6
Szúrópróba módszer	6
A módszer elve	6
A mérés menete	7
Az adatok kiértékelése	8
Geoelektromos mérési módszerek	11
Egyenáramú technika alkalmazása	11
A geoelektromos profilmérések eredményei	13
Multielektródás térképezés	14
A terület vizsgálata földradar segítségével	15
Mágneses módszer	18
A remanens mágnesezettség	18
Kutatási eredmények a területen	20
Összefoglalás	22
Irodalomjegyzék	23
Köszönetnyilvánítás	24

Bevezetés

A környezettudomány három fő természettudományi területe közül az egyik a földtudományokkal kapcsolatos tárgyakat öleli fel. A geofizika ebbe a csoportba tartozik. Különböző módszereit a huszadik század elején a kőolajkutatás érdekében fejlesztették ki. Napjainkra kibővült az alkalmazási kör, többek közt régészeti-, hulladékkezelési-, felszín alatti vizekkel kapcsolatos, illetve kriminalisztikai problémák vizsgálatával.

Munkánk során régészeti szemszögből foglalkoztunk a geofizikai módszerekkel. Egy kijelölt területet négyféle vizsgálati technikával dolgoztunk fel. Tudomásunk szerint Magyarországon eddig nem folytattak ilyen sokrétű geofizikai vizsgálatot egy régészeti probléma földérítésére.

Kutatásunk tárgyát egy Esztergom közelében található ókeresztény temetőkápolna képezte. Sárísáp község polgármestere közvetett úton kereste meg az MTA GGKI-t, hogy egy területet, amelyen a kápolna föltehetőleg elhelyezkedik, geofizikai módszerekkel vizsgáljunk meg. Egy 1900-as évek elején született dokumentum alapján határozták meg a tágabb helyszínt.

Az első méréseket 2007 tavaszán (április 2-3.) végeztük. A hátráltató tényezők miatt nem tudtuk ezeket megfelelő alapossággal végrehajtani, ugyanis a sűrű növényzet akadályozta a multielektrodás terítéseket, a mágneses vizsgálatot, valamint a szúrópróba módszert sem tudtuk precízen kivitelezni.

2007 őszén (október 4-6.) végeztük a második mérésorozatot az MTA GGKI munkatársaival (Rokob Krisztina PhD hallgatóval, Dr. Szalai Sándor tudományos főmunkatárssal, Túri János technikussal) a már megtisztított területen. Három napot szántunk a teljes vizsgálatra.

Célunk a négy módszer alkalmazásával a kápolna alapjának föltérképezése volt. Dolgozatunkban ezen mérések eredményeit ismertetjük, elemezzük.

Felkészülés a mérésekre

Sárisáp és története

Sárisáp a Dunántúl északi részén Komárom-Esztergom megyében, a Gerecse nyúlványai között található. Északkeleten a Duna medencéhez tartozó nyitott medencéből indul ki, ahol a bejárati részen a Hegyeskő, délen a Mogyorósbánya területén lévő Vöröskő-hegy zárja le.

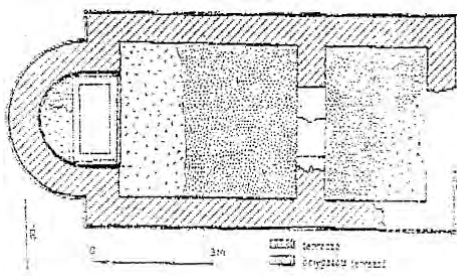
A falu területén már a kőkori ember is megtelepedett, erre utalnak az itt talált edénytöredékek. Rézkori leletek is előbukkantak, valamint bronzkorinak tekintenek egy csigákból álló nyakéket. Az ókori népek közül a kelták uralma tartott a legtovább. Itt jártukra számos bizonyíték utal. Római leletek is kerültek elő, bár eredetük még nem teljesen tisztázott. A Honfoglalást követő időkből kevés adat áll rendelkezésünkre. Sárisáp határában három település is húzódott az Árpád-korban. A falu 1389-ben szerepel először önálló néven.

A törökellenes harcokban a település teljesen elpusztult, lakatlanná vált. Később betelepítéssel tették lakottá az elnéptelenedett területeket, köztük ezt is. Nyitra és Trencsén vármegyéből tót zsellérek érkeztek, akik mentesültek a földesúri teher alól. A XVIII. század végén a Sándor család, amely a környék legnagyobb uradalmát tartotta fenn, a Quadriburg-dűlőben fürdőépületet építtetett. (Gurin, 1997)

Régészeti információk

Amint egy monográfiából tudni lehet (Magyarország régészeti topográfiája 5, 1979) a Quadriburg-dűlő déli kiszögellésében, mintegy 80-85 évvel ezelőtt Balogh Albin egy ókeresztény sírkápolna alapjait tárta fel. Az ásatás leletanyaga falfestménytöredékekből, barnáspiros festésű edénytöredékekből, egy üvegkarika töredékből, valamint két edényből és egy vaskésből állt. Az ásatások eredményét először 1927-ben említi egy szűkszavú beszámoló. Balogh Albin 1934-ben ugyan leírja az épületet és a freskókat, alaprajzot azonban nem közöl. A sírkápolna formája az ókeresztény templomok leggyakoribb típusai közé tartozik. Az épület a leírás

szerint 18 méter hosszú, (bár a közölt alaprajz ennek ellentmond) 5.15 méter széles, nyugati végén félkör alakú apszisban végződik. A hajót egy keresztirányú fal két



1. ábra. A kápolna alaprajza

részre osztja. Bejárati részét szétrombolt állapotban találták meg. Apszisában közepén - a padlóból alig kivehetően - sírhely helyezkedett el. A sír üres volt, egyetlenegy csontot sem találtak benne. A kápolna körül eddig nem kerültek elő római sírok, azonban az épület jellege és a magányosan álló sír feltétlenül

arra engednek következtetni, hogy keresztény, különleges tiszteletben álló személy temetkezési helye volt. Megerősítik ezt a kápolnában talált falfestmény töredékek is, melyek a IV. századra jellemzők. Balogh Albin finoman megmunkált márványdarabokról is tesz említést. A terepbejárás során a felszínen habarcsos kötörmelékek és apró freskótöredékek is előkerültek.

A területen mi magunk is megfigyeltünk habarcsos kötörmelék, tárolóedényből származó töredéket.

A terület kijelölése, a geofizikai kutatást segítő háttérinformációk

A templomról föllelhető információk alapján egy 25*25m-es négyzet alakú és egy hozzá kapcsolódó, 10*5 m-es téglalap alakú terület vizsgálatát határoztuk el. A falmaradványok várhatóan 0-1 méter mélységben vannak. Anyaguk édesvízi mészkő, amelyet agyagos-homokos talaj borít.

Az alkalmazott módszerek bemutatása

A területről készült légifelvétel elemzése mellett három klasszikus geofizikai módszert (geoelektromos, földradar és geomágneses) használtunk és kipróbáltunk egy kísérleti fázisban lévő eljárást, az ún. „szűrőpróba” módszert.

