

VIZES ÉLŐHELYEK ÉS A FELSZÍN ALATTI VÍZ KAPCSOLATA A DUNA VÖLGYÉBEN

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT



Készítette: BALOGH VIKTOR DÁNIEL

Geológus MSc, Hidrogeológia-Szénhidrogénföldtan-Környezetföldtan Szakirány,
Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar

Témavezető: DR. SIMON SZILVIA

Egyetemi tanársegéd, Eötvös Loránd Tudományegyetem,
Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék

Konzulens: DR. BIRÓ MARIANNA

Tudományos munkatárs, MTA Ökológiai Kutatóközpont
Ökológiai és Botanikai Intézet

Budapest, 2014

Tartalomjegyzék

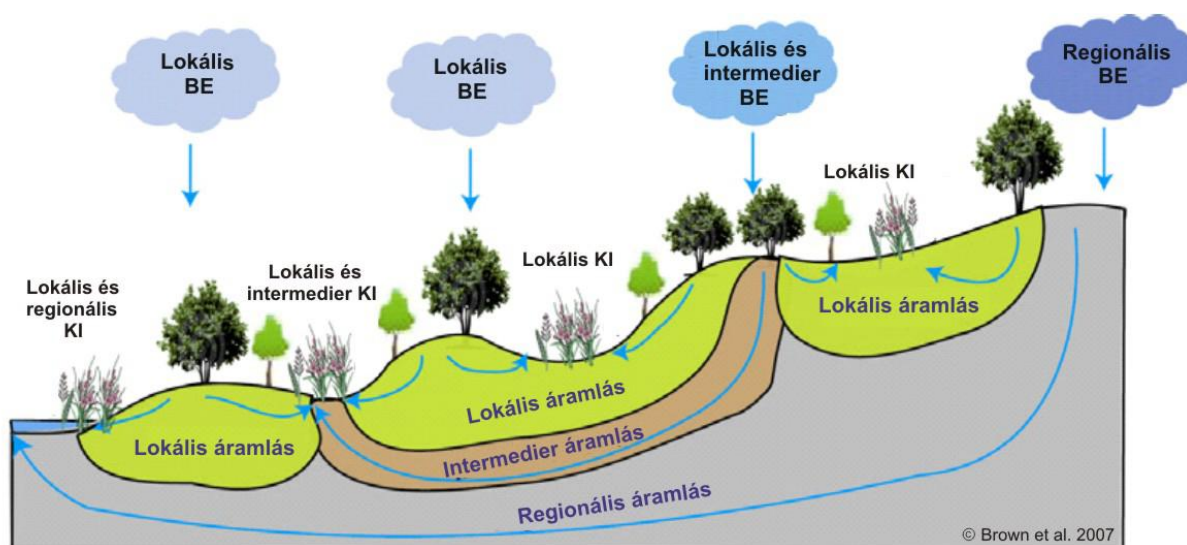
Tartalomjegyzék.....	2
1. Bevezetés, célkitűzés.....	4
2. Előzmények.....	5
3. Problémafelvetés	11
4. A vizsgálati terület bemutatása	12
4.1 Fekvés.....	12
4.2 Klíma	13
4.3 Vízrajz	13
4.4 Sekélyföldtani felépítés	14
4.5 Lokális hidrogeológiai viszonyok	16
4.6 Vegetáció	19
5. Alkalmazott módszerek.....	22
5.1 Rádió-magnetotellurikus módszer.....	22
5.2 Terepi geofizikai mérések	27
5.3 Terepi mérések kutakban.....	27
6. Felső-szűnyogpusztai mérések kiértékelése.....	29
6.1 Geofizikai mérések.....	29
6.2 Vízkémiai mérések	31
7. Értelmezés	34
7.1 Geofizikai szelvények értelmezése.....	34
7.2 Vízkémiai adatok értelmezése	35
7.3 Következtetések.....	36
8. Összefoglalás.....	38
9. Köszönetnyilvánítás	40
Ábrajegyzék	41

Táblázatjegyzék.....	42
Irodalomjegyzék.....	43
Mellékletek.....	46
1. melléklet	46
2. melléklet	54

1. Bevezetés, célkitűzés

A vizes élőhelyek kutatása az utóbbi időkben létfontosságúvá vált. Megőrzésük és védelmük ma már világszerte kiemelkedően fontos feladat, az EU Vízkereitirányelvének is egyik legfontosabb célkitűzése. Emiatt egyre intenzívebben foglalkoznak a felszín alatti vízhez kötődő élőhelyek hidrogeológiai szempontú megismerésével (BERTRAND ET AL. 2012, BROWN ET AL. 2007, GOSSELIN ÉS KHISTY 2001, WINTER 1999)

A vizes élőhelyek megjelenését meghatározza az áramlási rendszerben elfoglalt helyzetük (1. ábra) (BROWN ET AL. 2007). Hazánk területén, a Duna-Tisza közén ez az összefüggés a vizes élőhelyek egyedi eloszlása és a felszín alatti áramlások alapján kiválóan tanulmányozható.



1. ábra. Vizes élőhelyek és a különböző rendű áramlási rendszerek kapcsolata (BROWN ET AL. 2007 nyomán).

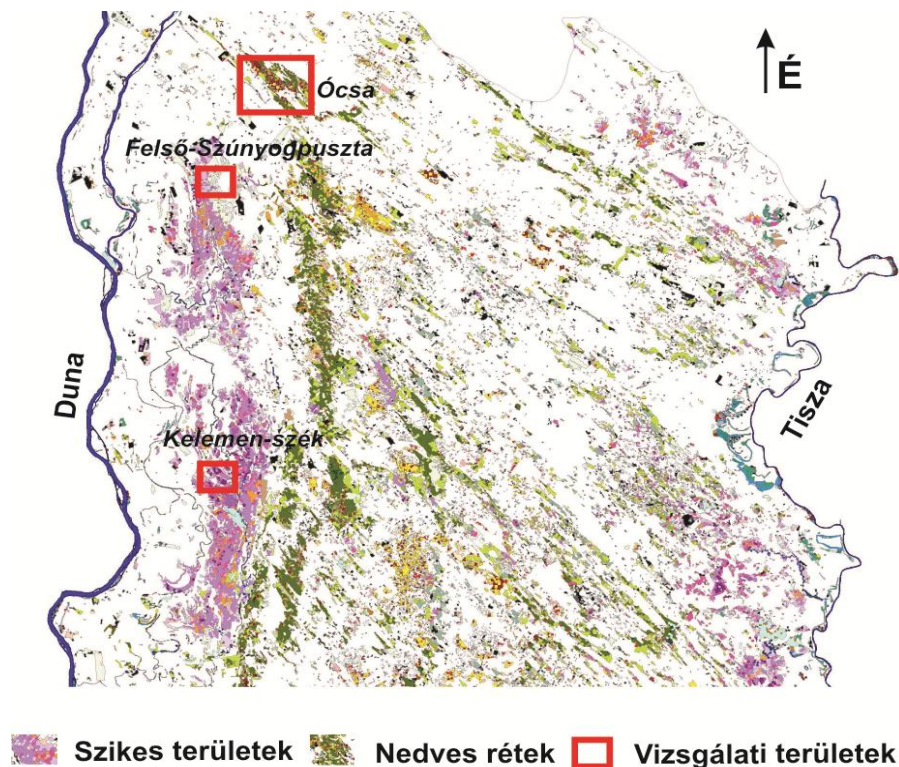
A Duna-Tisza közén két, egymástól gyökeresen eltérő vízkedvelő növényzettípus jelenik meg, a szikes és a lápi növényzet (TÓTH 1979, BIRÓ ET AL. 2003). A területen végzett regionális kutatások alapján (MÁDLNÉ SZÖNYI ÉS TÓTH 2009) feltételezhető, hogy ezeket a növényzettípusokat a felszín alatti áramlási rendszerek kontrollálják. A Duna és a Tisza völgyében egy közel észak-déli irányú szikes zóna jelenik meg, ahol a regionális léptékű áramlási rendszereknek kiáramlási területe van, míg a hátság felé haladva a lápi növényzet válik uralkodóvá az alacsonyabb rendű áramlási rendszerek megcsapolódási területein (MÁDLNÉ SZÖNYI ÉS TÓTH 2005, MÁDLNÉ SZÖNYI ÉS TÓTH 2009, BIRÓ ET AL. 2007). A pontos kapcsolat azonban még nem ismert. Kelemen-szék tó szikes környezetében végzett vizsgálatok elsőként bizonyították, hogy a szikes környezetek a nagy mélységből érkező áramlás megcsapolódási területén helyezkednek el (SIMON ET AL. 2011). A lápi környezetek és az áramlások

kapcsolatáról viszont még részletes vizsgálatok nem készültek. Jelen munkámban egy olyan Duna-völgyi mintaterületen, Felső-Szűnyogpusztán szeretném megvizsgálni a felszín alatti víz és az élőhelyek kapcsolatát, ahol a két élőhely típus egyaránt megjelenik, ráadásul éles átmenetet mutat (BIRÓ ET AL. 2003).

Munkám célja, hogy geofizikai és vízkémiai vizsgálatok segítségével komplex képet kapjak a felszín alatti víz és a jellegzetes vizes élőhelyek kapcsolatáról és a különböző eredetű áramlási rendszerek határáról.

2. Előzmények

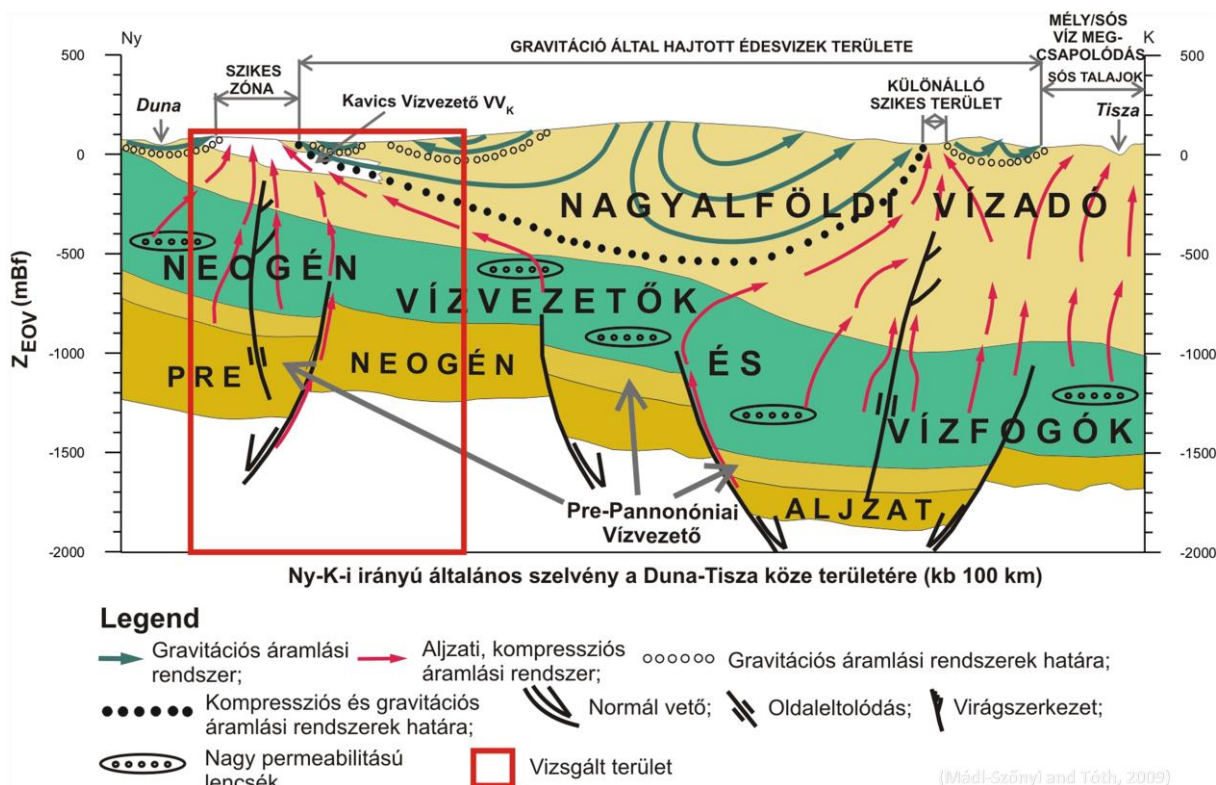
A Duna-Tisza közén a vizes élőhelyek változatos formái találhatók meg. Utóbbi évek kutatásai (BIRÓ ET AL. 2003) a terület vizes élőhelyeit részletesen feltárták és jellegzetes eloszlást kaptak: két alapvetően eltérő karakterű vizes élőhely különíthető el, a szikes és a lápi, mocsári élőhelyek. A vegetáció eloszlása a 2. ábrán jól látható. Jól megfigyelhető, hogy a szikes (rózsaszínnel jelölve) területek főleg a Duna és a Tisza völgyére koncentrálódnak, míg a lápi környezetek inkább a hátság felé jellemzőek.



2. ábra. A Duna-Tisza közének vizes élőhelyei BIRÓ ET AL. (2003) nyomán. Szikes élőhelyek lila, lápi élőhelyek zölddel jelölve.

A térség áramlási rendszereit regionális léptékben szintén részletesen megvizsgálták (TÓTH ÉS ALMÁSI 2001, MÁDLNÉ SZŐNYI ÉS TÓTH 2005, MÁDLNÉ SZŐNYI ÉS TÓTH 2009). A vizsgálat során potenciometrikus térképek, hidraulikus szelvények, kiválasztott területek p-z profiljai és vízkémia segítségével igazolták, hogy a Duna-Tisza közén, ahogy az Alföld egészén is, két áramlási rendszer különíthető el: a pre-neogén aljzatról a tektonikus kompresszió és a kompakció hatására feláramló nagy sótartalmú víz és az erre hierarchikusan ráhelyeződő gravitáció által vezérelt édesvízi áramlási rendszer, amelyek a neogén vízvezetőkön keresztül érintkeznek egymással (3. ábra).

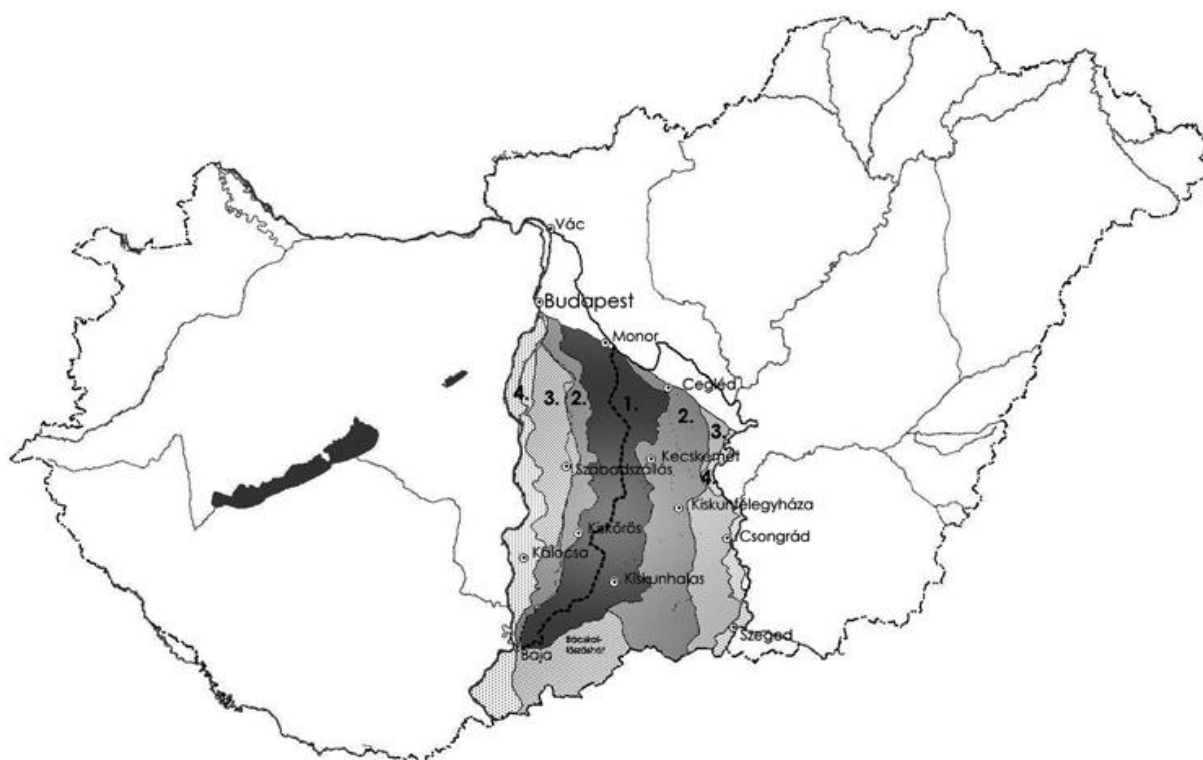
Potenciometrikus térképek, hidraulikus szelvények és a p-z profilok alapján kiderült, hogy a Duna-Tisza közén a gravitáció által hajtott áramlás beáramlási területe az észak-déli irányultságú hátság területére esik. A gravitációs rendszer behatolási mélységét a topográfia, a litológiai heterogenitás valamint a túlnyomásos rendszer intenzitása határozza meg (TÓTH ÉS ALMÁSI 2001). Az aljzatról feláramló nagy sótartalmú (30000 mg/l) víz energiáját az Endrődi és Algyői Vízfogók lecsökkentik, bár a formációkban található nagy vezetőképességű homoklencsék és hidraulikusan vezető vetők elősegítik a felszín közelébe jutását. Ebből kifolyólag az aljzatról induló sós víz energiájának nagyságrendje a pliocén-kvarter vízvezetők mélységében már megegyezik a gravitáció által hajtott áramlások energiájával, egyensúlyban vannak (MÁDLNÉ SZŐNYI ÉS TÓTH 2009). Ennek megfelelően a hátságon beszivárgó víz 350-400 méteres mélységig jut le, ahol találkozik a túlnyomásos rendszerrel. Itt a két rendszer energiája közel azonos, így kitérnek egymás elől keleti és nyugati irányba. A Duna és a Tisza völgyében mindkét rendszer kiáramlási helyzetben van, amely „hidraulikus ablakként” funkcionál a medence aljzatából érkező nagy sótartalmú víz számára. A két rendszer hasonló intenzitása miatt hidraulikailag nehezen különíthető el (TÓTH ÉS ALMÁSI 2001, MÁDLNÉ SZŐNYI ÉS TÓTH 2005, MÁDLNÉ SZŐNYI ÉS TÓTH 2009).