Légifotók

A légifelvétel elemzése önmagában is egy módszernek tekinthető. A régészeti kutatásban elsősorban a vegetációban fellépő változások szolgáltatnak információt. Rendelkezésünkre állt a területről egy színes és egy infravörös légifotó, de ezekről mi nem tudunk érdemleges információt leszűrni.

Király Géza egyetemi adjunktus, a Nyugat-Magyarországi Egyetem Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet munkatársának segítségét kértük a kép feldolgozásához. Digiterra Map program segítségével analizálta a fotót, de nem jutott értékelhető eredményre.

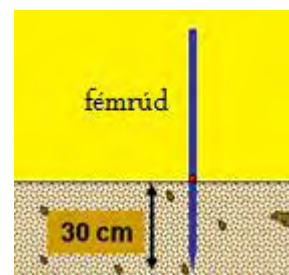
Szűrőpróba módszer

Az alkalmazott módszerek egyike még fejlesztési szakaszban van. Ez a mérési technika a szűrőpróba módszer („pricking probe”) elnevezést kapta. A módszert a Bakonyban mészkőfekü mélységének föltérképezésére, valamint a Sopron környéki Szárhalmi erdőben karsztos képződmények felszínének vizsgálatára alkalmazták (Szalai, Veress, Novák, Szarka,2007)

A módszer a felszín közeli kőtörmelék-eloszlást vizsgálja, és ez – az eddigi tapasztalatok szerint – összefüggésben van a kissé nagyobb mélységben elhelyezkedő kőzetek topográfiájával.

A módszer elve

A szűrőpróba módszer minimális roncsolással jár, és rossz terepi és időjárási körülmények között is elvégezhető. A mérés elvégzéséhez egy közönséges fémrúd szükséges, amelyet a kiválasztott profil mentén előre meghatározott távolságokban szúrunk le. A fémrúd beszúrásának mélységét a vizsgálandó területnek megfelelően határozzuk meg. Az eddigi tapasztalatok szerint célszerű ezt 30 cm-nek venni, mert ebbe a mélységbe még általában könnyen benyomható a fémrúd, és még elegendő eséllyel



2. ábra. Szűrőpróba

kőbe ütközhet. A leszúrás mélységét láthatóan jelöljük. Leszúrás után a kapott eredményt - mely három különböző érték lehet – feljegyezzük: 0 értéket jegyzünk olyan esetben, ha ellenállás nélkül le tudjuk szúrni a megadott mélységbe. 0,5-öt, ha az elektróda némi – kőtörmelék által okozott – ellenállásba ütközik („roszog”), de lehet a 30 cm-es jelölésig. Ha a leszúrás során a fémrúd egyértelműen kőbe ütközik, akkor 1-est kell beírni.

Milliméterpapíron dolgozva és megfelelő jelölésrendszert alkalmazva már a helyszínen információt kaphatunk a vizsgált területről.

A szúrópróba módszer olcsóbb a többi geofizikai módszernél, mivel sem a mérés, sem az adatfeldolgozás nem igényel beruházást. A legtöbb geofizikai módszernél gyorsabb, kivéve az elektromágneses módszerek egy részét és a georadart. Szélsőséges terepi és időjárási viszonyok között is alkalmazható (esőben, hóban, erősen fölszabdalt topográfiájú területeken). A mérés és az adatfeldolgozás rendkívül egyszerű, bárki elvégezheti.

A mérés menete

A módszert régészeti célokra eddig még nem alkalmazták. A területet a XX. század elején föltárták, ebből valószínűsítettük, hogy a kápolnarem a felszín közelében helyezkedik el. Ha a romok a 30 cm-es mélységen belül találhatóak, illetve, ha valamilyen mechanizmus felfelé mozgatja a köveket, esélyünk van annak kimutatására.

A vizsgált területen első lépésben egy véletlenszerűen választott profil mentén tesztmérést végeztünk, hogy el tudjuk dönteni, milyen részletességgel és behatolási mélységgel végezzük a mérést.

A próbavizsgálatot 50 cm-enként hajtottuk végre 30 cm-es behatolási mélységgel. Az utóbbin a továbbiakban nem változtattunk, a részletességet azonban csökkentettük: 1 méteres profil- és leszúrási távolságot határoztunk meg. Elvégeztük a teljes terület vizsgálatát, a regisztrációt milliméterpapíron vezettük. Jelölésrendszerünknek köszönhetően kirajzolódott az a terület, ahol részletesebb mérésre volt szükség.

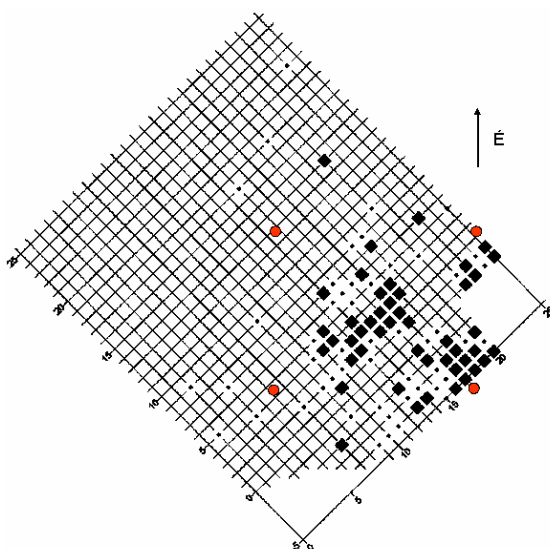
Ezen a területen belül már kisebb, 25 cm-es profiltávot, és leszúrási távolságot választottunk. Az előzőekhez képest annyit változtattunk, hogy egy hosszabb elektródát alkalmaztunk, amelyen szigetelő szalaggal 30 és 60 cm-es behatolási mélységet is megjelöltünk. Kíváncsiak voltunk arra, hogy ha a kisebb mélységben nem találkozunk kővel az jelentheti-e azt, hogy mélyebben sincs. Valószínűleg eredményre jutottunk. Négy profil mentén, bizonyos szakaszon belül végig 1-es értéket kaptunk, többnyire 30, de ha nem, akkor 60 cm-es mélységben biztosan. Először a hosszabbik falra gyanakodtunk, de rövid vizsgálódás után rájöttünk az igazi okra. Átlagosan 40 cm-es mélységben a talaj annyira tömörödött volt, hogy az elektródánk, amelynek vége tompa volt, nem volt képes áthatolni rajta. A mérést megszakítottuk, mert meghamisította volna az eredményt. További kísérletezésre már sajnos nem jutott időnk.

Mindezek ellenére a fölöslegesnek tűnő munka nem keltett kudarcélményt, hiszen a módszer fejlődött. Rájöttünk, hogy nem mindegy az elektróda kialakítása, hiszen csak a hegyes végű alkalmas a feladatra. Másik lényeges megállapítás, hogy a behatolási mélységet a vizsgálandó terepnek, és kutatási feladatnak megfelelően kell megválasztani.

Új méréssort kezdtünk, de ezt sajnos nem állt módunkban hasonló részletességgel végezni. Ezúttal a profilok távolsága és a lépésköz is 50 cm, a behatolási mélység 30 cm volt. Ilyen paraméterekkel a teljes terület vizsgálatát - ahol részletesebb vizsgálatokra volt szükség - elvégezhettük a rendelkezésre álló idő alatt.

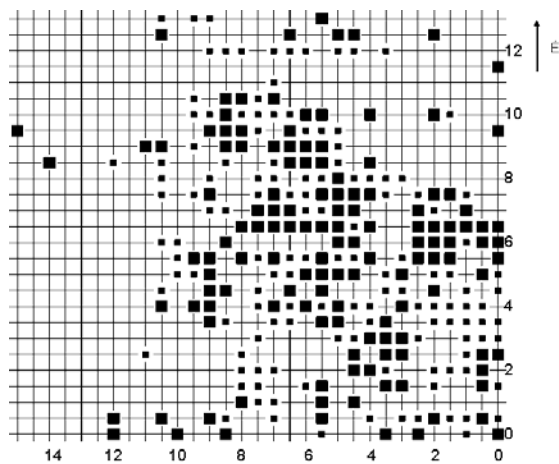
Az adatok kiértékelése

Az első méréssorozatnál a terület szűkítése volt a célunk. Az ■-tel jelölt

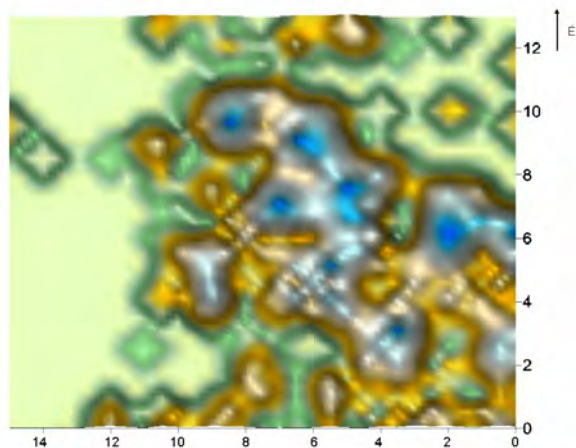


pontok, ahogy a 3. ábrán is látható, vízszintes irányban 5 és 18, hosszanti irányban -5 és 8 méter között sűrűsödtek. Ez alapján döntöttük el, hogy a részletes vizsgálatot ezen a területen végezzük. Kapott eredményeink a 4., 5., és 6. ábrán láthatók különböző ábrázolásmódokban.

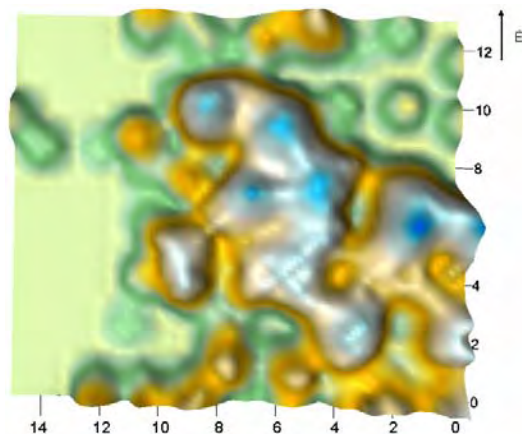
3. ábra. A teljes terület vizsgálata



4. ábra. A szűkített terület vizsgálata



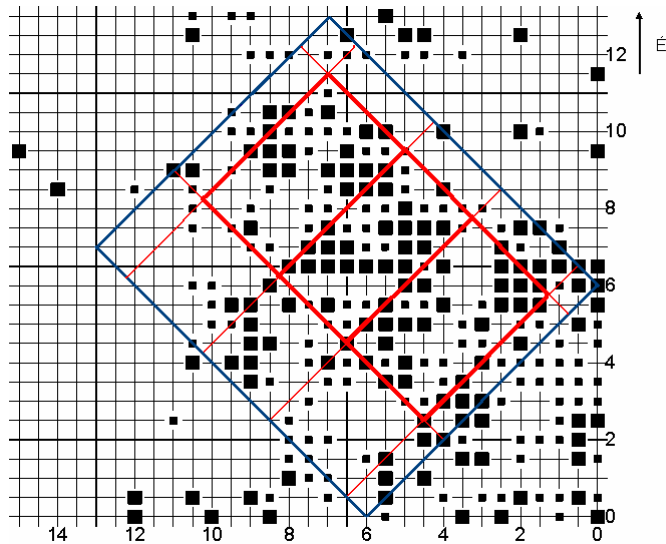
5. ábra. Az öt pontból számított átlag



6. ábra. A kilenc pontból számított átlag

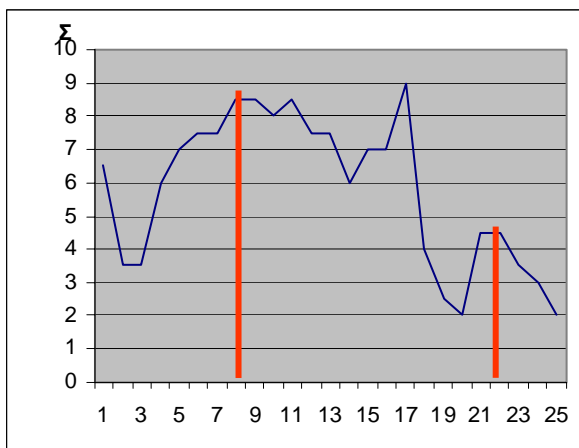
Az adatokat elsőként fölvittük egy négyzetrács hálóra (4. ábra). A ■ az 1-es, a ■ a 0,5-ös értéket jelöli. Az 5. ábrán a fél méteres sugárba eső adatok (5 pont) átlagát vettük minden pont körül, míg a 6. ábrán a 0,7 méteres sugárba eső 9 adatból számoltunk súlyozott átlagot. A közvetlen szomszédok értékét nem változtattuk, míg a távolabb elhelyezkedők 0,5-szörös súlyszorzót kaptak.

A három ábra között folytonosságot lehet fölfedezni. Az első kép a nyers adatokat tartalmazza, határozottabb forma inkább csak távolabbról vehető ki. A kápolna falai a legélesebben az 5. ábrán különülnek el, tehát az 5 pontból képzett átlag tűnik jelen esetben a legjobb megoldásnak (a kékesfehér zóna mutatja a falakat). A szűrőpróba módszer e térkép alapján nemcsak a kápolna helyének kijelölésére alkalmas, hanem még annak alapjairól is nagyon jó képet ad: látszanak a falmaradványok, és talán az apszis egy íve is jól kivehető.