3. ábra. A Duna-Tisza köze áramlási rendszereinek általános képe (MÁDLNÉ SZÖNYI ÉS TÓTH 2009).

Az áramlási rendszerek vízkémia alapján is elkülöníthetők: a sekély gravitációs áramlási rendszerek kémiai összetételét alapvetően a Ca-HCO_3 jellemzi, míg a neogén üledékekben előforduló víz kémiai jellege Na-HCO_3 -os. A pre-neogén aljzattól felfelé szivárgó víz nagy oldott anyag tartalommal rendelkezik, erősen NaCl -os jellegű. A kiáramlási területeken a nagy sótartalmú, NaCl -os víznek a Na-HCO_3 -os rendszerrel kevert változata jelenik meg (MÁDLNÉ SZÖNYI ÉS TÓTH 2005, MÁDLNÉ SZÖNYI ÉS TÓTH 2009).

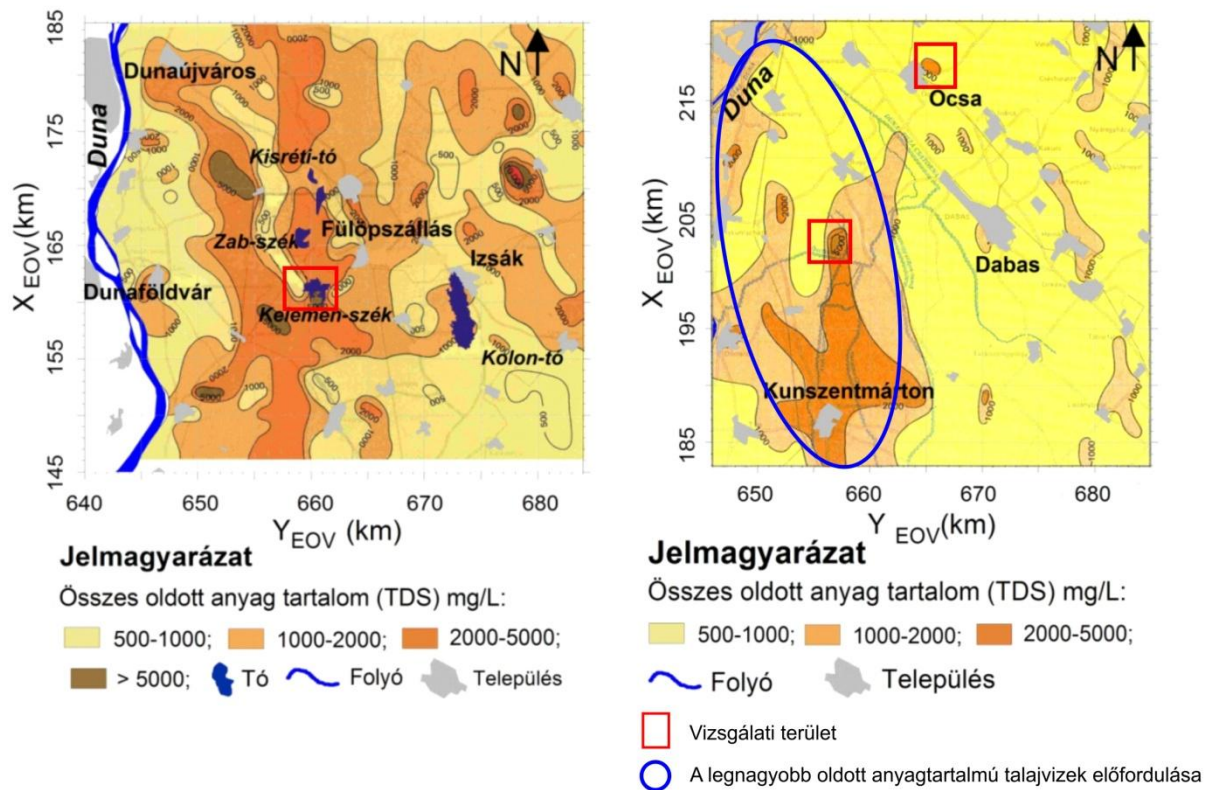
A vizes élőhelyeket és a felszín alatti vízáramlási rendszereket a fent említett vizsgálatok jól feltárták, így lehetővé vált a kettő közötti kapcsolat vizsgálata regionális szinten: BIRÓ ET AL. (2007) az addigi, a Duna-Tisza köze felszín alatti vízáramlási rendszereivel foglalkozó tanulmányok alapján az egyes vizes élőhely-típusok eloszlását korrelálta a felszín alatti vízrezsimekkel (4. ábra). Feltételezése szerint ezek a rezsimek meghatározzák az egyes vizes környezetek vegetációjának karakterét, ez alapján a még érintetlen, eredeti vegetáció elterjedésében kijelölt egy keleti-nyugati irányú, észak-déli csapású zonációt.



4. ábra. A Duna-Tisza köze vegetációjára jellemző zónásság. 1. homoki; 2. lápi, mocsári; 3. szikes; 4. folyóvízi vegetáció (BIRÓ ET AL. 2007).

Az általa elkülönített zónák jól megfelelnek a felszín alatti áramlási rendszerek mintázatának: a gravitáció vezérelte áramlás beáramlási területén elsősorban homoki és mocsári vegetáció, a kiáramlási területét főleg mocsári vegetáció, az aljzatból érkező nagy sótartalmú víz kiáramlási területét pedig alkáli típusú és mocsári vegetáció jellemzi. Legutóbbi esetben a sós és az édes víz keveredésének aránya határozza meg a vegetáció karakterét. A kisebb különbségek a lokális és intermedier léptékű hidrodinamikai folyamatokban tovább árnyalják a vizes élőhelyek eloszlását. BIRÓ ET AL. (2007) feltételezését MÁDLNÉ SZÖNYI ÉS TÓTH (2009) is igazolta.

A vizes élőhelyek és a felszín alatti víz kapcsolatának alaposabb megértése céljából lokális vizsgálatokra van szükség. A növényzeti térkép (2. ábra) alapján jól kijelölhető egy tipikusan szikes (Kelemen-szék), egy lápi (Ócsa) és egy jellegében kevert (Felső-Szűnyogpuszta) vizsgálati terület, melyet a talajvíz összes oldott anyag tartalmának eloszlását mutató térkép is jelez (5. ábra).



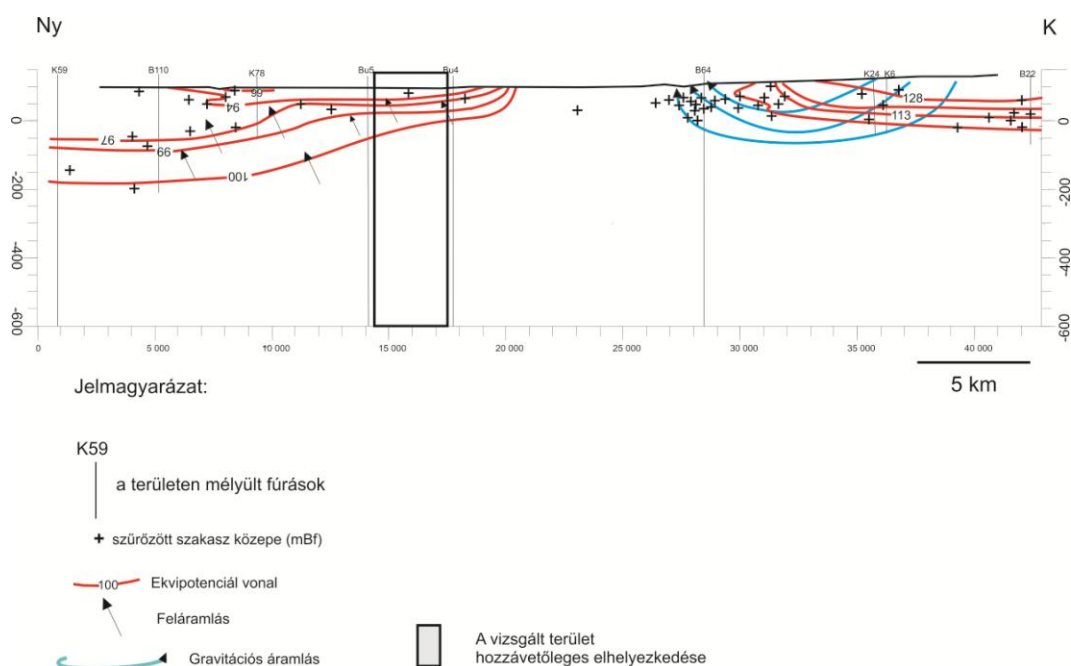
5. ábra. Az összes oldott só tartalom a vizsgált területeken (MÁDLNÉ SZÖNYI ÉS TÓTH 2009 és KUTI ET AL. 1986 nyomán).

A kelemen-széki, tipikusan szikes területet már részletesebb vizsgálatnak is alávetették (SIMON ET AL. 2005, SIMON ET AL. 2011). Hidraulikai, vízkémiai, geofizikai mérések mellett korábbi szeizmikus adatokon alapuló szelvények alapján részletesen feltárták a pre-neogén aljzatban található nagy só tartalmú víz felszínre jutásának mechanizmusát, továbbá az áramlási rendszerek közötti kapcsolatot. A vizsgálatok alapján felállítottak egy modellt, miszerint a viszonylag sekélyebb (600-1000 méter) mélységben található aljzathoz a nagy só tartalmú NaCl tartalmú víz vízvezető vetőkön és nagy permeabilitású lencséken keresztül áramlik felfelé majd hozzákeveredik a neogén üledékekben található NaHCO_3 jellegű vízhez. A felfelé áramló, immár megnövekedett Cl^- tartalommal jellemezhető NaHCO_3 -os víz a kiáramlási területek azon részén jelenik meg, ahol a gravitációsan hajtott áramlás már nem ül rajta a túlnyomásos rendszeren („hidraulikus ablak”). A felszínen a nagy só tartalmú víz által okozott szikesedés folyamatát az evapotranszpiráció erősíti. Azokon a területeken, ahol a sekély, lokális gravitációs áramlási rendszerek jelen vannak, ezen áramlási rendszerek térbeli eloszlása szabályozza a mélyből érkező sós víz felszínre kerülését, ezért itt a szikes területek csak foltokban jelennek meg.

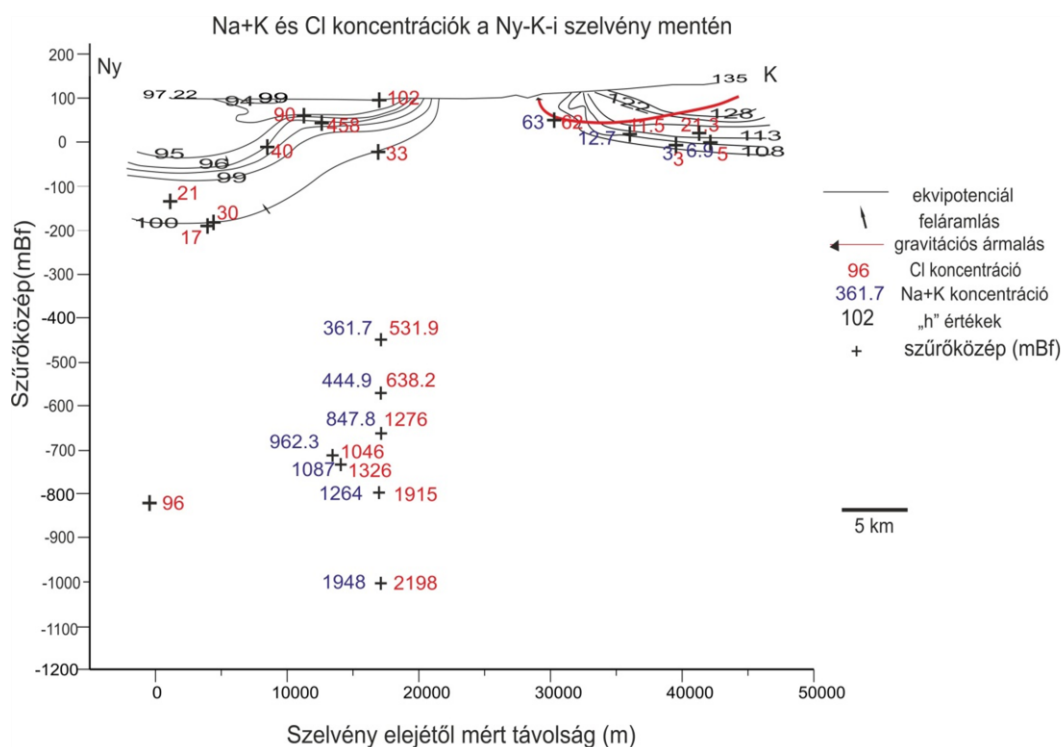
A felső-szűnyogpusztai, átmenetes növényzetet mutató területtel BIRÓ (2012) foglalkozott korábban diplomamunkájában. Munkájában regionális léptékű hidraulikai és vízkémiai

vizsgálatokat végzett a terület tágabb környezetére vonatkozóan. P-z profilok, potenciometrikus térképek és hidraulikus szelvények segítségével kimutatta, hogy a terület egyértelműen kiáramlási helyzetben helyezkedik el a felső 300 m-es mélységtartományban (6. ábra). A Na+K, SO₄, Cl ionok szelvény menti eloszlása a területen további következtetések levonását tette lehetővé. A 7. ábra a Cl⁻ és Na⁺+K⁺ eloszlást mutatja, azonban mindegyik paraméter esetében hasonló képet kapunk. A vizsgálati terület alatt 1200 m mélységtartománytól egészen a felszínig jelentős Cl⁻ (102-1948 mg/l) és Na⁺+K⁺ tartalom mutatkozik, ami az aljzattól induló feláramlás jelenlétére utalhat, míg tőle K-re jóval alacsonyabb értékeket tapasztalunk (5-21 mg/l), a gravitáció által vezérelt áramlást reprezentálva (7. ábra). Az vízkémiában tapasztalt anomáliák tehát arra engedtek következtetni, hogy a területen mindkét áramlási rendszer jelen van (7. ábra).

A terület alatt helyezkedik el a felső-pannon és negyedidőszaki üledékekkel eltemetett Bugyi-hát délnyugati csücske, amely egy feltolódásos szerkezetek által létrejött, ÉK-DNy irányú aljzat-kiemelkedés a Közép-magyarországi Nyírás Zóna részeként (CSONTOS ÉS NAGYMAROSY 1998). BIRÓ (2012) feltételezése szerint a hát felszínhez közeli helyzete, továbbá a vele kapcsolatban álló, felszín közelébe érő hidraulikusan vezető vetők szerepet játszhatnak a nagy sótartalmú víz felszínre jutásában.



6. ábra. A felső-szűnyogpusztai terület hidraulikája regionális, Ny-K-i szelvény mentén (BIRÓ 2012 nyomán).



7. ábra. A regionális hidraulika és vízkémia ugyanazon szelvény mentén (BIRÓ 2012).

3. Problémafelvetés

A Duna-Tisza köze növényzetére és hidrogeológiai viszonyaira vonatkozó regionális vizsgálatok alapján tehát kiderült, hogy a vegetáció mintázata és a felszín alatti áramlási rendszerek jól fedésbe hozhatók. A felszín alatti vizek és a növényzet kapcsolata egy tipikus szikes terület esetében lokális szinten is igazolást nyert, azonban a lápi, illetve átmeneti területek pontos viselkedése még nem ismert.

Az eddigi vizsgálatok alapján feltehetjük, hogy a mélyből induló sós víz felelős a szikes vegetáció kialakításáért, míg az „édesvízi”, lápi növényzet a gravitációs rendszer édesvize által befolyásolt. Ezen hipotézis vizsgálatát tűztem ki célul egy olyan mintaterületen, ahol a két növényzettípus átmeneti eloszlást mutat. Munkám fő célja tehát az volt, hogy a korábbi regionális vizsgálatok tükrében egy átmeneti növényzeti jellegeket mutató területen, lokális léptékben felmérjem a felszín alatti áramlási rendszerek és a növényzet kapcsolatát elsősorban a vizek kémiai jellegére támaszkodva, sekély geofizikai módszerek, valamint vízkémiai elemzés alkalmazásával.

A fő kérdések:

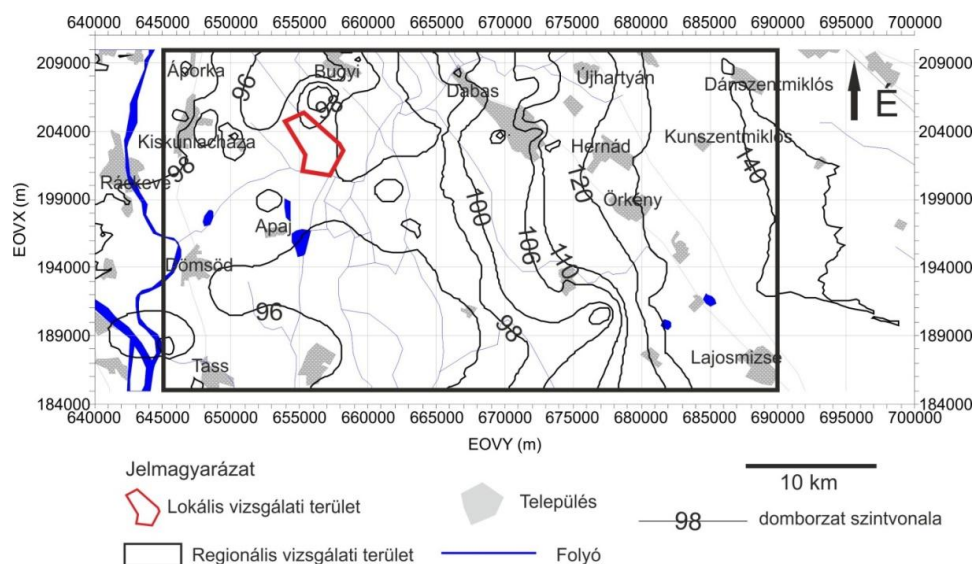
1. A sekély felszín alatti vizek milyen kémiai jelleget mutatnak a területen, és ezek hogyan hozhatók összefüggésbe a hidraulikailag feltérképezett áramlási rendszerekkel?
2. A terület növényzeti eloszlása és a vizek kémiai eloszlása milyen kapcsolatban áll egymással, azaz a területen uralkodó áramlási rendszerek felelősek-e a növényzeti mintázat kialakításáért?

Az elvégzett vizsgálatoktól azt várom, hogy általuk az átmeneti növényzeti eloszlást mutató területek viselkedése megérthető. Ezt követő későbbi vizsgálatok során a lápi területek megismerésével a növényzeti eloszlás és a felszín alatti vizek kapcsolata teljes mértékben ismertté válik.

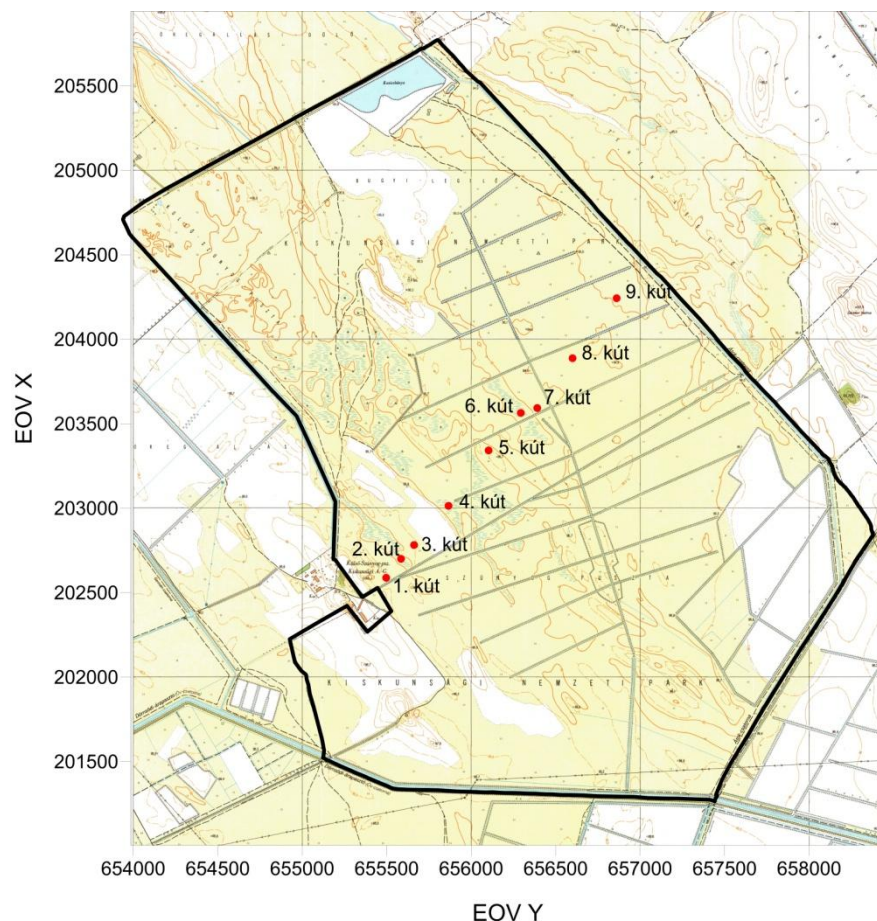
4. Terület jellemzése

4.1 Fekvés

Felső-Szűnyogpuszta Apaj, Kiskunlacháza és Bugyi között fekszik a Duna-Tisza közén, azon belül a Duna-völgyében, 95-96 méter tengerszint feletti magasságon. A völgyet keleti irányból a 120-130 méter átlagmagasságú Duna-Tisza közti homokhátság határolja, míg a nyugati szélén a Duna található, így a regionális gradiens K-Ny-i irányú.



8. ábra. Felső-Szűnyogpuszta elhelyezkedése. BIRÓ (2012) által regionális léptékben hidraulikai szempontból vizsgált terület.



Jelmagyarázat:

— Vizsgált terület

● Kutak helye

9. ábra. A felső-szűnyogpusztai vizsgálati terület térképe a területen fűrt sekély kutakkal.

4.2 Klíma

A Duna-Tisza köze éves átlaghőmérséklete 10-11 °C, az éves átlagos csapadék mennyisége 500-550 mm. A terület éghajlata a meleg-száraz klíma tartományba esik (met.hu).

4.3 Vízrajz

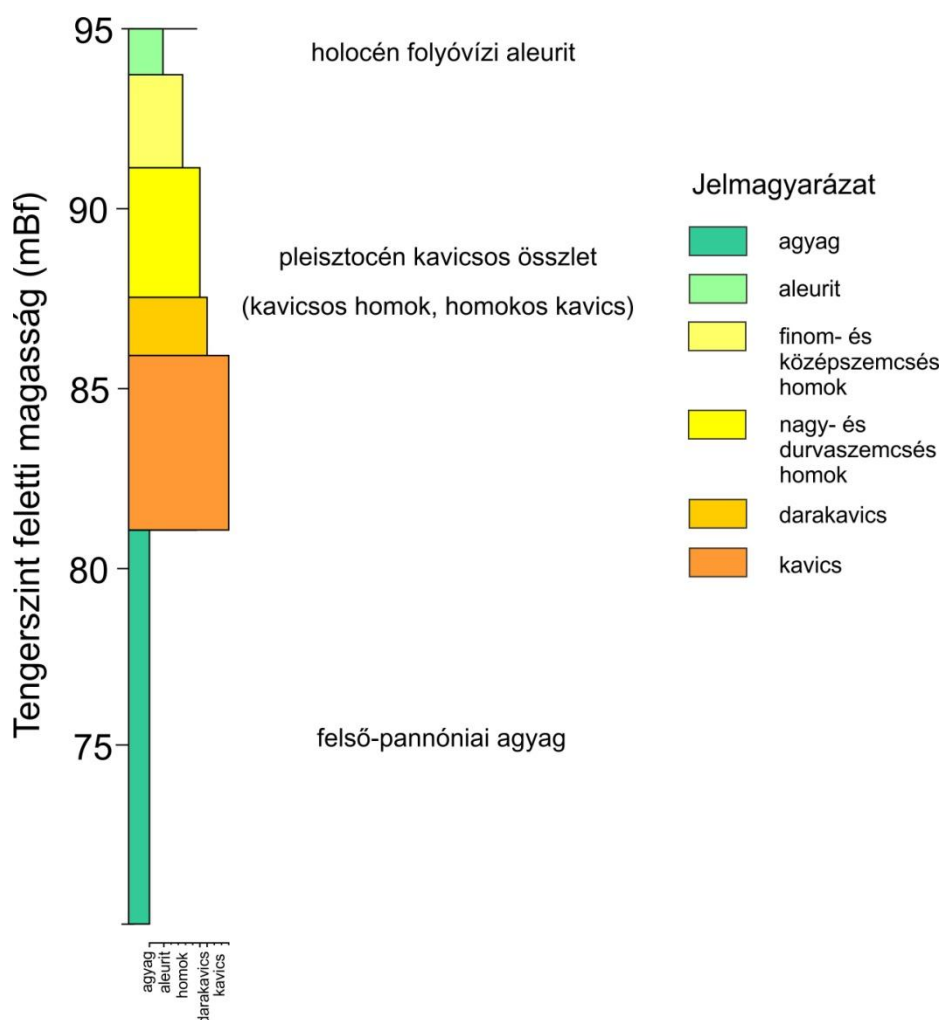
Bár a vizsgálati terület a Duna völgyének mélyebb részén található, már nem tartozik a Duna árteréhez. A korábban vizenyős terület a 20. századi csatornaépítések és a belterjes mezőgazdaság hatására szárazabbá vált.

A terület határát képezi az Apaji-csatorna és a Dömsödi –árapasztó csatorna, amelyek lokálisan befolyásolják a talajvízszint jellegét és ezzel a növényzetet is. A területtől keletre húzódik a Dunavölgyi-főcsatorna, ami szintén befolyásolta a talajvízszint elhelyezkedését.

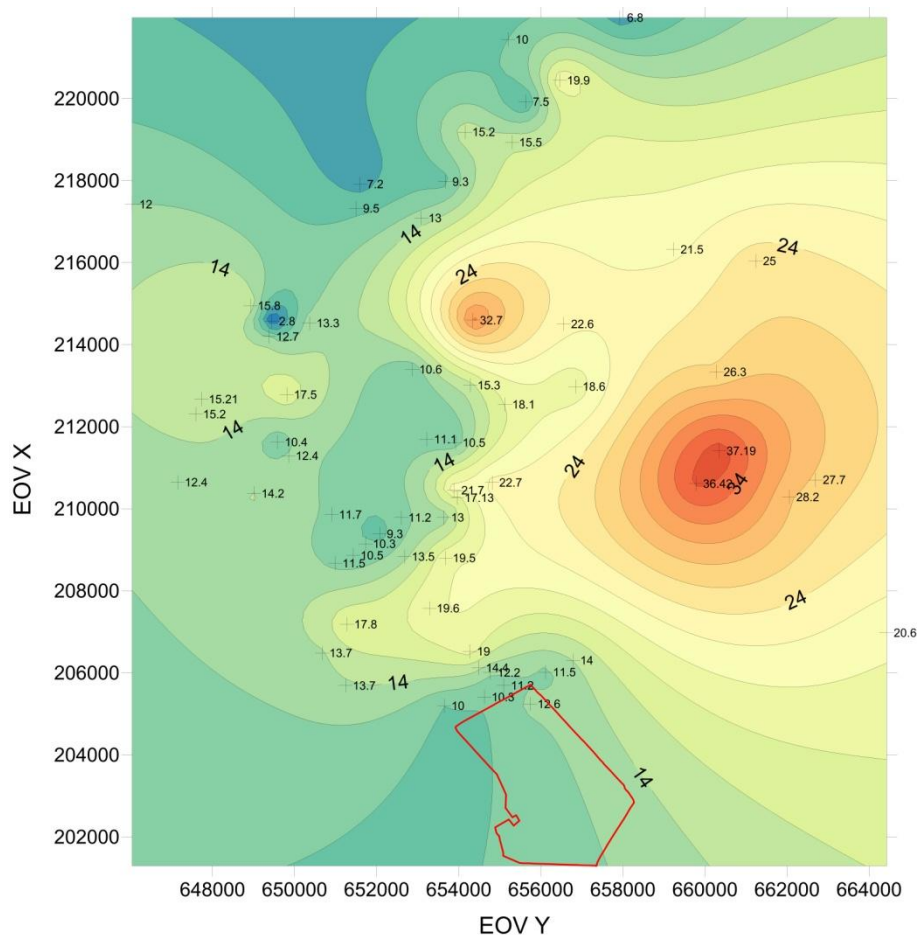
4.4 Sekélyföldtani felépítés

Mivel a kutatás során használt geofizikai módszer maximális behatoló képessége legfeljebb 100 méter, eltekintek az ennél mélyebben található képződmények ismertetésétől. A 100 méter feletti képződmények a felső-pannonnál nem idősebbek (10. ábra).

A vizsgálati terület környezetében mélyült nagyobb mélységű, földtani kutató és kavicskutató fúrások alapján a negyedidőszaki üledékek feküjét felső-pannon korú rétegsor alkotja, amely egységes lepelként borítja a felső-pannonnál idősebb hézagos képződményeket. A rétegsor világosszürke, kékesszürke agyag, agyagmárga, mészkonkréciós agyagmárga, amely világosszürke homokrétegekkel sűrűn váltakozik. A felső- és alsó-pannon határa körülbelül 200 méter mélységben található.



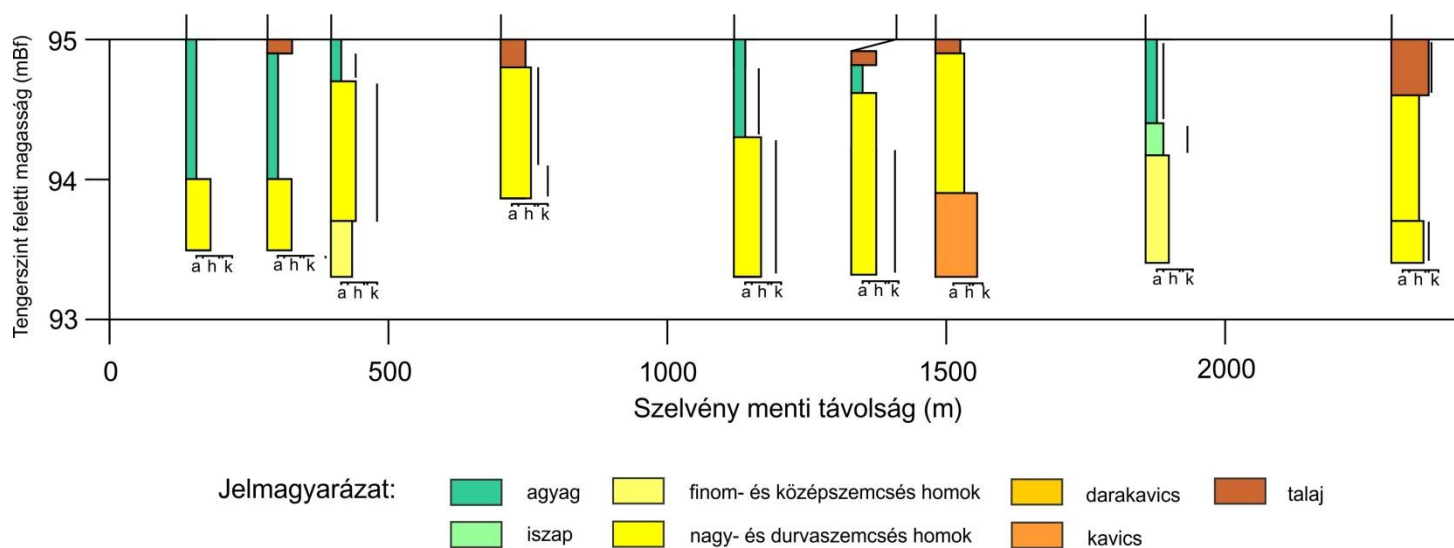
10. ábra. Szúnyogpuszta elvi rétegsora.



11. ábra. A bányászott kavicsréteg vastagsága a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal adatai alapján (www.mbfh.hu). Piros kerettel jelölve a vizsgálati terület.

A felső-pannonra települ a Duna negyedidőszaki hordaléka, teljes vastagsága KUTI ET AL. (1986) szerint 25-50 méter körüli (10. ábra). A pleisztocén elején a Dél-Alföld területe erőteljes süllyedésnek indult, ezért a Duna őse a Kisalföldön irányt váltott a Visegrádi-hegység még alacsony vonulatain keresztül az Alföld felé. Ezzel egyidejűleg a középhegységek kiemelkedése is elindult. A nagy relief-különbség erőteljes lepusztulást eredményezett, melynek a hatását az eljegesedés tovább növelte. Ennek eredményeképpen a Dunakanyarból kilépő Duna a süllyedő Alföldön durva szemcse-összetételű hegylábi hordalékkúpot épített (MOLNÁR 1973). Az összlet alján jellemzően durvaszemcsés kavicsos homok, kavics található, a szemcseösszetétel felfelé haladva valamelyest finomodik. A kavicsos összlet vastagsága 5-20 méter között változik (KUTI ET AL. 1986). A Bányászati és Földtani Hivatalnak a bányászott réteg vastagságára vonatkozó adatai alapján a kavics vastagsága a vizsgált területen 10-15 méter körül van (11. ábra). A pleisztocén végén nagy általánosságban a kavicsösszletre apró-, durvaszemcsés folyóvízi homok települ, azonban a vizsgált területen ez teljesen hiányzik az eolikus erózió miatt (10. ábra).

A pleisztocén üledékre 0.5-1 méter vastagságú holocén korú kőzetliszt, agyagos homok települ (KUTI ET AL. 1986). A területre vonatkozó elvi rétegsor a 10. ábrán látható.



12. ábra. A fúrások rétegsora szelvény mentén.

A területen 9 sekély kút mélyült, 2 méternél kisebb mélységig (9. ábra, 2. melléklet). A fúrások rétegsorai (12. ábra) alátámasztják KUTI ET AL. (1986) munkáit, bár egyes fúrásokban a felső 1 méterben agyag is előfordul. Általában a kis szemcseméretű üledékek a felső 1-1,5 méterre korlátozódnak, míg a kavicsos összlet felé haladva a szemcseméret nő.