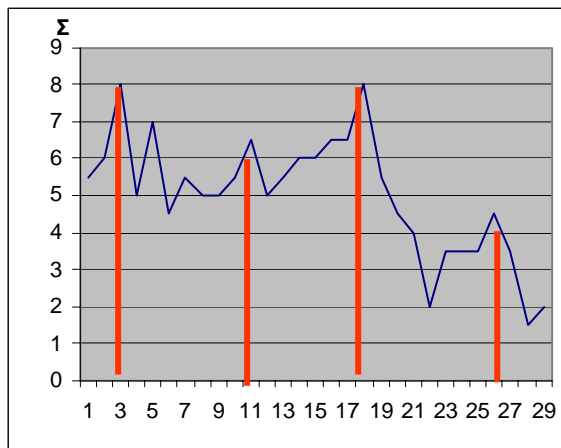


7. ábra. A szummázással meghatározott falak (vastag piros vonalak)

A 7. ábrán ÉNY-DK-i és ÉK-DNY-i irányú vonalak mentén összegezve a szűrőpróba módszerrel kapott értékeket, kaptuk a 8. és 9. ábrákat, amelyeknél a vízszintes tengelyen az egyes vonalak száma látható. A 7. ábra vékony piros vonalai mentén kaptuk a legnagyobb összegzett értékeket. Ezek metszéspontjain belüli szakaszok jelölik ki a falakat. Az értékek szummázását a kékkel kijelölt területen belül végeztük. A 8. és 9. ábrákon többé-kevésbé jól kivehető, hol húzódnak falak, ugyanis ott kaptuk a legnagyobb szummázott értékeket.



8. ábra. ÉNY-DK irányú szummázott értékek



9. ábra. ÉK-DNY irányú szummázott értékek

Geoelektromos mérési módszerek

Egyenáramú technika alkalmazása

A talaj és a kőzetek is vezetnek az elektromos áramot. A gyakorlatban a fajlagos vezetőképesség reciprokát, a fajlagos ellenállást mérjük, mely elsősorban a következő tényezőktől függ: a kőzet porozitása, a pórusok nedvességtartalma, és a vízben oldott sók mennyisége.

A méréshez általában négy elektróda szükséges, melyeket különféle elrendezésekben lehet alkalmazni. Az A-val és B-vel jelölt elektródák között áramot bocsátunk a földbe, amely a földben általában féltérnek feltételezett tartományon halad keresztül. Az A áramelektroda M pontban mért elektromos potenciálja: $U_{AM} = \rho I / 2\pi r_{AM}$. Az M és N elektróda között fellépő potenciálkülönbséget mérjük, ami:

$$V_{MN} = (U_{AM} + U_{BM}) - (U_{AN} + U_{BN}) = \rho I / 2\pi (1/r_{AM} - 1/r_{BM} - 1/r_{AN} + 1/r_{BN}).$$

Egy felszíni négyelektrodás (A, B, M, N) elrendezéssel a felszín alatti térség látszólagos fajlagos ellenállását az alábbiak szerint lehet megadni:

$$\rho_a = \{2\pi / (1/r_{AM} - 1/r_{BM} - 1/r_{AN} + 1/r_{BN})\} * \Delta V_{MN} / I$$

A ρ_a fajlagos ellenállás azért látszólagos, mert a valóságban a közeg sohasem homogén, továbbá a felszín sohasem sík. A geoelektromos ρ_a egy végtelen kiterjedésű, fiktív homogén féltér helyettesítő fajlagos ellenállásának felel meg. (Szarka, 1997)

Számos elektróda elrendezés ismert. Mi kétfélet alkalmaztunk, a Schlumberger és MAN konfigurációkat.

A Schlumberger elrendezés esetében A-M-N-B az elektródák sorrendje. A MAN konfiguráció alkalmazásánál, a B áramelektrodát az elméleti végtelenbe vittük (a gyakorlatban az elrendezés hossz hozzávetőleg 10-szeresének megfelelő távolságba), a másik hármat egymástól egyenlő távolságra helyeztük el M-A-N sorrendben. A mért értékek grafikonjából leolvasható pozitív anomáliák (Schlumberger elrendezés), illetve pozitív-negatív/negatív-pozitív anomáliák közötti inflexiós pontok (MAN

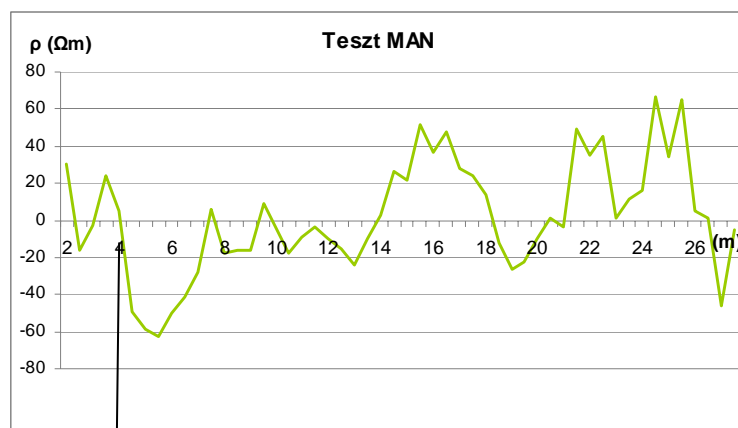


10. ábra. A Diapir-18 geoelektromos műszer

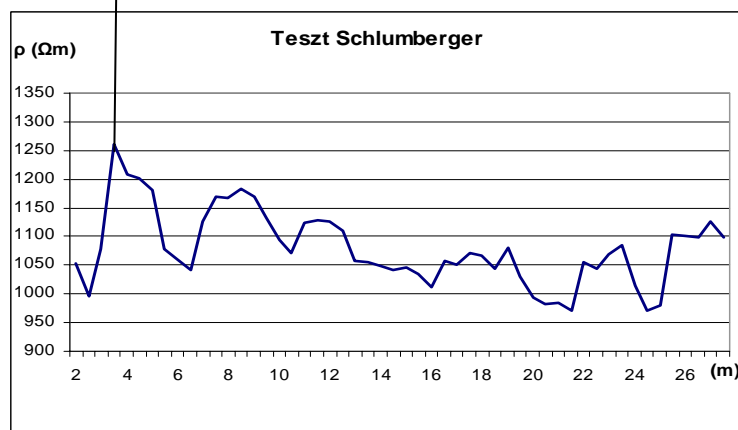
elrendezés) hordoznak információt a falak helyéről. Ez az elektróda elrendezés még nem elterjedt, kevés tapasztalattal rendelkezünk az alkalmazásával kapcsolatban.

Általában alacsonyabb potenciál-különbség értékeket kapunk, mint a Schlumberger elrendezésnél, az anomália értéke azonban jelentős. A méréseket egy Diapir-18-as készülékkel végeztük (10. ábra).

A területre vonatkozó paraméterek kiválasztása érdekében tesztmérést végeztünk egy véletlenszerűen kiválasztott profil mentén. Az áramelektrodák távolsága (d_{AB}) 6 méter, a potenciálelektrodáké (d_{MN}) 2 méter volt.