4.5 Lokális hidrogeológia

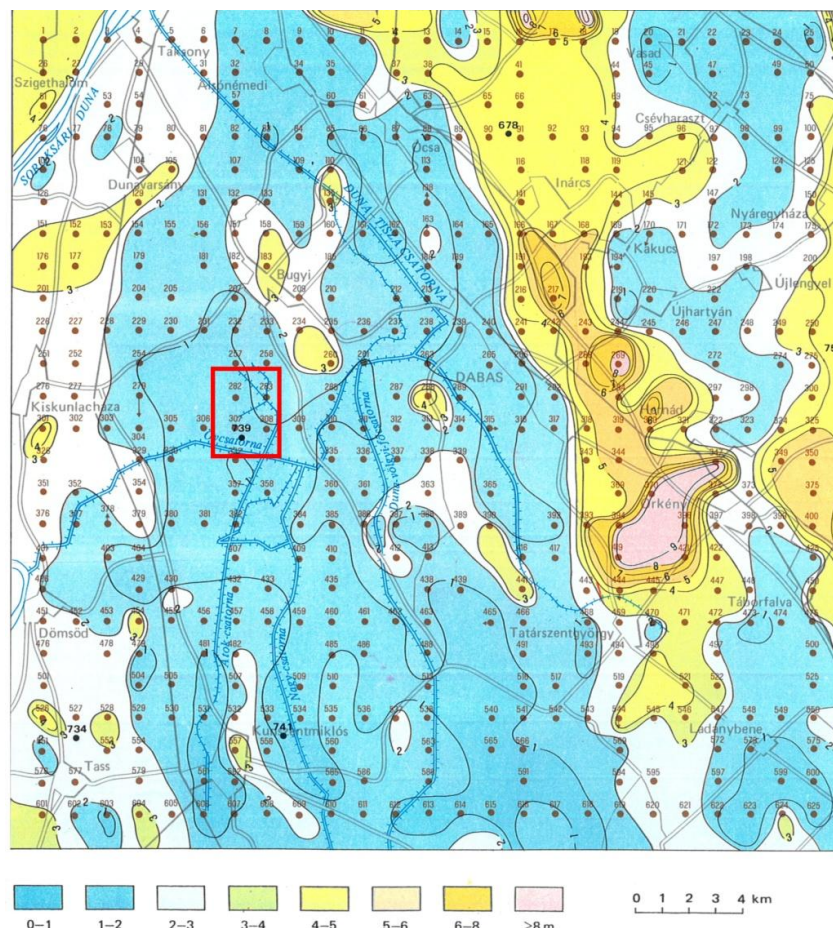
A vizsgált terület, mint már korábban láttuk, a gravitáció által vezérelt és a túlnyomásos, magas sótartalmú áramlási rendszer határán helyezkedik el, hidraulikai helyzete hasonló a Kelemen-széknél tapasztalttal. Korábban LORBERERNÉ SZENTESI ÉS LORBERER (1974) foglalkozott elsőként a terület regionális hidrogeológiájával. Véleményük szerint a felső-pannonnál idősebb képződmények csak izolált, nagy sótartalmú „porózus lencsék” tartalmaznak, továbbá a felső-pannon és negyedidőszaki rétegek fő utánpótlódási területe a Duna-Tisza közti homokhátságon és a Gödöllői-dombságon beszivárgó csapadékvíz. Innen a felszín közeli vizek lefelé szivárognak a Duna és Tisza völgye felé, ahol megcsapolódnak.

Emellett megvizsgálták Felső-Szúnyogpuszta szomszédságában található bugyi-ürbőpusztai területen vízszintben jelentkező depressziót is. Az adatok alapján a szerzők arra következtettek, hogy a felső-pannonnal érintkező triász rétegek miatt vízfelvonás történik a felső-pannon összletből a Bugyi-hát északi oldalán az idős képződmények töredezett zónáiba. A depresszió ÉÉNy-DDK-i irányultsága feltehetően egy, a neogén során aktiválódott szerkezeti töréshez

kapcsolódik. A rögbe leszivárgó vizek Délegyháza-Alsónémedi környékén ismét bekapcsolódnak a felszín közeli vízforgalomba ott, ahol a potenciál a depresszió legmélyebb pontjában tapasztaltnál is kisebb (LORBERERNÉ SZENTESI ÉS LORBERER, 1974).

Ez ellentmond annak a BIRÓ (2012) munkájában elhangzott feltételezésnek, miszerint a kémiai adateloszlás arra enged következtetni, hogy az aljzatról induló víz a terület alatt nagy mélységből áramlik felfelé. A pontos mélységi hidraulikai viszonyok tisztázása tehát további vizsgálatokat igényel.

Az Alföld dabasi térképlapjának földtani felvételezésekor került sor először részletesebb vízföldtani kutatásra (KUTI ET AL. 1986). A kutakban tapasztalt vízszintek alapján megállapították, hogy a Duna-völgyében a talajvízszint általában 1-2 méterrel található a felszín alatt, de egyes helyeken akár 1 méteren belül is lehet. Felső-Szűnyogpusztán is ezek az értékek jellemzőek, de a nyugati felén 1 méteren belül van (13. ábra).

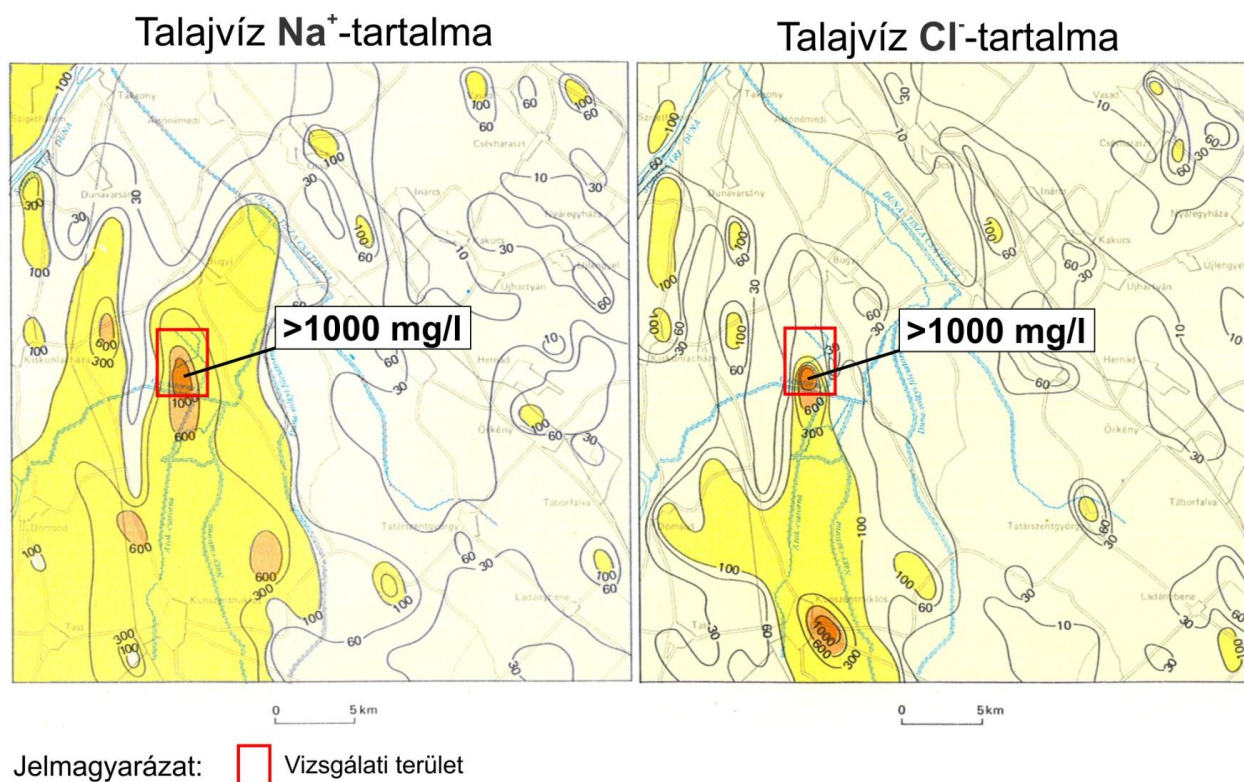


13. ábra. A talajvízszint mélysége a felszín alatt a dabasi térségben. Felső-Szűnyogpuszta piros kerettel jelölve (KUTI ET AL. 1986 nyomán).

Éves viszonylatban a vízszintingadozás 1 méter (KUTI ET AL. 1986). Ezt az őszi terepi méréskor tapasztaltuk is, ugyanis nem tudtunk értékelhető mintát venni a 2-3 méter mély kutakból, mert nem volt bennük elegendő víz a rendkívül száraz nyár miatt.

KUTI ET AL. (1986) a vizsgált területen található fűrt kutak kataszteri adataiból meghatározta azt a mélységet, ahonnan biztosan felszínre szökő víz várható. Ez az érték a hátság alatt 700 méternél is mélyebb, míg a Duna-völgyében 100-200 méter körüli.

A felszín alatti víz összes oldott anyag tartalma a felső 10 m-ben általában 1000 mg/l alatti, kivéve a Taksonytól Kiskunlacházaig húzódó sávban és a felső-kiskunsági szikes puszták területén, ahol ez az érték 1000-2000 mg/l. Egyes helyeken 2000 mg/l feletti érték is előfordul, Bugyi-Ürbőpusztán pedig 8000 mg/l-nél nagyobb értéket is mértek (5. ábra). A talajvíz kémiai jellegét NaHCO_3 -os jellegűnek találták, a szikes területen a Na mennyiségét 200-400 mg/l közötti értéknek határozták meg. A Na^+ és a Cl^- eloszlása a 14. ábrán látható (KUTI ET AL. 1986).



14. ábra. A dabasi térség talajvizének Na és Cl ion tartalma. Felső-Szűnyogpuszta piros kerettel jelölve (KUTI ET AL. 1986 nyomán).

A felszínhez közel fekvő talajvízszint, illetve a mélyebb nyomásviszonyok mind azt mutatják, hogy Szűnyogpuszta térsége kiáramlási terület, a vízkémiai adatok pedig egy magas oldott anyagtartalmú víz megcsapolódására utalnak. Különösen a Cl^- ion területen tapasztalt anomális

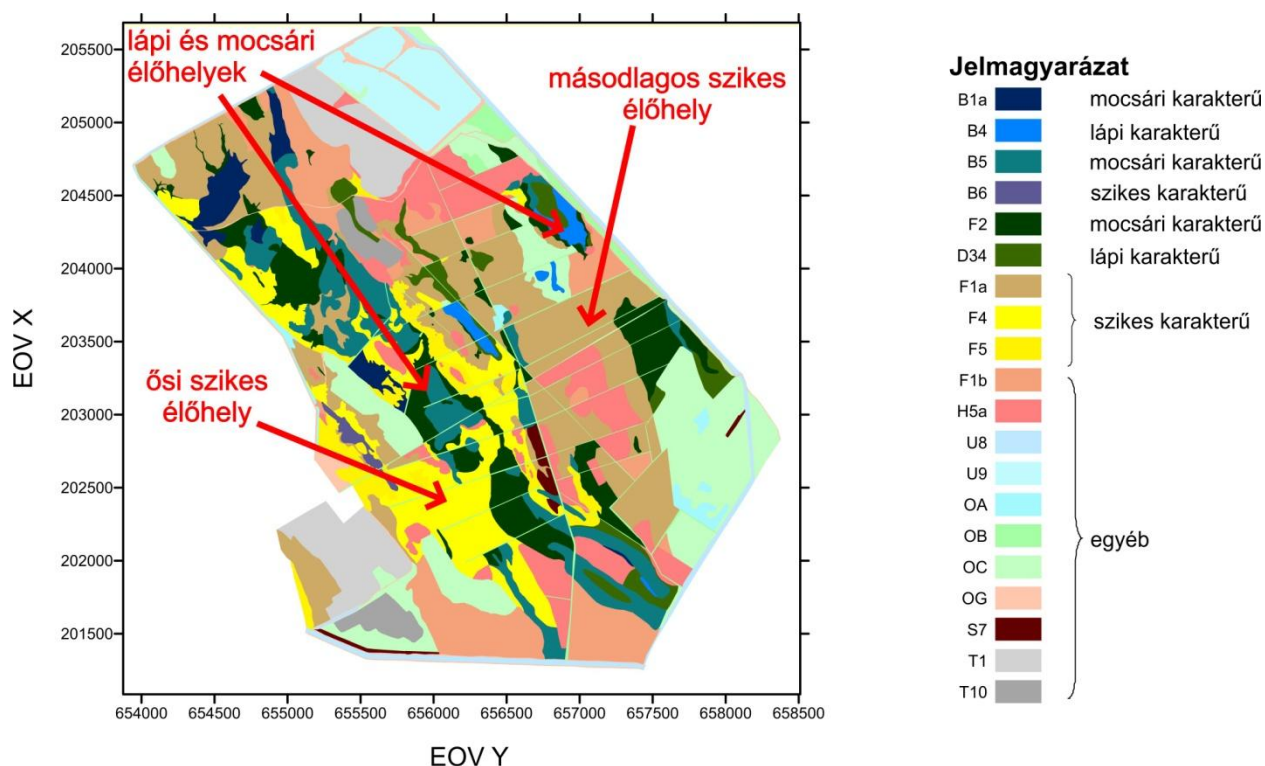
megjelenése érdekes. A Cl^- az Alföld területén természetes nyomjelzőként használható a nagy mélységből, azaz az aljzatból felszálló víz esetében (MÁDL-SZŐNYI AND TÓTH, 2009; SIMON ET AL., 2011).

4.6 Vegetáció

Felső-Szűnyogpuszta a Kiskunsági Nemzeti Park Felső-Kiskunság nevű részéhez tartozik, amely főleg szikes pusztákat foglal magában. A talaj a Duna öntéstalaja, amely a talajvíz magas sótartalma miatt a szikes talajok közé tartozik. Nagyrészt szoloncsák-szolonyec talajok jellemzőek, csak a terület nyugati szélén jelenik meg a mélyben sós réti csernozjom (TÓTH 1979).

A Duna-Tisza köze növényzetének felmérése jelenleg is folyamatosan zajlik, az eddigi eredményekről számos tanulmány látott már napvilágot (BIRÓ ET AL. 2003, BIRÓ ET AL. 2007, BIRÓ 2011). A térségben általánosan elkülöníthető vegetáció-típusok a homoki, mocsári vagy lápi, szikes és folyóvízi vegetáció, melyek észak-déli irányultságú zónákat alkotnak (4. ábra). A homoki vegetáció a hátság tetején jellemző, míg nyugati és keleti irányban a Duna és a Tisza felé haladva mocsári vagy lápi, szikes, végül folyóvízi vegetáció jelenik meg (BIRÓ ET AL. 2007). Arányaiban a lápi-mocsári vegetáció alkotja a növényzet közel felét (48,5 %), ezt követi a szikes vegetáció mintegy 24%-al, a folyóvízi vegetáció aránya 8,4%. E három növényzettípusnak mintegy ötször nagyobb a kiterjedése, mint a homoki vegetációnak (BIRÓ ET AL. 2007).

A Duna-Tisza közének szikes területein alapvetően a különösen sótűrő (halofiton) és szárazságtűrő (xerofiton) fajok alkotnak társulásokat, a növényzet összképe különbözik a tiszántúli szikesekhez viszonyítva (TÓTH 1979). A szikesekben már kis térszintkülönbség is jelentős eltérést okoz, ezért a növénytársulások jellegzetes szintbeli tagozódása jellemzi. A legmagasabb szintekben található az ürmös szikespuszta (*Artemisio-Festucetum pseudovinae danubiale*) társulás, alatta a mélyebb helyeken a növényzet nélküli foltokkal tarkított vakszik jelenik meg (*Lepido-Camphorosmetum annuae*), a szikes tavak szegélyét, parti zónáját pedig szikfoknövényzet (*Lepido-Puccinellietum limosae*) foglalja el (TÓTH 1979).



15. ábra. Felső-Szúnyogpuszta élőhely-térképe (BIRÓ 2011).

Felső-Szúnyogpuszta növényzetének részletes feltérképezése, továbbá a növényzet és a vízviszonyok történeti jellemzése a közelmúltban zajlott (BIRÓ 2011). Korábbi források alapján kiderül, hogy a terület vegetációja átmenetet képezett a szikes és a lápi növényzet között a lecsapolások előtt, Moesz Gusztáv szerint a lápok nyugat felé először egy átmeneti növényzetű zóna követte és csak ettől nyugatabbra következtek a valóban szikes élőhelyek. Az átmeneti jelleget az előző századokban készült Katonai Felmérések is alátámasztják. Kitaibel Pál és Moesz Gusztáv leírásai alapján a nyugati területen már a vízmentesítés előtt is szikesek voltak jelen. Ezzel szemben a keleti láposok területén a lápvidék és az átmeneti zóna nagy része felszántásra került vagy jelentősen kiszáradt. Így írnak a folyamatról: „*Hiába keressük most azokat a terjedelmes tavakat (Sári-víz) és ingoványokat, amelyeket az 1911-ben készített térképlapok feltűntetnek. Ott, ahol nemrég tó volt, most ingoványos rétség van; a lápok pedig szántóföldekké alakultak át. Bugyi lakosai még emlékeznek is arra az időre, amikor annyi víz árasztotta el.*” (MOESZ 1940). Azóta a korábban lápi növényzet nem kis mértékben átalakult, ami a térképezés során is kiderült.

A térképezés eredménye a 15. ábrán látható. Erre a területre is érvényes a szikesekre általánosan jellemző szintbeli tagozódás. Az itt található meghatározó szerepű, jellegzetes növényzettípusok a következők:

B1a: Nem tőzegképző nádasok, gyékényesek és tavi kákások; vizek, vízpartok jellegzetes növényei

B4: lápi zsombékos-sásos; legalább időszakosan vízzel borított területeken jellemző növények

B5: magassásos növényzet

B6: zsiókás szikes mocsár

D34: mocsárrétek

F1a: ürmöspuszták; szikes fajokban gazdag, időszakosan nedves szárazgyepek

F2: szikes rétek

F4: üde mézpázsitos szikfokok: erősen szikes talajú, hosszabb ideig vízzel borított, rétszerű gyepek

F5: padkás szikesek és szikes tavak iszap- és vakszik növényzete

H5a: kötött talajú sztyepprétek (löss, agyag, nem köves lejtőhordalék, tufák)

A B1a és B5, F2, OA jelű növényzet mocsári jellegű, a zsombéksásos növényzet (B4) pedig lápi környezetet jelez. Mindegyik kategória egyértelműen édesvíz jelenlétére utal. A D34 jelzésű mocsárrétek korábban lápi jellegűek voltak, ezért a lápi élőhelyek közé sorolták maradványaikat (mára egyre inkább elveszítik lápi jellegüket). A B6-os zsiókás szikes mocsarat és az összes F kódú növényzetet a sziki rétek (F2) kivételével a szikes élőhelyek közé tartozik. Az F2 általában a mocsarak partján vagy azokkal mozaikolva jelenik meg, erősen felszín alatti víz befolyásolta életközösség, és karakter szempontjából leginkább a mocsarakhoz sorolható be. A H5a jelű kötött talajú sztyepprétek nem víz befolyásolta élőhelyek, ezért ezeket és az összes többi növényzettípust a kutatás szempontjából kevésbé lényeges egyéb élőhelyek kategóriában foglal helyet.