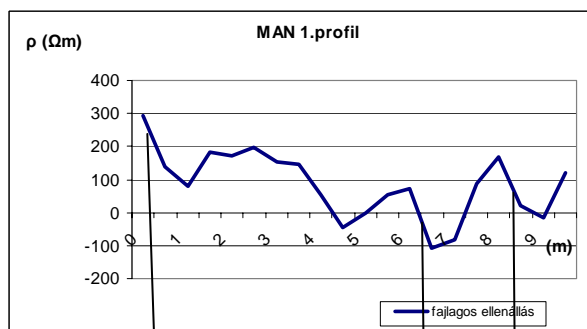
11. ábra. A MAN-nal végzett tesztmérés eredménye



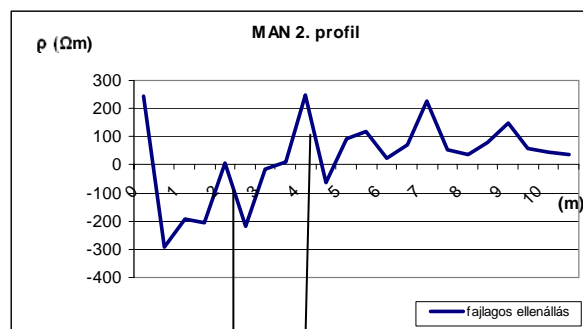
12. ábra. A Schlumbergerrel végzett tesztmérés eredménye

A próbamérés első része, 2-10 méter a szűkített területre esett. A 11. és 12. ábra között összefüggés figyelhető meg. 4 méternél például a Schlumbergernél fajlagos ellenállás csúcs, míg a MAN-nál inflexióspont, azaz pozitív-negatív anomália váltás látható. Ez utalhat kőfalra. Még három helyen – 18, 23 és 26 méternél – határozott párhuzamot tudunk vonni a két grafikon között, de ezen anomáliák pontos okát nem tudjuk, valószínűleg geológiai eredetűek.

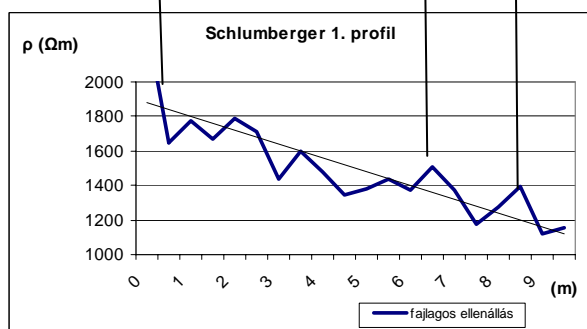
A részletes mérés során az elrendezés hossz 3m volt, amivel várhatóan mintegy 1 méteres mélységbe látunk le. A szúrópróba módszerrel meghatározott szűkített területen a szelvények 4 méter távolságra helyezkedtek egymástól.



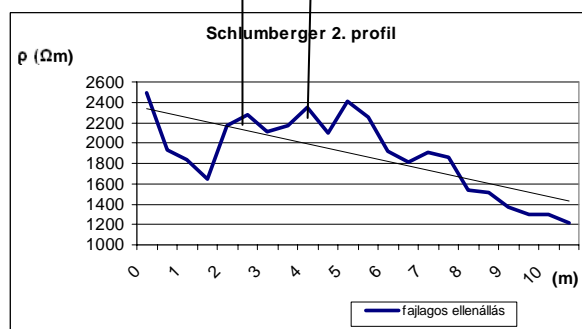
13. ábra. MAN mérés eredménye az 1. profilon



14. ábra. MAN mérés eredménye az 2. profilon



15. ábra Schlumberger mérés a 1. profilon



16. ábra. Schlumberger mérés a 2. profilon

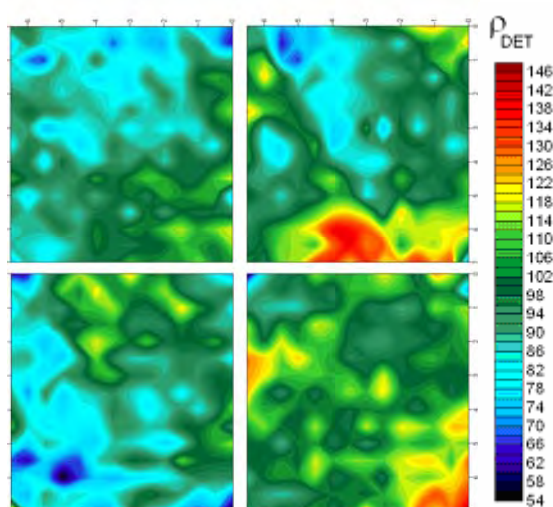
A geoelektromos profilmérések eredményei

A profilmérések eredményei közül kettőt mutatunk be. Az 1. és 2. profil a szűkített terület alsó szélén, illetve attól É-ra 4m-re található. Az 1. profilon 3 jelentősebb anomália található, amelyek akár falak is lehetnek. A többi eredmény alapján az első mutathat ténylegesen falat. A 2. profilon több azonos nagyságrendű anomáliai látható. Ezek értelmezését a későbbiekben ejtjük meg. A következőkben a multielektrodás mérésekre koncentrálnak.

Multielektródás térképezés

Szintén egy régészeti probléma megoldásakor alkalmazták első ízben a háromdimenziós tenzoriális geoelektromos térképezési módszert (Varga, Novák, Szarka, 2005). A jól ismert Ohm törvény tenzoriális formáját használták, ahol egy 2×2 -es fajlagos ellenállás tenzor kapcsolja össze a horizontális áramsűrűség vektort az elektromos tér vektorral. Egyenáramú esetben a látszólagos fajlagos ellenállás tenzor három egymástól független invariánst tartalmaz, ezért két különböző, egymásra merőleges áramiránnyal mértek és a kialakuló potenciáltér két, egymásra szintén merőleges komponensét mérték. A terepi mérés során az áramelektrodák egymástól 15 méterre helyezkednek el. A potenciálelektrodákat ($16 \times 15 = 240$ db) egymástól egyenlő lépésközre ($\Delta x = \Delta y = 50$ cm), az áramelektrodák közti területre kell leszűrni. A potenciálelektrodák közel négyzet alakú területet fednek le (7,5m x 7m). A négycsatornás mérési rendszernek köszönhetően ugyanabban az időben lehetséges meghatározni a horizontális elektromos vektor mindkét komponensét. A mérés elvégzéséhez körülbelül negyven percre van szükség, mialatt a műszer megméri a potenciálkülönbséget a szomszédos potenciálelektrodák között.

A szűkített területünkön négy terítést alkalmaztunk, annak érdekében, hogy teljesen lefedjük azt.



17. ábra. A multielektródás mérés eredményei

A multielektrodás mérés eredményeként kapott 17. ábrán (amely a fajlagos ellenállástenzorok determinánsainak területi eloszlását mutatja) bizonytalanul látszik a kb. ÉNY-DK irányban fekvő, nagy fajlagos ellenállású ható. (A jobb alsó ábrarész legnagyobb fajlagos ellenállású helyei a keresett hatón kívüli inhomogenitásoktól származnak.) Önmagában – egyéb információ, pl. a szűrőpróba mérés eredményeinek ismerete nélkül – meglehetősen nehéz lenne értelmezni ezt az eredményt. Az áram zöme az AB=15m-es áramelektroda-távolság által meghatározott (kb. 3-5 méter) mélységig járta át a talajt. Nem csoda tehát, hogy a 17. ábrán a 0-3m mélységtartományban többé-kevésbé minden inhomogenitás látszik. Ez lehet az ellentmondások oka. (Megjegyzendő, hogy a felszínközeli hatásokat a nagyobb térhullámhosszú anomáliák leválasztásával némileg ki lehetne emelni.)