A 15. ábrán jól látható, hogy a terület délnyugati felén a sárga (és részben lila) színnel jelölt területeket jól lehatárolhatóan nagyrészt szikes növénytársulások jellemzik. Ezt BIRÓ (2011) a nyugati szikes területnek nevezi, a leírások és a térképezés alapján növényzete ősi szikes jellegű. A terület közepén ÉNY-DK irányban végighúzódik egy alapvetően mocsaras, magassásos lápi terület (zöld és kék színek), melyet alacsony háta tagolnak. A háta egy részén erősen szikes társulások jellemzőek. Ennek a mocsaras területnek a keleti határán húzható egy vonal, amelytől keletebbre ősi szikes társulások már nem jelennek meg karakteresen, csak az utólagos

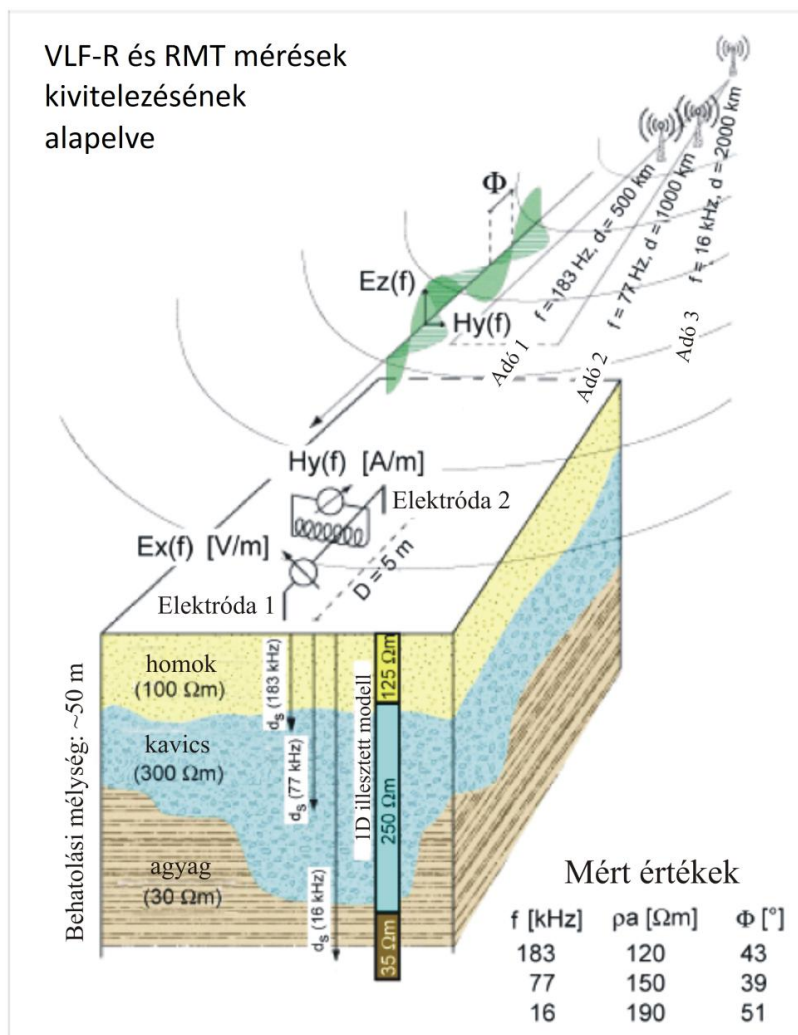
elszikesedés növényzete fordul elő (barna színnel jelölve). Ezen keleti területen olyan mélyedések találhatók, melyek korábban lápi területek voltak. Ezt korábbi leírások mellett olyan fajok jelenléte alapján gondolják, melyek a lápi jellegű társulások karakterfajai (zsombéksás, kígyónyelvpáfrány és sédbúza). Az elszikesedés a tájszintű lecsapolás, a csatornaépítések és az intenzív területhasználat következménye (BIRÓ 2011).

5. Alkalmazott módszerek

5.1 Rádió-magnetotellurikus mérések

A rádió-magnetotellurika az alacsonyfrekvenciás (VLF – Very Low Frequency) geofizikai kutatómódszerek közé tartozik, kiválóan alkalmas felszín közeli földtani szerkezetek, felszín alatti vezető testek gyors és hatékony térképezésére. A módszer itthoni fejlesztése Takács Ernő nevéhez fűződik radiokip eljárás néven (TAKÁCS 1971). A kutatás során használt műszer fejlesztését az 1980-as években kezdték a svájci Centre d’Hydrogéologie et de Géothermie Neuchâtel (CHYN) központban.

A VLF alacsonyfrekvenciás módszerek az elektromágneses indukción alapuló eljárások közé tartoznak. A mérés során az ionoszféráról visszaverődő elektromágneses hullámokat hasznosítjuk, melyek terjedése síkhullámként írható le. A hullámok forrásául szolgáló adóktól megfelelő távolságban, ha a földtani közeg homogén, a felszín felett és alatt terjedő hullámok között nem lesz különbség. Ha viszont a földtani közeg töredezett, pórusfluidummal telített, és ez által jó vezetőként viselkedik, a beérkező elektromágneses hullám (elsődleges tér) hatására a felszín közeli földtani közegben örvényáramok indukálódnak, melynek hatására másodlagos tér jön létre (TAKÁCS 1971). A vevő az elsődleges és másodlagos tér eredőjét, vagyis a totál teret méri. Mivel ismerjük az elsődleges teret és a totál térhez viszonyított fáziskülönbséget (ϕ [°]), a másodlagos tér meghatározható. Mindezek ismeretében információt nyerhetünk a felszín közeli földtani felépítésről. Az érzékelt elektromágneses komponensek függvényében több módszer is létezik (VLF-EM, VLF-R).



16. ábra. A VLF-R és RMT mérésének elve. A $d_s(f)$ az f frekvenciájú hullámhoz tartozó behatolási mélységet jelöli (BOSCH 2002 nyomán).

A módszer működési alapelve megegyezik a VLF-R (Very Low Frequency-Resistivity) alacsonyfrekvenciás ellenállásmérő műszer alapjával, lényegében annak egy továbbfejlesztett verziója. Azonban az RMT a VLF-R-hez képest szélesebb frekvenciatartományon (10-240 kHz) képes mérni. A hullámok forrásai távoli katonai, navigációs, óraállító rádióadók által kibocsátott alacsonyfrekvenciás jelek (OSKOOI ÉS PEDERSEN 2005). További előnye, hogy egy pontban 3 különböző frekvencia használatával 3 különböző mélységtartományból ad információt.

A mérés során a mágneses és a rá merőleges elektromos komponenst ($E_x - H_y$ vagy $E_y - H_x$) határozzuk meg adott frekvenciatartományokon. A mágneses komponenst az adó irányára merőleges állású, vízszintes tengelyű toroid tekercsel, az elektromos komponenst az adó irányával párhuzamosan, egymástól 5 méterre elhelyezett elektródával mérjük.



17. ábra. Az RMT műszer (fotó: Tóth Á.)

A komponensekből az alábbi összefüggéssel kapható meg a fajlagos elektromos ellenállás (ρ_a [Ωm]) és a fáziseltérés ϕ [$^\circ$]:

$$\rho = \frac{1}{\omega \mu_0} \left(\frac{E_x}{H_y} \right)^2$$

$$\phi = \arctan \left[\frac{\text{Im} \left(\frac{E_x}{H_y} \right)}{\text{Re} \left(\frac{E_x}{H_y} \right)} \right]$$

ahol E_x [V/m] a másodlagos tér elektródákon mért elektromos komponense, H_y [A/m] az eredő tér tekercsen mért mágneses komponense, ω [$1/s$] az elsődleges tér körfrekvenciája ($\omega = 2\pi\nu$, ahol ν [Hz] a jel frekvenciája), μ_0 a vákuum mágneses permeabilitása, értéke $\mu_0 = 4 \cdot 10^{-7} H/m$ (TURBERG 1994, TEZKAN 2009).

A jel amplitúdója a behatolási mélységgel exponenciálisan csökken. Általános követelmény, hogy azt a mélységet, ahol az amplitúdó $1/e$ -ad részére csökken ($e = 2,7183$ matematikai konstans), behatolási mélységnek nevezzük (δ [m]). A behatolási mélység az alábbi módon számolható ki:

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho_a}{\pi \cdot f \cdot \mu}} \approx 503,3 \cdot \sqrt{\frac{\rho_a}{f}}$$

ahol ρ_a [Ωm] a közeg fajlagos elektromos ellenállása, f [Hz] a jel frekvenciája, μ [H/m] a közeg mágneses permeabilitása (TEZKAN 2009, TURBERG 1994).

Az elektromágneses tér jeleit egy fülhallgató segítségével akusztikus módon érzékeljük. Méréskor a jelminimumot keressük, ebben az esetben a jelek akár ki is oltódhatnak. A minimum megtalálása után olvassuk le a műszerről a fajlagos ellenállás- és fáziseltérés-értékeket (TÓTH ET AL. 2012).

Amellett, hogy a mérés egy adott ponton gyorsan zajlik és ezzel rövid idő alatt sok pont felvételét teszi lehetővé, további előnye, hogy a helyszínen gyors, kvalitatív értelmezést adhatunk. Abban az esetben, ha a fázis 45° , a földtani közeg elektromágneses jellemzői alapján egy rétegnek tekinthető a behatolási mélységig (homogén, izotróp féltér). Egydimenziós kétréteges esetben a fajlagos ellenállás csökkenéséhez fázis növekedése társul. Ebben az esetben, ha a fajlagos ellenállás növekszik, a fázis értéke kisebb 45° -nál, ha csökken, a fázis 45° feletti értéket mutat (TÓTH ET AL. 2012, CARVALHO DILL ET AL. 2009).

A látszólagos fajlagos ellenállás értékeket a FITVLF2 program segítségével értékeltük ki. A szoftvert THIERRIN (1988, nem publikált) fejlesztette ki és egy FISCHER ET AL. (1981) által bemutatott inverziós eljárással határozza meg az egyes rétegek vastagságát és ellenállás-értékét lépésről lépésre a behatolási mélység és az impedancia definíciója alapján (TÓTH ET AL. 2012).

A valós földtani adatok kinyeréséhez a program által meghatározott látszólagos fajlagos ellenállásokat össze kell vetni az apriori földtani információkkal. Előfordulhat, hogy a megfeleltetés nem egyértelmű, a mért adat több kategóriába is beleeshet, ekkor a terület rétegsoráról rendelkezésre álló földtani ismeretekre támaszkodva kell megvizsgálni melyik ellenállás-érték melyik képződménynek feleltethető meg.

Tömör kőzetekben a kőzetalkotó ásványok fajlagos ellenállása igen nagy, $10^7 - 10^{15} \Omega m$, azonban a kőzetek ellenállása nagyságrendekkel kisebb, mivel pórusaikat és repedéseiket ionokat is tartalmazó víz tölti ki. A vezetőképesség (vagyis az ellenállás reciproka) függ a kőzetszemcsék felszínén található kötött ionokban gazdag és a szemcsék közt található ionokban szegényebb szabad víztartalomtól. Törmelékes kőzetek esetében a fajlagos ellenállás a porozitás és a fajlagos felület függvényében változik. A finomszemcsés agyagokban a legkisebb, általában néhány Ωm , míg durvaszemcsés homokkövek, kavicsok, konglomerátumok esetében akár több száz Ωm is

előfordulhat. A durvább szemcsés üledékek ellenállása a pórusfolyadék jelenlététől és annak ionos összetételétől függően akár nagyságrendekkel kisebb vagy nagyobb is lehet. Az ellenállás értéke karbonátos kőzetek esetében a karsztosodottság, repedezettség, porozitás állapota szerint változik néhányszor száztól több ezer Ωm -ig, míg kristályos és magmás kőzeteknél a repedezettségtől függően néhány száz-ezer Ωm (DÖVÉNYI ÉS LIPOVICS, évszám nélkül). Az egyes kőzettípusokra és pórusfluidumra vonatkozó fajlagos ellenállás értékek az alábbi 1. és 2. táblázatban láthatók.

Kőzet	Fajlagos ellenállás [Ωm]	Kőzet	Fajlagos ellenállás [Ωm]	Kőzet	Fajlagos ellenállás [Ωm]
Kavics (száraz)	100-10000	Agyag	2-20	Gránit	200-10000
Homok (száraz)	50-1000	Agyagmárga, márga	5-50	Gneisz	200-10000
Kavics (víztelített)	50-1000	Mészkö, dolomit	100-5000	Diorit	500-10000
Homok (víztelített)	15-100	Homokkő, konglomerátum	100-2000	Bazalt	200-10000

1. táblázat. Egyes kőzettípusokra vonatkozó fajlagos ellenállás-értékek (DÖVÉNYI ÉS LIPOVICS, évszám nélkül).

Kőzet	Fajlagos ellenállás [Ωm]	Kőzet	Fajlagos ellenállás [Ωm]
gránit	200 – 10 000	kiszáradt kavics	100 – 10 000
bazalt	200 – 10 000	nedves kavics	50 – 1 000
andezit	200 – 10 000	száraz homok	50 – 1 000
gneisz	200 – 10 000	nedves homok	20 – 100
diorit	500 – 10 000	sós vízzel átitatott homok	1 – 5
gabbró	500 – 10 000	tömör homokkő	100 – 2 000
diabáz	500 – 10 000	mállott homokkő	5 – 50
agyag	2 – 20	tömör konglomerátum	100 – 2 000
márga	5 – 50	mállott konglomerátum	5 – 50

2. táblázat. Sziliciklasztos üledékekre vonatkozó fajlagos ellenállás-értékek a pórusfluidum függvényében (ERKEL ET AL. 1970).

5.2 Geofizikai mérések célja és kivitelezése

A területen a geofizikai mérések célja az volt, hogy a földtani felépítés ismeretében a pórusokat kitöltő víz összes oldott anyag tartalmára vonatkozóan információt szerezzünk, és így közvetetten a területen uralkodó áramlási rendszereket beazonosítsuk. A vizek kémiai jellege és a növényzet eloszlása közti kapcsolat vizsgálatával pedig a terület uralkodó áramlási rendszerei és a vegetációi közti kapcsolat feltárása volt a cél.

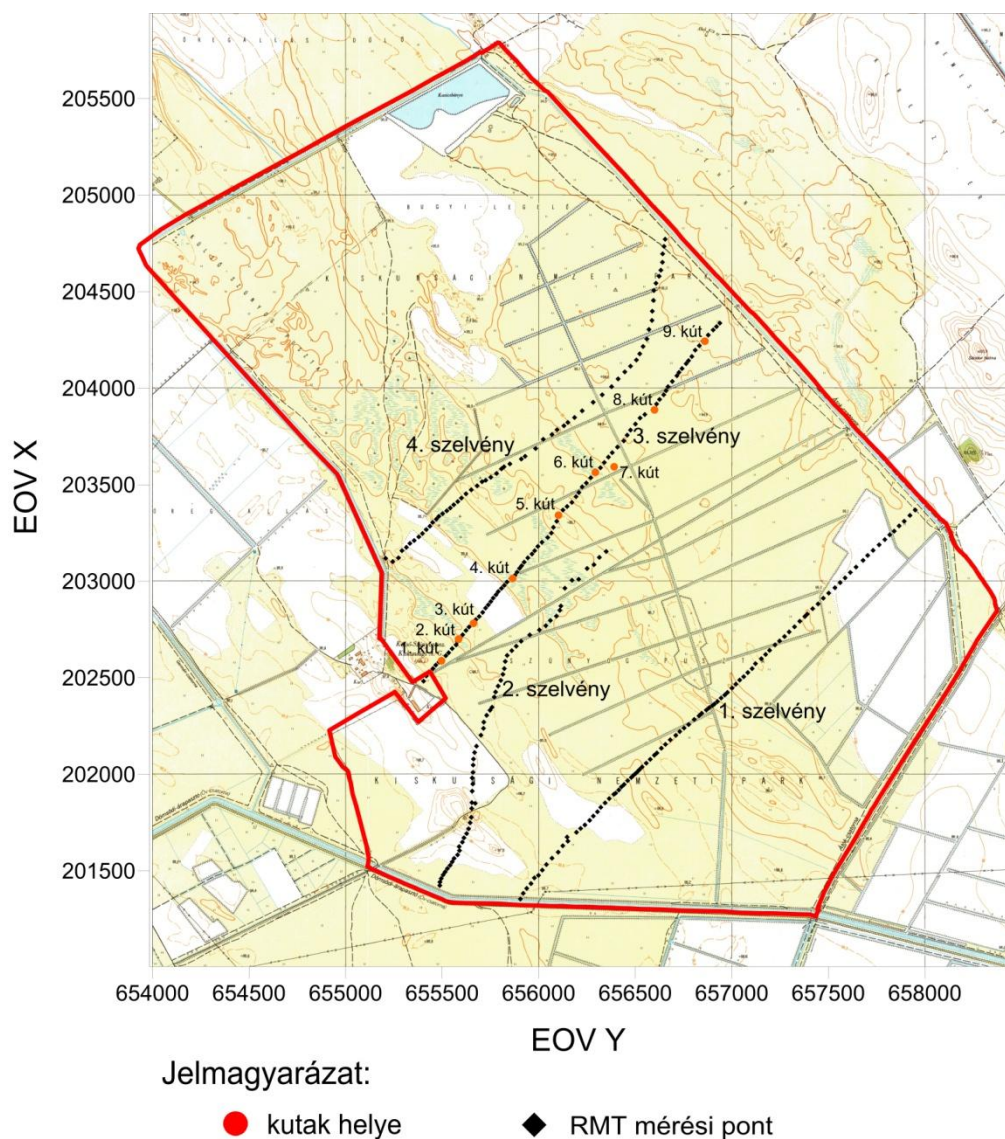
A felső-szűnyogpusztai területen a felszín alatti viszonyok feltérképezése érdekében a pontokat 4 darab, elvileg közel párhuzamos, ÉK-DNy-i irányú szelvények mentén vettük fel átlagosan 20-30 méteres közzel. Fő célunk volt, hogy a szelvények merőlegesen haladjanak a vegetáció ÉNy-DK-i irányú zónáira, ezzel mintegy metszetet kapva az egyes élőhely-típusok alatt található földtani közegről és a benne zajló hidrogeológiai folyamatokról. A mérés során felhasznált rádióadók iránya N 120-130°. Összesen 3 rádióadó frekvenciáján mértünk: 207 kHz-en, 77.5 kHz-en és 20.9 kHz-en, de előfordult, hogy a jobb vétel céljából a legalacsonyabb frekvencia 22,1 kHz-re módosult. Egy adott ponton (a koordináták mellett) három ellenállás és három fázis értéket jegyeztünk fel.

A mért eredmények kiértékelése során a mért ellenállás értékeket összevetettem a területen található képződmények várható ellenállás értékeivel, ha azokat „édesvíz” (300-400 mg/l TDS) töltene ki. Homogén földtani felépítés esetén az esetlegesen fellépő eltérések a pórusvíz összetételéből fakadnak.

Mivel a vizsgálati terület földtani felépítése homogén, a mérés során tapasztalt éles ellenálláskontraszt a víz oldott anyagtartalmát fogja tükrözni. Munkám során az volt a célom, hogy a rádió magnetotellurikus mérések segítségével az ellenállásban tapasztalt eltérések alapján feltárjam a felszín alatti víz kémiai jellegét és az eloszlásában tapasztalt különbséget. A geofizikai mérések eredménye az 1. mellékletben található.

5.3 Terepi mérések kutakban

A geofizikai mérések mellett a területen egy kereszt-szelvény mentén elhelyezkedő 9 sekély kútban vízszintet mértem, továbbá a kutakból vett mintákon terepi vízkémiai méréseket végeztem több időpontban. A kutak egy-egy adott jellemző élőhely-típus területén mélyültek abból a célból, hogy reprezentatív mintákat szolgáltatassanak a különböző növényzetű területek összehasonlításához, továbbá, hogy a felszín alatti víz jellegében, tulajdonságaiban jelentkező lokális eltérések vizsgálhatók legyenek.



18. ábra. Az RMT szelvények és a kutak elhelyezkedése.

A kutak az alábbi élőhely-típusú területen helyezkednek el: az 1. és az 5. kút szikes tavak mellett, szikes padkás területen, a 2. és 4. kút szikes réten, a 3., 6., 8. és 9. kutak szikes ürmöspusztán, a 7. kút pedig mocsaras, lápi élőhelyen helyezkedik el.

A mérés során először a vízszintet mértem meg, majd ezt követően a kútból vett mintán helyben vizsgáltam pH-t, hőmérsékletet, Cl-ion tartalmat és összes oldott anyagtartalmat. A pH-t és hőmérsékletet elektronikus pH- és hőmérsékletmérő műszerrel, a Cl ion tartalmat pedig tartalmát ionszelektív elektródák segítségével mértem.

Az összes oldott anyagtartalmat (TDS) a víz elektromos vezetőképessége alapján határoztam meg. Mivel a két érték egyenes arányban állnak egymással, a TDS-t az alábbi összefüggés alapján lehet kiszámolni:

$$TDS = A \cdot EC$$

ahol EC a víz elektromos vezetőképessége $\mu S/cm$ -ben, $25\text{ }^{\circ}C$ -ra átszámolva, A az adott környezetre vonatkozó konstans, átlagos értéke 0.75. A mérések során mért adatok a 2. mellékletben találhatók.

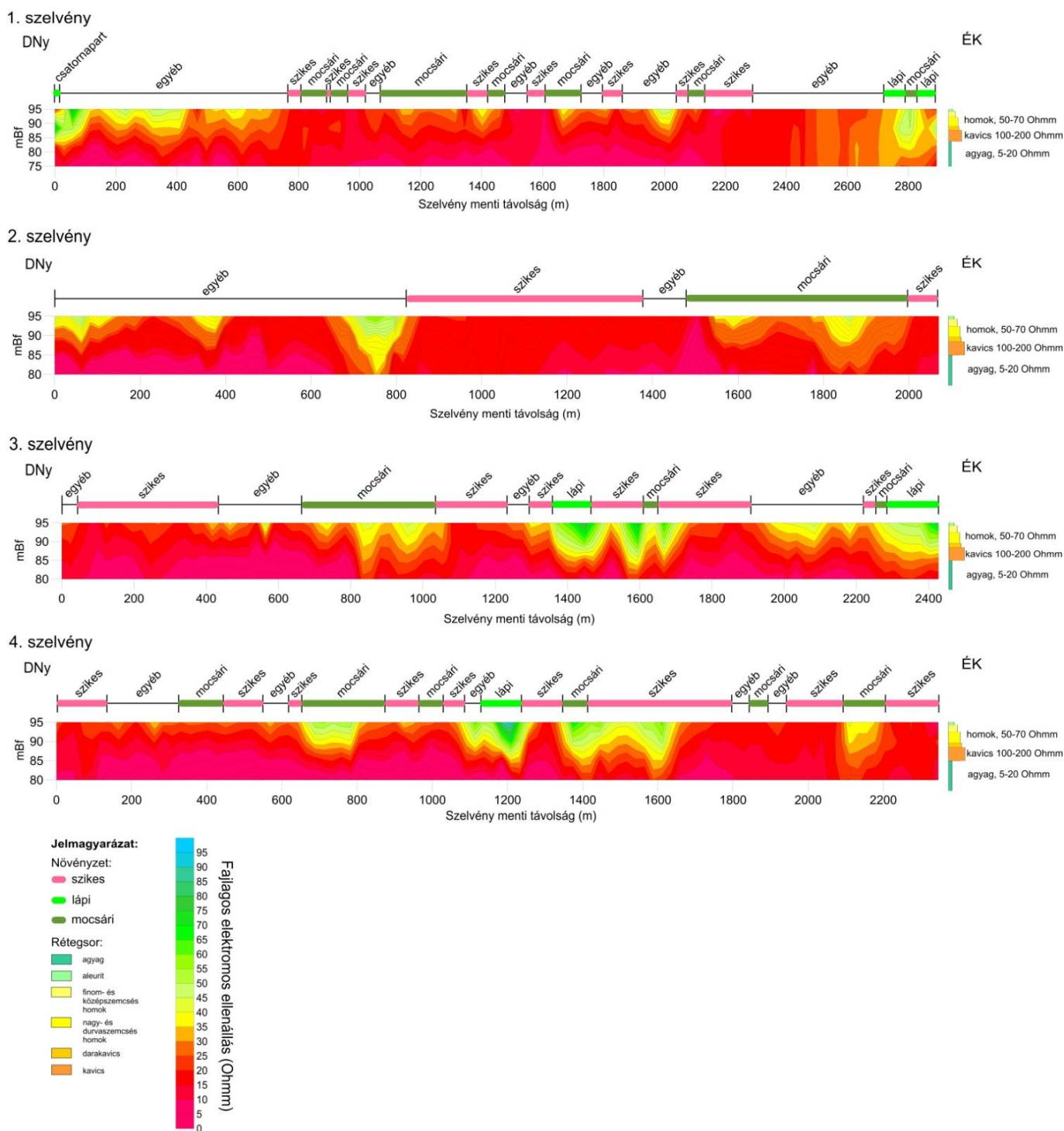
6. Felső-szűnyogpusztai mérések kiértékelése

6.1 Geofizikai mérések

A mért adatokat a feldolgozás során a FITVLF2 programmal értékeltem ki. A kiértékelést követően a program eredményeit felülvizsgáltam annak érdekében, hogy kiszűrjem a hibás adatokat, továbbá a közel azonos, pár Ωm különbségű rétegeket összevonjam.

A mérési adatok kiértékelése után az ellenállás értékeket mélységük szerint rendeztem, majd a Surfer 10 nevű program segítségével kriegeléssel interpoláltam az adatokat. Az interpolálás előtt a nagyon nagy ellenállású, de nagyon kis vastagságú rétegeket eltávolítottam az adatsorból, mert eltorzították az eredményt. A növényzettel történő összehasonlítás céljából feltüntettem a szelvények felett az élőhely-típusokat. A szelvények a 19. ábrán találhatók.

Az első és egyben leghosszabb szelvényben általánosan az alacsony 5-30 Ωm ellenállású tartományok dominálnak, melyet csak a felszín közelében szakít meg egy-egy relatíve nagy (60-80 Ωm) ellenállású zóna. A szelvény elején a 12 méter mélységig hatoló nagy ellenállású tartomány a csatornaparttól a jellegtelen karakterű vegetáción keresztül a szelvény elejétől 750 méterre megtalálható szikesig kisebb megszakításokkal folyamatosan vékonyodik és csökken. A szelvény közepén 2500 méterig a mocsári és szikes élőhelyek gyakran változnak, miközben a felszín közelében folyamatosan alacsony, 5-20 Ωm -es ellenállás tapasztalható, amit csak rövidebb időre szakít meg egy-egy nagyobb ellenállású rész. A nagyobb mélységtartományokban (15-25 méteres mélységben) a szelvény végét leszámítva, mindenhol kizárólag alacsony 5-15 Ωm -es ellenállás tartomány jelentkezik. 2500 métertől az egész szelvény vastagságában általánosan növekszik az ellenállás, amely a szelvény végén a lápi jellegű területen éri el a legnagyobb, 50-70 Ωm körüli értékét.



19. ábra. Az 1., 2., 3. és 4. RMT szelvény, a növényzettel és az elvi rétegoszloppal összehasonlítva.

A 2. szelvénynél az első szelvényhez képest még jobban dominál az 5-20 Ωm -es alacsony ellenállás. Az alacsony ellenállású zónán belül a felszín közelében itt nagyobb mélységű nagy ellenállású lencsék fordulnak elő, melyek például 780 méternél a szelvény aljáig leérnek. A szelvény elején az első 800 méteren 3 nagy ellenállású zóna váltakozik az alacsony ellenállású zónákkal jellegtelenszerű területen. A szelvény közepén a 820 méternél található éles

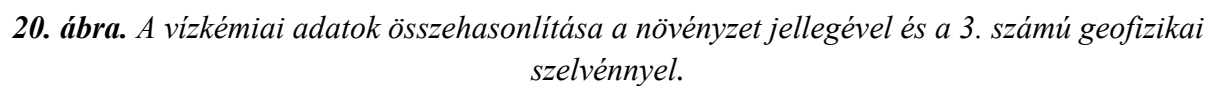
ellenállás-váltástól 1500 méterig a szikes jellegű területek alatt csak alacsony ellenállások jelennek meg a szelvény teljes vastagságában. 1500 métertől a mocsári jellegű terület alatt főleg a felszín közelében az ellenállás 45 Ωm -ig megnő, majd a szelvény végén a folyamatosan csökkenő ellenállás mellett visszatér a szikes jelleg.

A 3. szelvényben az alacsony ellenállás (5-25 Ωm) mellett megjelenő szikeseket nagy ellenállású helyek szakítják meg. A 800 és 1050 méter között található mocsári jellegű terület ellenállás alapján élesen elhatárolódik a szikestől csakúgy, mint 1350 méternél a lápi-átmeneti és a szikes élőhelyek között, ahol az ellenállás-kontraszt még nagyobb (20 és 85 Ωm). A lápi élőhely után következő szikesnél a nagy ellenállás rövid időre megszakad, majd újra visszatér. Ez a visszatérő nagy ellenállás azonban már szikes jellegű területek alatt jelentkezik. Körülbelül 1900 métertől az ellenállás ismét megnő a felszín közelében. A szelvény legvégén a szikes területen jelentkező alacsony ellenállás fokozatosan átmegy a legnagyobb ellenállás felé (60-65 Ωm), amely felett a szikes folyamatosan, de éles váltással megy át átmeneti, majd lápi növényzetbe.

A 4. szelvény mentén is a 3. szelvényhez hasonlóan a nagy ellenállású zónák az alacsony ellenállással éles kontrasztban jelennek meg. A 650-800 méter között található mocsári élőhely esetében 25-30 Ωm -es kontraszt jelenik meg, az 1100 és 1250 méter között jelentkező lápi jellegű terület és a környező szikesek között pedig 70 Ωm is előfordul. Még egy nagy (55-60 Ωm) ellenállású zóna jelentkezik 1350 és 1650 méter között egy kiterjedt szikes alatt. A szelvény vége felé még látható egy, a környezetéhez képest nagyobb ellenállású szakasz, mely felett mocsári karakterű növényzet található. Ezt leszámítva alapvetően az alacsony ellenállás uralkodik, a felszínen pedig szikes jelenik meg.

6.2 Vízkémiai mérések

A vízkémiai és vízszintmérések eredményét a 20. ábrán mutatom be. Az első grafikonon a vízszintek láthatók (20. ábra). A területen a talajvíztükör szintje viszonylag kiegyenlített, a felszín közelében található, 1-1,5 m mélységben. A mérések különböző évszakokat mutatnak, azonban jelentős eltérés az egyes kutak vízszintje között nem tapasztalható. Megfigyelhető egy trend, hogy a terület Ny-i felén lévő kutakban 1,2-1,4 m-el magasabban fekszik a vízszint, ez azonban annak is köszönhető, hogy a terület ezen része mélyebben fekszik.



A második grafikonon látható oldott anyag tartalom az első három kútban minden méréskor nagyon magas, 1400 mg/l feletti értéket ér el, de a különböző időpontokban, illetve azonos időpontban zajló mérés során a különböző kutakban rendkívül változékony (1497-6662 mg/l között). A 4. kútban a környezetéhez képest kisebb értékeket tapasztalunk. Az 5. kútban a mért érték ugyanolyan változékony és hasonló értékeket vesz fel, mint ahogyan az első három kút esetében láttuk (4615-1335 mg/l). A 6. kútban az oldott anyag tartalmában az előző kutakhoz képest jóval kisebb, 500 és 700 mg/l közötti értékeket tapasztalunk, kivéve a kék színnel jelzett első mérést, ami az utóbbi értékeket némileg meghaladja (1321 mg/l). A 7. kútban és a 8. kútban az oldott anyagtartalom ismét megnő 2000 mg/l körüli értékig.

A harmadik grafikonon ábrázolt pH az első három kútban hasonlóan alakult, 8,1 és 8,7 közötti értéket vett fel. A 4. kútban az érték 7,4-re csökken az előző három kúthoz képest, majd az 5. kútban ismét megemelkedik. A legalacsonyabb értékeket a 6. és a 7. kutakban éri el 7,2-7,9 értékkel. A 8. és 9. kútban a pH az előző két esethez képest megnő, 8,3-8,5 értéket vesz fel, az első három és az 5. kúthoz hasonlóan.

A negyedik grafikonon látható Cl^- tartalom mindkét mérés esetében eltérően alakul a különböző évszakban történt mérésnek megfelelően. Ennek ellenére kirajzolódik egy trend, miszerint a terület Ny-i felén magasabb értékek mérhetők a keleti területhez képest. Az első 3 kút esetében a Cl^- tartalom nagyon magas, 4000 és 305 mg/l között jelentkezik. Az 5. kútban mért értékek mindkét mérés esetében alacsonyabb az első három kútban tapasztaltnál. A 6. és 7. kútban éri el a legalacsonyabb értéket, itt mindössze 26, illetve 38 mg/l. Ezekhez képest a 81 mg/l kisebb kiugró értéket jelent a 7. kútban, de nagyságrendben így is elmarad az első kutaktól.

A vízszint változása független a kémiai paraméterek, azaz az oldott anyagtartalom és a pH változásától, lefutása az első kúttól nézve a szelvény mentén csökken. A kis különbségek szezonális hatásra vezethetők vissza.

A szelvény mentén a kutakat oldott anyagtartalom és pH szempontjából két csoportra lehet bontani: nagy oldott anyagtartalmú és általában 8 körüli vagy a feletti pH-jú, illetve alacsony oldott anyagtartalommal és 7-7,5 pH-val rendelkező kutakra. Az első csoportba az 1., 2., 3., 5. és 8. kutak, míg a másodikba a 4., a 6. és a 7. kút tartozik. A 9. kút oldott anyag tartalma hasonló a második csoportéhoz, azonban pH-ja alapján az első csoportba sorolható.

A Cl^- tartalom a vízszinthez hasonlóan az oldott anyag tartalomhoz és pH-hoz képest eltérően változik, mivel az értékek a 3. kúttól kezdve a 6. és 7. kútig fokozatosan csökkennek mindkét méréssorozatban.

A kutak adatait korrelálva a növényzettel és az RMT mérésekkel az látszik, hogy az első csoportba tartozó magas oldott anyagtartalmú kutak (1., 2., 3., 5. és 8. kút) szinte kivétel nélkül szikes jellegű, alacsony, 5-25 Ωm -es ellenállással jellemezhető területen találhatóak. A második csoportba sorolt alacsony sótartalmú 4. és 6. kút ezzel szemben a nagy, akár 65-70 Ωm -s ellenállással is jellemezhető lápi élőhelyen található. A szelvény alapján a szintén második csoportba tartozó alacsonyabb sótartalommal bíró 7. kút szikesben helyezkedik el, azonban tőle nem messze mindkét oldalról kiterjedt lápi és mocsári területek határolják (19 és 20. ábra). Az átmeneti kútként azonosított 9. kút lápi karakterű területen található, ahol az ellenállás 45-50 Ωm . A helyzete és az oldott anyag tartalma alapján a második csoportba sorolandó, azonban a magas pH értéke ennek ellentmond.

7. Értelmezés

7.1 Geofizikai szelvények értelmezése

Az értelmezés során először a földtani felépítéssel hasonlítottam össze a mért ellenállás értékeket, így a pórusfolyadék összetételére következtetem. Ezt követően a vízösszetételek alapján feltételezett áramlási rendszereket próbáltam meg beazonosítani a területen hidraulikailag meghatározott rendszerekkel. Ezt követően pedig megpróbáltam korrelálni a vizeket növényzet felszíni eloszlásával.