A terület vizsgálata földradar segítségével

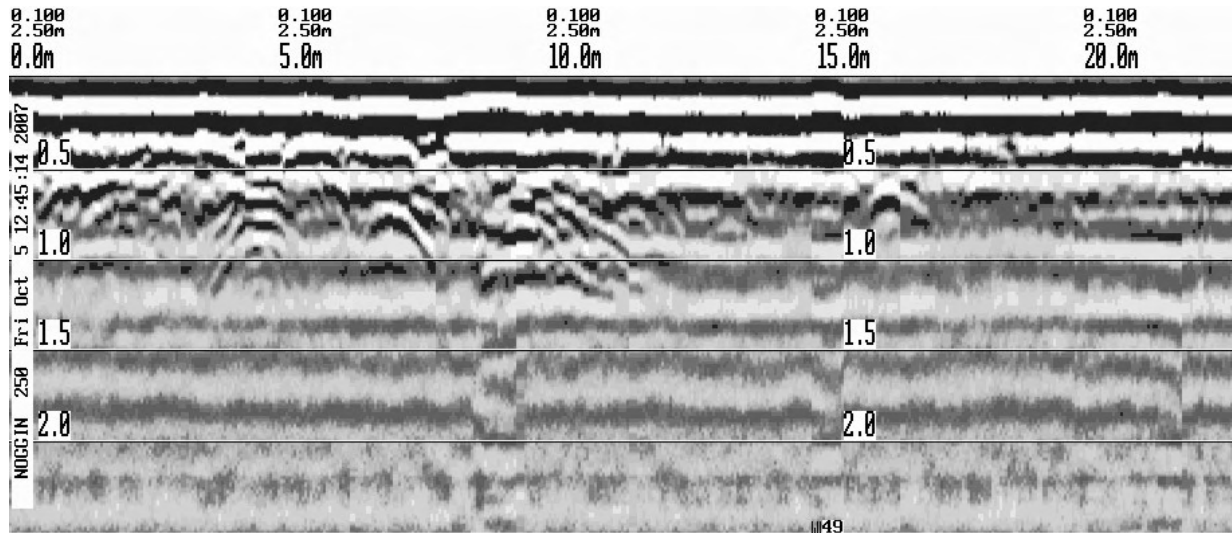
A radar antenna nagyfrekvenciás elektromágneses jeleket bocsát a földbe. Amikor az impulzus a réteghatárra ér az energia egy része visszaverődik, másik része pedig tovább halad. A mérőműszer a jel kibocsátása és a visszaverődése között eltelt időt méri. Az eszköz segítségével a közeg fizikai határfelületeit tudjuk meghatározni.

A hullámterjedési paraméter sebességét az elektromágneses közegjellemzők határozzák meg. A fajlagos elektromos vezetőképesség (σ , a fajlagos ellenállás reciproka) mellett elsősorban az elektromos permittivitás játszik szerepet.

A közeg dielektromos állandója (ϵ), a dielektrikumokra jellemző anyagi állandó, amely megadja, hogy adott töltéselrendeződés keltette elektromos mező elektromos térerőssége hányad részére csökken a vákuumbeli térerősségnek (ha a teljes mezőt homogén szigetelő tölti ki). A mágneses permeabilitás (μ): anyagi állandó, amely a közegek mágneses tulajdonságát jellemzi.

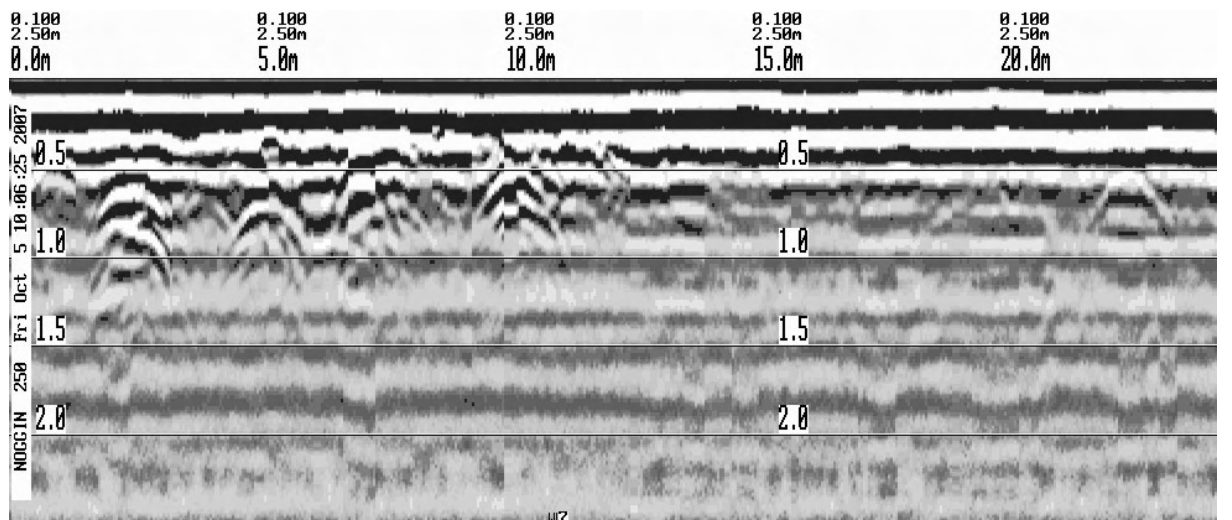
A közeg fajlagos ellenállása a hullámcsillapításban és bizonyos mértékben a hullám visszaverődésében játszik szerepet (Szarka, 1997).

Mivel az MTA GGKI nem rendelkezik földradarral, ezért kérésünkre Pattantyús-Á. Miklós, az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet munkatársa végezte el a mérést, amelynél mi is jelen voltunk. A területen mindkét irányban (x, y) hajtott végre méréseket. A 18. és 19. ábra egy Noggin típusú földradar berendezéssel 250 MHz-en készült, keresztmetszeti mélységsvélvényeket mutat.



18. ábra. Földradar felvétel x tengely mentén

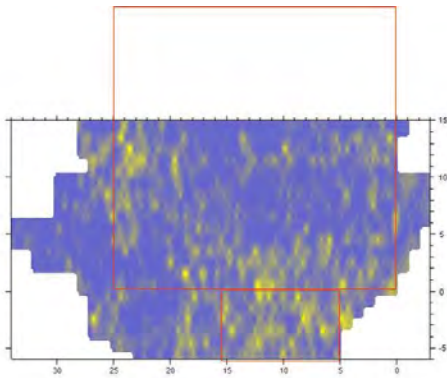
Az első bemutatott szelvény (18. ábra) első 10 méterén diffrakciós parabolák formájában jól látszanak a falmaradványok, és az omladék. Ezt tíz méteres szakaszon egy törmelékes zóna követi, mely fokozatosan csökken, majd eltűnik.



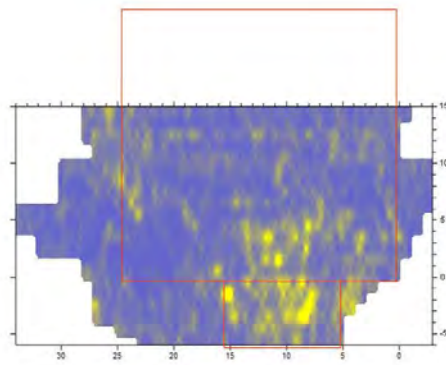
19. ábra. Földradar felvétel az y tengely mentén

Ez a fölvétel (19. ábra) a 18-as ábra irányára merőlegesen készült. Itt is a szelvény első szakaszán figyelhetőek meg a kápolnára utaló jelek. A jobb szélen (~ 22 méternél) megfigyelhetjük egy magányosan álló fal maradványait, amely akár körítő fal is lehet, azonban nincs tudomásunk arról, hogy a templomot fal vette volna körül. Így az anomália valószínűleg egy nagyobb kődarab indikációja.

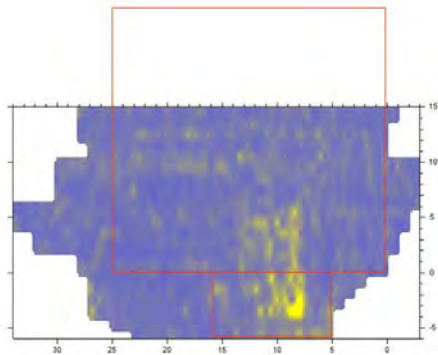
A következő képek (immár területi ábrázolások) pulseEKKO-1000 típusú földradar berendezéssel, 450 MHz-es antennával készültek. A nagyobb frekvencia segítségével nagyobb fölbontású képet kaptunk a területről.



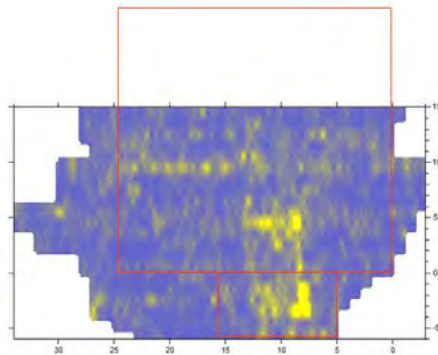
20. ábra. Behatolási mélység: 30 cm
(a piros téglalap a teljes kutatási területet jelöli)



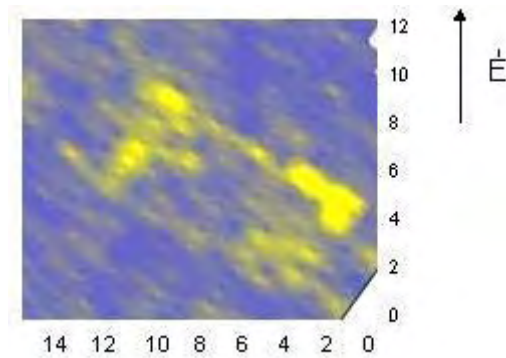
21. ábra. Behatolási mélység: 40 cm



22. ábra. Behatolási mélység: 50 cm



23. ábra. Behatolási mélység: 60 cm



24.ábra A részletesen megvizsgált terület

A 20-23. ábrákon egyértelműen megfigyelhető (sárga foltok), hogy a behatolási mélység növekedésével a vízszintes tengelyen 7 és 13 méter között kirajzolódik a kápolna alakja.

Mágneses módszer

A geomágneses kutató módszer az anyagok mágneses térben beálló viselkedésének különbözőségén alapszik. A legtöbb anyag olyan elemekből épül föl, melyek jó közelítéssel semlegesek a mágneses térrel szemben, azaz a háttér mágneses tér erejétől függetlenül semmilyen irányú saját mágneses teret nem hoznak létre. Léteznek ellenben olyan elemek, melyek külső mágneses térre nagyon érzékenyen reagálnak, és annak megfelelő irányú saját mágneses teret hoznak létre, ezek az ún. ferromágneses anyagok. Több közülük saját mágnesezettségét hosszabb időn át, a külső tér megszűnése után is képes fenntartani (permanens mágnesezettség). Az anyagok mágneses térrel szembeni viselkedését a relatív mágneses permeabilitás fizikai mennyiséggel fejezzük ki.

A remanens mágnesezettség

Termoremanens mágnesezettség. A ferromágneses anyagot hevítve, mágnességét az anyagtól függő hőmérsékletet, a Curie pontot túllépve elveszti. A Curie hőmérséklet alá hűlve újra mágneseződik, az aktuális tér irányának és intenzitásának megfelelően.

Ülepedési remanens mágnesezettség: álló-, ill. folyóvizekbe behordott anyagok tartalmazhatnak mágneses ásvány szemcséket. Ezek a vizes közegben lebegve, mint parányi iránytűk, az aktuális mágneses erővonalak irányába beállva, rendezetten ülepednek.

Viszkózus remanens mágnesezettség: ha az egyébként nem mágnesezett ferromágneses anyagot mágneses térbe helyezzük, akkor mágnesezettsége, bár egyre lassuló ütemben, növekszik.

Kémiai remanens mágnesezettség: ha a kőzetekben előforduló, egyébként ferromágneses anyag szemcséinek mérete túl kicsi (pl: <300Å Fe_2O_3 esetén), az anyag paramágnesként viselkedik. Ha a szemcseméret kémiai folyamatok eredményeként növekszik, a kritikus méretet túllépve az aktuális külső térnek megfelelő mágnesezettségre tehet szert. (Szarka, 1997)

Az archeomágneses kutatás számára lényeges remanens mágnesezettség a Föld mágneses terében jön létre. A Föld mágneses terének több összetevője van, melynek túlnyomó hányada belső eredetű. Értéke Magyarországon, kerekítve 47000 nanotesla. Jellemzői időben lassan, évszázadok alatt változnak. A külső eredetű mágneses teret a magnetoszférából, ionoszférából származó hatások eredményezik és gyors időbeli változások jellemzik. A Földkéreg felszínéhez közeli anyagelrendeződések okozzák a mágneses tér gyors térbeli változását. A geológiai szerkezetek számottevően módosíthatják a mágneses teret (pl: vulkanitok, vasérctelepek). Emellett a mágneses térben az ember természetátalakító ténykedése is nyomot hagy. Régészeti előkutatás során minket ez utóbbi érdekel. A beavatkozások által okozott mágneses anomália értéke a totális mágneses tér értékéhez képest kicsi, hiszen általában csekély permeabilitás-kontrasztot eredményeznek a nem-ferromágneses anyagok halmozása, új közegbe helyezése. Hasonlóan pl. a homokos közegben eltemetett kőfalak nem okoznak szembeszökő mágneses anomáliát, így kimutatásukra nagy érzékenységű protonprecessziós magnetométerek (25. ábra) alkalmazása elengedhetetlen.