A terület felső 15-20 m-ében a kavics dominál, melynek ellenállása 100-200 Ωm lenne, ha azt 300-400 mg/l oldott anyagtartalmú víz tölti ki. A területen mindegyik szelvény esetében az alacsony, 5-30 Ωm -es ellenállás a meghatározó. Ezek az értékek viszont sehol nem érik el a várt 100-200 Ωm -t, ami azt mutatja számunkra, hogy a területen a litológiától függetlenül a felső 30 méterben sós víz van jelen. A terület felső 5-10 méterében azonban az alacsonyabb ellenállások magasabb, 45-90 Ωm -es ellenállású zónákkal váltakoznak. Ezek értékei továbbra sem érik el a kavics ellenállását, azonban mindenképpen kisebb TDS tartalmú vizet jeleznek. Az ellenállás szelvényeket összehasonlítva az elvi rétegsorral jól látszik, hogy a szelvények alján tapasztalt homogén alacsony ellenállás egybeesik az agyaggal, amelynek fajlagos ellenállása nem nagy (2-20 Ωm). E szerint az agyagban már nem különíthető el a víz kémiai jellegének és a litológiának a hatása. Emellett azt is jelzi, hogy a nagy ellenállású zónák főleg a pleisztocén kavics- és holocén homokrétegekben jelentkeznek.

A nagy fajlagos ellenállású lápi és átmeneti területeket mindkét oldalról alacsony ellenállású szikesek határolják, sőt, a szelvényekben többnyire alattuk is megjelenik az alacsony ellenállású

zóna. Ez alapján úgy tűnik, hogy a nagy ellenállással jellemzett édesvízű zónák lencséként ülnek a nagy sótartalmú vízen.

Általánosan tehát megállapítható, hogy a területen a magas oldott anyagtartalmú vizek jellemzőek, amin a nagy ellenállású édesvíz lencsék ülnek. A növényzettel egyeztetve kiderül, hogy ezek a lencsék a felső-szűnyogpusztai területen ÉNy-DK irányban végighúzódó mocsaras és lápi élőhelyekkel viszonylagosan jó korrelációt mutatnak. Jól látszik továbbá a szelvényeken, hogy a legalacsonyabb ellenállású részek az első és második szelvény közepén, illetve a harmadik és negyedik szelvény elején az ősi szikesekhez kapcsolódnak. A tipikus lápi növényzet legtöbbször az édesvíz lencsék mentén jelenik meg, azonban néhol az édesvízi jellegű zónák alatt nem látható észrevehető anomália. A terület K-i felén, a másodlagos szikesek zónájában gyakorta nagyobb ellenállás felett találhatóak szikes élőhelyek. Ez arra utal, hogy a területen a szikesedés utólagos emberi beavatkozás következménye lehet.

7.2 Vízkémiai adatok értelmezése

A területen a vízszintek felszín közeli helyzete és viszonylagosan kiegyenlített szintje egyértelműen a terület kiáramlási jellegére utal.

A kutak, a növényzet és a geofizika összehasonlítása alapján a magas oldott anyagtartalmú, 8 körüli vagy a feletti pH-jú kutak az alacsony 5-30 Ωm -es ellenálláshoz és a szikes jellegű területekhez kapcsolódnak. Mindez azt jelenti, hogy a szikesek alatt a felszín alatti tér pórusait nagy sótartalmú víz tölti ki. Ezzel szemben az alacsony oldott anyagtartalmú, de nagy fajlagos ellenállású zónában a 4. és a 6. kút a lápi területen található, vagyis a lápi növényzet alatt a pórusteret inkább édesvíz tölti ki. A nagy fajlagos ellenállású lápi zónát mindkét oldalról alacsony ellenállású szikes határolja, továbbá az RMT szelvény szerint az édesvíz alatt is megjelenik az alacsony ellenállású zóna. Ez alapján úgy tűnik, hogy az édesvíz lencseként rajta ül a nagy sótartalmú vízen, amit a vízkémiai adatok is alátámasztanak.

A 7. kút szikes területen helyezkedik el, azonban az ellenállások és az oldott anyagtartalom alapján édesvíz is jelen van, ezt a változó só-koncentráció is mutatja. Valószínűleg a víz oldott anyag tartalmára hatással van a közelében található lápi és mocsári karakterű területek édesvize, azonban a gyakran változó sótartalmat főleg csak a sótűrő növények viselik el. A 9. kút helyzete nagyon érdekes, mivel lápi környezetben mélyült, de a pH alapján nagyobb sótartalmú víznek kell megjelennie, mint a többi kút esetében is. A két kútban tapasztalt átmenetet jelző vízkémiai

paraméterek utalhatnak arra, hogy a terület korábban lápi jellegű volt, de mára már másodlagos szikessé vált.

Összességében elmondható, hogy a területen Ny-K felé csökkenő TDS és Cl^- tartalommal jellemezhető víz jelenik meg. A 6-os kúttal jelzett lápi növénytársulásnál mérhetőek a szinte édesvizet jelző alacsony TDS értékek, majd innen egy kismértékű növekedés figyelhető meg ismét. A Cl^- tartalom azért kiemelt jelentőségű paraméter, mert az a mélyből induló áramlás természetes nyomjelzője. Eloszlása alapján valószínűsíthető, hogy a terület alatt mindenhol ez az aljzatból feláramló víz tölti ki a pórusokat. A szelvény Ny-i felén ez víz a felszín közelébe jut, míg K felé a sekély mélységben a szerepe csökken. Ennek megfelelően a terület K-i felén már a gravitációs rendszer szerepe sem zárható ki, feltehetően a két rendszer keveredése tapasztalható. A jellegzetes lápi növényzet és a vele korreláló kiugróan alacsony TDS és Cl értékek lokális édesvízlencsét jelezhetnek a terület K-i felén a már említett sekélyebb gravitációs áramlások jelenléte mellett.

7.3 Következtetések

Az RMT szelvények és a vízkémia alapján a terület DNy-i, ősi szikes élőhelyét alacsony fajlagos ellenállás, magas oldott anyagtartalom, 8 feletti pH, továbbá nagyon magas Cl^- tartalom jellemzi. Kuti et al. (1986) 13. ábrán látható, Na^+ és Cl^- ionok eloszlását mutató térképén pont erre a helyre esik a legmagasabb ionkoncentráció. Mindezek alapján feltételezhetjük, hogy a terület DNy-i felén a nagy mélységből származó magas sótartalmú vizek a felszín közelébe érnek.

A lápi, mocsári és átmeneti területek alatt általában nagyobb ellenállás-értékekkel találkozhatunk. A lápi és mocsári környezetre jellemző alacsony oldott anyagtartalom és Cl^- tartalom, továbbá a 8 alatti pH az édesvíz jelenlétét jelzi. Az édesvíz lensék megmaradásának oka litológiai eredetű lehet, például agyagos lensék akadályozzák az édesvíz keveredését a lensék alatt a sós vízzel. Az édesvíz lensék valószínűleg meteorikus eredetűek.

Az édesvízi jellegű részek között alacsony ellenállású szakaszok húzódnak, melyekhez rendszerint szikes élőhelyek kapcsolódnak. Az 5., 7. és 8. kút vizén végzett vízkémiai mérések szerint itt is az édesvíznél nagyobb sótartalmú vizek találhatók, azonban a Cl^- tartalom messze elmarad a terület DNy-i felén tapasztalt értékektől. Ez azt jelezheti számunkra, hogy a víz a feláramló nagy sótartalmú mélységi vizek és a gravitációsan hajtott áramlás édesvizének keveredéseként jöhetett létre.

A fokozatos keveredés a vízkémiai paraméterek változásában is követhető. Bár a legtöbb szelvényen az alsó, mélyebb térrészekben rendre alacsonyabb ellenállást tapasztalunk, a Cl^- tartalom fokozatos csökkenése a keveredés mértékének növekedését jelezheti.

Mint már korábban írtam, a területet intenzív földhasználat és csatornaépítés zajlott és ezek hatása ma is érezhető. Eredeti, természetes állapotában valószínűleg egymás mellett csapolódhatott meg a mélységi és a gravitáció vezérelt áramlási rendszer viszonylagosan éles átmenettel, ezt tükrözi a terület nyugati felén húzódó szikes zóna hirtelen átváltása lápi környezetbe a terület középső zónájában. Ezt a vegetáció térképe is jól tükrözi (15. ábra). Feltehetően egykor a terület teljes K-i felét lápi növényzet uralta, azonban a terület vízháztartása és a természetes növényzet a 20. században a meggondolatlan földhasználat és a csatornaépítések hatására megváltozott, utólagosan elszikesedett. A területtől K-re fekvő Duna-völgyi főcsatornát a 20. század első felében azért építették, hogy lecsapolja a Duna völgyében található mocsárvilágot. Lehetséges azonban, hogy a főcsatorna megzavarja a felszín közelében a vízháztartást oly módon, hogy megakadályozza a gravitációs áramlással K felől érkező édesvíz továbbhaladását nyugati irányba. Ennek hatására a sós vízen ülő édesvíz utánpótlás híján felszabdaldódott kisebb lencsékre. A helyzetet tovább rontotta, hogy az intenzív mezőgazdasági műveléssel felforgatták a talajt, jelentősen növelve a sós víz bepárlódását. A folyamat ma is látható következménye a magas sótartalommal és alacsony ellenállással járó másodlagos szikesedés.

8. Összefoglalás

A vizes élőhelyek és a felszín alatti víz között szoros kapcsolat van, sikeres megőrzésükhöz szükség van a felszín alatti víz áramlási rendszereinek ismeretére is.

A Duna-Tisza közén két jellegzetes vizes élőhely fordul elő, a szikes és a lápi-mocsári növényzet. Számos kutatás rámutatott arra, hogy itt a vízhez kapcsolódó vegetáció és a regionális vízáramlási rendszerek között kapcsolat van: a területen jellemző két áramlási rendszer, a felfelé haladó, nagy sótartalmú túlnyomásos rendszer és egy rajta ülő gravitáció által vezérelt áramlási rendszer megcsapolódási területei egybeesnek a szikes és a lápi növényzet elterjedésével. Emellett korábbi lokális vizsgálatokból kiderült, hogy a szikesedést kiváltó sós víz a hidraulikusan vezető vetőkön és nagy permeabilitású lencséken keresztül felszín közelbe jutó, felfelé áramló túlnyomásos rendszerből származik (MÁDLNÉ SZÖNYI ÉS TÓTH 2005, MÁDLNÉ SZÖNYI ÉS TÓTH 2009, SIMON ET AL. 2011).

A felszín alatti víz és a növényzet pontos kapcsolata, továbbá a két áramlási rendszer közötti viszony még nem ismert teljesen. A kettő közötti kapcsolat megismerése céljából lokális léptékben végeztem vizsgálatokat BIRÓ (2012) nyomán a Duna völgyében található Felső-Szúnyogpusztán, ahol a szikes és lápi vegetáció mozaikosan helyezkedik el ÉNy-DK-i irányítottsággal, és emellett éles átmenet is tapasztalható közöttük (Biró 2011).

Vizsgálati módszerként rádió-magnetotellurikus méréseket folytattam több szelvény mentén a vegetáció sávos elrendeződésére merőlegesen, átlagosan ÉK-DNy-i irányban. Továbbá terepi vízkémiai méréseket végeztem a területen található sekély kutak vízmintáin, ugyanilyen irányú szelvény mentén.

Az eredmények alapján látszik, hogy a víz kémiai jellegében egy Ny-K-i irányú átmenet figyelhető meg. A terület Ny-i felén egyértelműen nagy oldott anyagtartalmú, 8 feletti pH-jú vizek jelennek meg nagy Cl^- tartalommal, ami a víz mélységi eredetét bizonyítja. A területen K felé haladva az oldott anyag tartalom és Cl^- tartalom fokozatos csökkenést mutat, mely a hidraulikailag kimutatott gravitációs és mélységi sós víz keveredésére utalhat. Az átmenetet lokális édesvízlencsék szakítják meg a terület egészére jellemzően.

A növényzet elterjedése olyan módon korrelál ezzel a kémiai jelleggel, hogy a Ny-i oldalon a nagy Cl^- és oldott anyagtartalmú, 8 feletti pH-jú vizekhez egyértelműen az eredeti, ősi szikesek területe kötődik. A lápi és mocsári jellegű élőhelyek az édesvízzel állnak kapcsolatban, ezt alátámasztja az alacsony oldott anyag tartalom és a nagy fajlagos ellenállás-értékek is. A lápi

növényzet megjelenése a szelvény Ny-i és középső részén lokális édesvízlencsékhez köthető, míg a terület K-i felén már a gravitációs rendszer által befolyásoltak lehetnek. A vizsgálat során továbbá az is kiderült, hogy K felé haladva a területen, a már nem ősi szikeshez tartozó, édesvízi zónák között található másodlagos szikesek magas oldott anyagtartalommal, de alacsony Cl^- ion koncentrációval rendelkeznek, vagyis a gravitációs áramlással érkező édesvíz és a nagy sótartalmú víz keveredésének eredményei lehetnek. Feltételezésem szerint a 20. századi antropogén beavatkozás hatására a nagy sótartalmú vízen elterülő vékony édesvíz felszabdaldódott, ezáltal nagyobb só koncentrációjú víz került a felszín közelébe és ez szikesedéshez vezetett.

Mivel a szikes területek komoly biodiverzitás-megőrző szereppel rendelkeznek, különösen fontos a kialakulásuk, elterjedésük pontosabb megértése. A szűnyogpusztai terület kiváló kutatóterület a sós és az édesvíz felszín közeli kapcsolatának megismerésére, remélhetőleg további kutatások erről a területről még több ismerettel fognak szolgálni.

9. Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani mindazoknak, akik segítettek abban, hogy ez a dolgozat megvalósuljon.

Elsősorban legnagyobb köszönet illeti témavezetőmet, DR. SIMON SZILVIÁT (egyetemi tanársegéd, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék), aki segített nekem a témaválasztásban, biztosította a terepi mérési lehetőségeket műszerrel és tanácsokkal, a dolgozat megírásához fontos útmutatást, jó tanácsokat adott.

Köszönetet szeretnék mondani DR. BIRÓ MARIANNÁNAK (tudományos munkatárs, MTA Ökológiai Kutatóközpont Ökológiai és Botanikai Intézet) a terület élőhelytérképnek rendelkezésemre bocsátásáért és az élőhelytípusok kapcsán adott útmutatásáért és hasznos tanácsaiért.

Köszönettel tartozom TÓTH ÁDÁMNAK (doktorandusz, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék), aki útmutatást adott a geofizikai módszerrel kapcsolatban, továbbá sok hasznos tanáccsal látott el a kiértékelés során.

Köszönet jár DR. MÜLLER IMRE professzor úrnak (címzetes egyetemi tanár, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék), aki számos hasznos gyakorlati tanácsot adott a geofizikai módszerrel kapcsolatban.

Végezetül szeretném megköszönni a 2013 őszi hidrogeológiai térképezési terepgyakorlat résztvevőinek, hogy méréseikkel segítették a munkámat.

A kutatás a TÁMOP-4.2.4.A/2-11/1-2012-0001, Nemzeti Kiválóság Program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt (A2-MZPD-13-0282) az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg, Simon Szilvia Magyary Zoltán posztdoktori ösztöndíjas kutatásának keretében.

Ábrajegyzék

1. ábra. *Vizes élőhelyek és a különböző rendű áramlási rendszerek kapcsolata (BROWN ET AL. 2007 nyomán).*

2. ábra. *A Duna-Tisza közének vizes élőhelyei BIRÓ ET AL. (2003) nyomán. Szikes élőhelyek lila, lápi élőhelyek zölddel jelölve.*

3. ábra. *A Duna-Tisza köze áramlási rendszereinek általános képe (MÁDLNÉ SZÖNYI ÉS TÓTH 2009).*

4. ábra. *A Duna-Tisza köze vegetációjára jellemző zónásság. 1. homoki; 2. lápi, mocsári; 3. szikes; 4. folyóvízi vegetáció (BIRÓ ET AL. 2007).*

5. ábra. *Az összes oldott sótartalom a vizsgált területeken (MÁDLNÉ SZÖNYI ÉS TÓTH 2009 és KUTI ET AL. 1986 nyomán).*

6. ábra. *A felső-szúnyogpusztai terület hidraulikája regionális, Ny-K-i szelvény mentén (BIRÓ 2012 nyomán).*

7. ábra. *A regionális hidraulika és vízkémia ugyanazon szelvény mentén (BIRÓ 2012).*

8. ábra. *Felső-Szúnyogpuszta elhelyezkedése. BIRÓ (2012) által regionális léptékben hidraulikai szempontból vizsgált terület (BIRÓ 2012).*

9. ábra. *A felső-szúnyogpusztai vizsgálati terület térképe a területen fúrt kutakkal.*

10. ábra. *Szúnyogpuszta elvi rétegsora.*

11. ábra. *A bányászott kavicsréteg vastagsága a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal adatai alapján (www.mbfh.hu). Piros kerettel jelölve a vizsgálati terület.*

12. ábra. *A fúrások rétegsora szelvény mentén.*

13. ábra. *A talajvízszint mélysége a felszín alatt a dabasi térségben. Felső-Szúnyogpuszta piros kerettel jelölve (KUTI ET AL. 1986 nyomán).*

14. ábra. *A dabasi térség talajvizének Na és Cl ion tartalma. Felső-Szúnyogpuszta piros kerettel jelölve (KUTI ET AL. 1986 nyomán).*

15. ábra. *Felső-Szúnyogpuszta élőhely-térképe (BIRÓ 2011).*

16. ábra. A VLF-R és RMT mérésének elve. A $d_s(f)$ az f frekvenciájú hullámhoz tartozó behatolási mélységet jelöli (BOSCH 2002 nyomán).

17. ábra. Az RMT műszer (fotó: Tóth Á.)