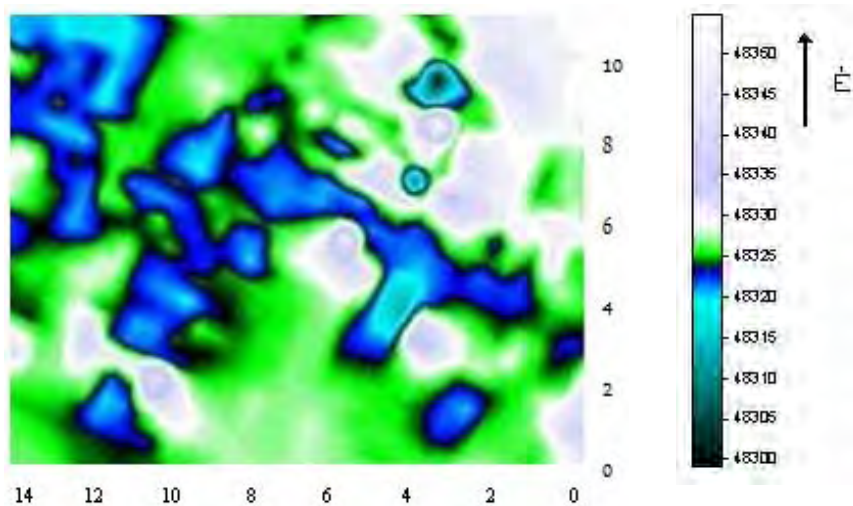
A terület felmérését alapvetően végezhetjük fix rácspontokban, ahogyan ez a sárisápi munka során történt. Ez esetben a későbbi feldolgozáshoz szükséges koordinátákat beépített GPS vevővel másodpercenként frissítettük, majd tárolták el digitálisan minden egyes mágneses mérés értékeivel együtt. A mért adatok több különböző forrásból eredő zajjal terheltek, melyeket a későbbi feldolgozás során digitális szűrési eljárásokkal kell eltávolítani.



25. ábra. Protonprecessziós magnetométer

Kutatási eredmények a területen

A mérést az MTA GGKI munkatársai, Lemperger István és Dr. Kis Árpád végezték a mi jelenlétünkben, ők szolgáltatták a nyers, korrigálatlan adatokat. A helyben telepített bázis - melyhez a mérési eredményeket viszonyítjuk – meghibásodott, ezért a későbbiekben az MTA nagycenki Széchenyi István Geofizikai Observatórium adatait fogjuk fölhasználni a korrekcióhoz.



26. ábra. A mágneses mérés eredménye (nT-ban mérve)

A 26. ábra az ún. totális mágneses tér eloszlását ábrázolja a mérési területen. A rácsháló egyes pontjain megmérték a mágneses teret, a rácspontok közötti értékeket interpolációval kaptuk. A képen észlelhető a kápolna jobb oldali fala, valamint a két hajót elválasztó keresztirányú fal. Az ábra felső részén látható, a kápolnáéhoz hasonlóan nagy mágneses térerősségű anomáliát valószínűleg geológiai hatókkal lehetne magyarázni. Ugyanarra az eredményre jutottunk tehát, mint a földradar és a szűrőpróba módszer segítségével.

Összefoglalás

Összefoglalva az elmúlt 2 hónap eseményeit elmondhatjuk, hogy a kutatás sikeres volt, a kápolna alapját ki tudjuk jelölni az elkövetkezendő föltárás érdekében. Elsajátítottuk különböző geofizikai módszerek elvét, és terepi alkalmazásukat. Emellett megtanultuk egyes adatfeldolgozó programok – Grapher, Surfer - használatát.

Édesvízi mészkőből készült temetőkápolna maradványait kutattuk.

A föllelhető irodalommal ellentétben a temetőkápolna tájolása nem kelet-nyugat irányú, hanem attól mintegy 45°-kal eltér, valamint a méretei sem egyeznek a Magyarország Régészeti Topográfiája 5 (szerk: Torma István, 1979) című könyvben leírtakkal. Itt meg kell említenünk, hogy ez és az ugyanott leközölt alaprajz nincsenek összhangban. Az 1. ábra szerint a templom méretei 11 és 5 méter, a mérési eredményeink ehhez közelítenek.

A geofizikai módszerek alkalmazása a régészetben a terület fölmérése és föltárása között nyújt segítséget. A felszín alatti féltérről roncsolásmentesen, kutatóárok ásása nélkül, a hagyományos régészeti technikáknál gyorsabban kapunk információt segítségével.

A kutatási területet négyféle geofizikai módszerrel vizsgáltuk át. A multielektrodás egyenáramú méréseknél az adatfeldolgozásban még meglévő problémák ellenére a falak egy részét sikerült kimutatnunk. A mágneses mérések még ebben a korrigálatlan formájukban is jó képet adnak a falak elhelyezkedéséről. A radarmérés jól leírja a külső falakat, de a belső falakról és az apszisról nem ad információt. A szúrópróba módszer várakozáson felül szerepelve a kápolna falainak minden jellegzetességét jól leírja, azaz a külső-, és belső falakat és az apszist egyaránt. Helyenként hiányoznak ugyan a falból részletek, de lehetséges, hogy a hiányokat helyenkénti beomlás okozta. Ezt csak a jövőbeni ásatások erősíthetik meg, vagy cáfolhatják. A módszer ráadásul még további lehetőségeket is rejt magában. Tervezzük, hogy ezekben a kutatásokban is részt fogunk venni.

A sárisápi mérés során bebizonyosodott, hogy ez az igen egyszerű eljárás egyes esetekben a legjobb klasszikus geofizikai módszerekkel egyenértékű, sőt esetenként jobb eredményt ad.

Irodalomjegyzék

Dr. Bonifert D.né, Dr. Holics L., Dr. Halász T., Dr. Rozlosnik N. (1993): Fizikai Fogalomgyűjtemény Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest

Gerevich L. (főszerk.) (1979): Magyarország régészeti topográfiája 5., Akadémiai Kiadó, Budapest

Gurin J. (főszerk.) (1997): Sárísáp múltja és néprajza, Books in Print Bt.

Szarka L.(1997): Környezet-geofizika, Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar

Varga M., Novák A., Szarka L. (2005): Application of tensorial electrical resistivity mapping to archaeological prospection

Szalai S., Veress M., Novák A., Szarka L. (2007): Geofizikai vizsgálatok fedett karszton (Homódárok, Bakony) Karszfejlődés

Köszönetnyilvánítás

A terepi méréseket az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet 61013 számú „Goelektromosság és a változó Föld” című OKTA-projektje tette lehetővé és a K049604 számú OTKA projekt is támogatta.

Köszönjük mindenkinek, aki segítette munkánkat, elsősorban az MTA GGKI munkatársainak: Dr. Szalai Sándor, Prof. Szarka László, Novák Attila, Lemperger István, Dr. Nagy Árpád, Rokob Krisztina, Túri János.

Pattantyús-Á. Miklósnak, az ELGI, és Varga Mihálynak, a KBFI Triász Kft. munkatársának. Segítségük nélkül kevésbé lenne részletes a dolgozat. Segítőkézségéről és vendégszeretetéről tett tanúbizonyságot Sárisáp néhány polgára: Csicsmann János, Vincze Péter, Kollár Károly.