18. ábra. Az RMT szelvények és a kutak elhelyezkedése.

19. ábra. Az 1., 2., 3. és 4. RMT szelvény, a növényzettel és az elvi rétegoszloppal összehasonlítva.

20. ábra. A vízkémiai adatok összehasonlítása a növényzet jellegével és a 3. számú geofizikai szelvénnel.

Táblázatjegyzék

1. táblázat. Egyes kőzettípusokra vonatkozó fajlagos ellenállás-értékek (DÖVÉNYI ÉS LIPOVICS, nincs évszám).

2. táblázat. Sziliciklasztos üledékekre vonatkozó fajlagos ellenállás-értékek a pórusfluidum függvényében (ERKEL ET AL. 1970).

Irodalomjegyzék

- BERTRAND, G., GOLDSCHIEDER, N., GOBAT, J. M. & HUNKELER, D. 2012: Review: From multi-scale conceptualization to a classification system for inland groundwater-dependent ecosystems. *Hydrogeology Journal*, 20: 5–25
- BIRÓ M., MOLNÁR ZS., HORVÁTH F., RÉVÉSZ A. 2003: A Duna–Tisza köze aktuális élőhelytérképe. (Actual vegetation map of the Duna–Tisza köze, Hungary. Scale: 1: 400,000). – In: Molnár, Zs. (ed.): A Kiskunság száraz homoki növényzete. TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest, p. 36.
- BIRÓ M., RÉVÉSZ Z., MOLNÁR ZS. & HORVÁTH F. 2007: Regional habitat pattern of the Danube–Tisza Interfluvium in Hungary. *Acta Botanica Hungarica*, 49(3-4), pp. 267-303.
- BIRÓ M. 2011: Felső-Szűnyogpuszta élőhely-térképezése, valamint a növényzet és a vízviszonyok történeti jellemzése. Kutatási jelentés a Kiskunsági Nemzeti Park részére, Vácrátót, p. 106.
- BIRÓ A. CS. 2012: A felszín alatti vizek élőhelyekre gyakorolt hatása a Duna-Tisza köze északi részén, Felső-Szűnyog pusztán. Diplomamunka, Eötvös Loránd Tudományi Egyetem, Budapest.
- BOSCH, F. P. 2002: Shallow depth karst structure imaging with the Very Low Frequency-Electromagnetics-GRADIENT method (VLF-EM-GRAD): A new geophysical contribution to aquifer protection strategies compared with other near-surface mapping geophysics. PhD thesis, University of Neuchâtel, Switzerland, 131 p.
- BROWN, J., BACH, L., ALDOUS, A., & WYERS, A. 2007: Overcoming data shortfalls to locate groundwater dependent ecosystems and assess threats to groundwater quantity and quality. In: Ribiero L, Chambel A, and Condesso de Melo MT (eds) Proceedings of the XXXV. IAH Congress “Groundwater and Ecosystems”, Lisbon, 17-21 September 2007. Paper 461.
- CARVALHO DILL, A., TURBERG, P., MÜLLER I. & PARRIAUX, A. 2009: The combined use of radio-frequency electromagnetics (RF-EM) and radiomagnetotellurics (RMT) methods in non ideal field conditions for delineating hydrogeological boundaries and for environmental problems. *Environmental Geology* 56/6, pp. 1071–1091.

- CSONTOS L. & NAGYMAROSY A. 1998: The Mid-Hungarian Line: a zone of repeated tectonic inversions. *Tectonophysics*, 297, pp. 51-71.
- DÖVÉNYI P. & LIPOVICS T. évszám nélkül: Geofizikai terepgyakorlat. Oktatási segédanyag, ELTE.
- ERKEL A., SALÁT P. & SZABADVÁRY L. 1970: Geoelektromos módszerek. Geofizikai kutatási módszerek III, Felszíni geofizika, pp. 154-283.
- FISCHER, G., SCHNEGG, P. A., PEGUIRON, M. & LEQUANG, B. V. 1981: An analytic one-dimensional magnetotelluric inversion scheme. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society* 67, pp. 257-278.
- GOSSELIN D. C. & KHISTY, M. J. 2001: Simulating the influence of two shallow, flow-through lakes on a groundwater system: implications for groundwater mounds and hinge lines. *Hydrogeology Journal*, 9(5): 476-486.
- KUTI, L. & KÖRÖSSY, L. 1986: Az alföld földtani atlasza, Dabas. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- LORBERERNÉ SZENTESI I. & LORBERER Á. 1974: A mélyszerkezet és a felszín alatti vízkészletek összefüggéseinek vizsgálata a Duna-Tisza közének északi részén. *Általános Földtani Szemle*, 7, pp. 1-39
- MÁDLNÉ SZÖNYI, SIMON SZ., TÓTH J., POGÁCSÁS GY. 2005: Felszíni és felszín alatti vizek kapcsolata a Duna-Tisza közti Kelemen-szék és a Kolon-tó esetében. *Általános Földtani Szemle*, 30, pp. 93-110.
- MÁDLNÉ SZÖNYI J. & TÓTH J. 2009: A hydrogeological type section for the Duna-Tisza Interfluve, Hungary. *Hydrogeology Journal*, 17, pp. 961-80.
- MOESZ G. 1940: A Kiskunság és a Jászság szikes területeinek növényzete. *Acta Geobot. Hung.* 3: 100-115.
- MOLNÁR B. 1973: Az Alföld harmadidőszak-végi és negyedkori feltöltődési ciklusai. *Földtani Közlöny*, 103, 294-310.
- OSKOOI, B. & PEDERSEN, L.B. 2005: Comparison between VLF and RMT methods. A combined tool for mapping conductivity changes in the sedimentary cover. *Journal of Applied Geophysics* 57, pp. 227-241.

- SIMON SZ., MÁDLNÉ SZŐNYI J., MÜLLER I. & POGÁCSÁS GY. 2011: Conceptual model for surface salinization in an overpressured and superimposed gravity flow field, Lake Kelemenszék Area, Hungary. *Hydrogeology Journal*, 19, pp. 701-17
- TAKÁCS E. 1971: Tapasztalatok a radiokip módszer alkalmazásában. *Magyar Geofizika* 12/4, pp. 148-160.
- TEZKAN, B. 2009: Radiomagnetotellurics. – In: KIRSCH, R. (szerk.): *Groundwater geophysics. A tool for hydrogeology*. Second edition. Springer, Berlin. pp. 295-317.
- THIERRIN, J. & MÜLLER I. 1988: La Méthode RMT-Résistivité Multifréquence, Un Exemple d'Exploration Hydrogéologique dans un Synclinal Crétacé à la Brévine. *Annales Scientif. de l'Université de Besançon*, 4em Coll. Hydrol. en Pays Calcaire et en Milieu Fissuré, Besançon, 1988. 09. 29 – 10. 01., pp. 17-24.
- TÓTH K. 1979: *Nemzeti Park a Kiskunságban*. Natura Kiadó, Budapest, pp. 25-29
- TÓTH J. & ALMÁSI I. 2001: Interpretation of observed fluid potential patterns in a deep sedimentary basin under tectonic compression: Hungarian Great Plain, Pannonian Basin. *Geofluids*, 1, pp. 11-36.
- TÓTH Á., HAVRIL T., MÁDLNÉ SZŐNYI J., MÜLLER I. 2012: Hidrogeológiai célú geofizikai térképezés egy tihanyi maar-tó környezetében. *Magyar Geofizika* 53/2, pp. 120-130.
- TURBERG, P., MÜLLER I. & FLURY, F. 1994: Hydrogeological investigation of porous environments by radiomagnetotelluric-resistivity (RMT-R, 12–240 kHz). *Journal of Applied Geophysics* 31, pp. 133–143.
- WINTER, T. C. 1999: Relation of streams, lakes, and wetlands to groundwater flow systems. *Hydrogeology Journal*, 7: 28-45.

Mellékletek

1. melléklet

1. szelvény mérési adatai, 2013.11.09

Mérés pont száma	EOV X	EOV Y	207 kHz		77.5 kHz		22.1 kHz	
			Rho	Fi	Rho	Fi	Rho	Fi
1	201354	655905	68	36	57	54	28	62
2	201384	655920	56	37	54	52	38	60
3	201409	655938	93	52	61	60	34	63
4	201434	655960	47	42	42	55	24	60
5	201464	655978	36	30	27	40	18	60
6	201477	655999	33	45	31	52	23	58
7	201504	656019	37	45	35	50	29	54
8	201533	656040	42	47	35	55	25	57
9	201566	656069	32	45	27	50	22	55
10	201597	656101	49	50	42	53	27	55
11	201630	656125	45	50	34	52	33	50
12	201654	656151	54	50	45	52	33	56
13	201675	656147	39	45	41	50	32	55
14	201700	656196	20	40	25	43	23	50
15	201720	656217	33	46	30	47	27	53
16	201738	656239	34	46	31	50	26	54
17	201762	656264	34	46	30	51	24	54
18	201784	656283	34	47	33	49	27	52
19	201806	656304	29	45	31	46	26	53
20	201829	656322	30	44	31	48	28	52
21	201852	656344	32	45	28	49	24	51
22	201874	656365	28	45	27	47	25	50
23	201897	656389	22	45	22	45	21	49
24	201902	656398	20	45	20	45	20	49
25	201919	656415	16	44	18	43	19	47
26	201935	656429	16	44	16	43	16	46
27	201948	656443	15	40	17	40	19	45
28	201967	656461	16	41	18	41	19	46
29	201984	656480	15	38	18	42	17	47
30	201995	656491	25	40	27	44	25	49
31	202005	656503	23	39	27	43	25	48
32	202011	656509	17	43	18	45	17	50
33	202024	656522	27	40	29	45	25	50
34	202038	656536	19	42	19	45	16	49
35	202058	656557	15	37	18	42	17	46
36	202078	656578	21	44	21	47	18	50

Mérés pont száma	EOV X	EOV Y	207 kHz		77.5 kHz		22.1 kHz	
			Rho	Fi	Rho	Fi	Rho	Fi
37	202099	656599	27	47	25	48	20	52
38	202111	656612	24	43	25	45	23	50
39	202135	656635	19	45	19	45	17	49
40	202155	656657	22	45	22	47	19	49
41	202179	656681	22	47	21	47	19	49
42	202202	656710	28	50	27	50	23	49
43	202222	656731	25	47	23	48	19	50
44	202240	656753	26	45	26	47	20	51
45	202258	656777	26	44	24	47	20	51
46	202284	656806	28	44	27	47	23	51
47	202303	656830	21	41	23	45	20	50
48	202316	656844	27	44	25	47	21	52
49	202333	656868	44	50	39	53	26	58
50	202345	656883	46	49	40	52	26	60
51	202357	656900	26	45	27	48	22	54
52	202364	656910	16	38	19	41	19	48
53	202377	656926	25	45	24	46	21	50
54	202395	656945	16	40	18	42	17	47
55	202411	656964	10	38	13	40	14	46
56	202424	656978	10	39	12	40	13	45
57	202447	657002	14	45	15	44	15	46
58	202467	657021	8	40	9	40	10	41
59	202488	657041	9	42	10	40	11	44
60	202506	657062	24	52	20	49	18	49
61	202527	657083	29	55	22	53	18	53
62	202548	657105	26	54	21	52	17	50
63	202573	657123	23	53	19	52	16	50
64	202599	657153	24	53	19	51	16	52
65	202621	657175	22	50	20	49	18	49
66	202642	657196	16	47	15	47	14	47
67	202670	657224	24	51	19	49	17	50
68	202691	657248	29	54	22	50	20	50
69	202714	657273	26	51	21	51	19	50
70	202738	657297	37	55	28	55	22	52
71	202764	657325	33	55	26	52	22	50
72	202793	657352	13	47	12	45	13	45
73	202818	657379	21	49	17	49	15	47
74	202830	657391	22	47	19	48	18	45
75	202858	657419	11	41	11	39	13	40
76	202883	657447	11	40	12	39	14	40
77	202912	657474	14	43	15	42	17	44

Mérés pont száma	EOV X	EOV Y	207 kHz		77.5 kHz		22.1 kHz	
			Rho	Fi	Rho	Fi	Rho	Fi
78	202939	657502	15	43	16	44	17	44
79	202967	657534	17	44	17	44	18	45
80	202993	657561	16	45	17	44	20	43
81	203018	657587	15	43	16	43	17	43
82	203046	657614	20	44	21	44	22	45
83	203074	657644	19	45	19	44	19	45
84	203108	657680	27	45	29	45	30	47
85	203134	657704	26	42	27	44	28	45
86	203160	657732	28	43	29	45	28	47
87	203189	657763	27	41	29	40	31	47
88	203216	657793	26	41	27	41	28	46
89	203241	657818	31	44	32	45	32	49
90	203260	657841	37	44	36	45	38	50
91	203287	657867	46	43	48	45	44	50
92	203311	657893	60	46	60	47	48	54
93	203341	657923	50	39	56	45	46	53
94	203369	657950	44	40	50	45	39	54

2. szelvény mérési adatai, 2013.09.16

Mérés pont száma	EOV X	EOV Y	207 kHz		77.5 kHz		22.1 kHz	
			Rho	Fi	Rho	Fi	Rho	Fi
1	201424	655488	36	50	30	55	12	51
2	201442	655489	33	50	29	54	7	51
3	201460	655495	44	56	28	57	9	53
4	201479	655505	42	54	32	55	25	52
5	201495	655516	30	51	26	51	10	50
6	201512	655527	36	52	29	55	11	52
7	201529	655541	32	50	25	56	11	51
8	201547	655552	30	48	27	52	15	55
9	201565	655562	25	46	23	50	12	53
10	201583	655580	24	47	21	51	12	51
11	201605	655590	21	47	17	49	13	50
12	201626	655588	20	47	18	50	12	48
13	201649	655605	22	46	21	48	6	50
14	201671	655613	22	47	20	49	16	51
15	201693	655627	25	51	22	52	15	51
16	201718	655637	34	57	26	56	13	54
17	201749	655645	45	57	34	56	16	55
18	201777	655651	23	52	20	50	12	55
19	201823	655653	12	44	13	43	12	50

Mérés pont száma	EOV X	EOV Y	207 kHz		77.5 kHz		22.1 kHz	
			Rho	Fi	Rho	Fi	Rho	Fi
20	201854	655654	11	44	11	44	8	52
21	201850	655671	20	48	16	46	10	44
22	201913	655656	16	51	14	47	10	42
23	201950	655659	19	51	18	50	14	47
24	201981	655656	18	51	17	51	15	46
25	202010	655660	23	51	18	46	13	41
26	202048	655661	29	53	24	53	23	46
27	202079	655662	36	54	29	55	28	54
28	202113	655668	30	54	23	55	30	42
29	202146	655678	27	51	22	52	26	50
30	202203	655701	16	48	17	47	20	49
31	202238	655714	18	46	17	45	12	44
32	202270	655716	20	48	17	45	19	43
33	202306	655731	20	50	19	47	25	45
34	202332	655748	13	43	14	42	15	44
35	202348	655759	13	44	14	44	15	41
36	202400	655770	10	40	12	40	5	42
37	202427	655777	13	42	14	43	10	41
38	202457	655790	13	42	13	43	12	41
39	202487	655804	13	44	13	44	12	41
40	202518	655815	14	46	14	47	12	46
41	202548	655822	15	47	15	48	13	46
42	202585	655827	16	46	15	47	12	47
43	202616	655837	12	46	14	46	15	46
44	202641	655861	14	45	13	46	10	47
45	202664	655884	13	44	12	44	13	44
46	202689	655909	17	51	15	49	12	46
47	202722	655954	19	53	16	50	17	50
48	202748	656004	13	53	10	54	12	52
49	202770	656037	23	54	18	53	19	52
50	202797	656061	30	55	21	54	16	53
51	202819	656092	28	54	22	53	18	50
52	202850	656109	26	50	22	50	19	50
53	202872	656115	29	52	23	53	28	51
54	202964	656136	32	52	25	55	17	52
55	203005	656173	47	50	39	55	34	54
56	203010	656207	43	57	36	53	26	45
57	203066	656251	27	45	26	51	12	49
58	203086	656286	25	44	25	48	22	44
59	203124	656314	17	43	16	47	12	44
60	203154	656350	13	44	13	44	12	43

3. szelvény mérési adatai, 2013.09.16

Mérés pont száma	EOV X	EOV Y	207 kHz		77.5 kHz		22.1 kHz	
			Rho	Fi	Rho	Fi	Rho	Fi
1	202483	655404	20	48	17	47	10	40
2	202510	655418	22	49	21	48	12	37
3	202528	655436	18	45	18	43	14	47
4	202548	655452	12	42	12	38	14	37
5	202566	655467	12	45	12	44	10	47
6	202581	655484	15	48	15	44	13	46
7	202595	655499	13	45	13	44	12	46
8	202614	655519	13	45	13	45	11	46
9	202630	655534	14	49	13	46	12	43
10	202651	655552	16	44	15	43	13	40
11	202670	655573	23	45	22	46	14	43
12	202687	655579	22	47	20	49	13	48
13	202706	655593	18	46	17	46	12	46
14	202723	655606	14	44	13	44	12	43
15	202745	655624	14	46	14	44	11	45
16	202763	655639	15	47	15	44	13	43
17	202785	655658	17	52	15	46	11	48
18	202801	655675	15	54	13	50	14	55
19	202818	655692	18	54	16	50	9	53
20	202839	655710	17	53	15	46	12	54
21	202861	655725	18	56	15	51	10	47
22	202878	655739	18	54	17	50	13	47
23	202895	655752	19	55	16	50	11	55
24	202913	655764	17	55	15	51	13	55
25	202930	655779	17	54	15	51	11	54
26	202947	655791	18	55	16	51	13	53
27	202963	655807	14	53	10	50	11	54
28	202979	655822	19	57	16	52	12	53
29	202996	655836	22	52	17	50	12	53
30	203015	655856	32	52	24	51	17	51
31	203030	655876	31	53	25	50	14	52
32	203047	655888	36	50	30	51	18	52
33	203067	655901	30	47	27	48	13	52
34	203080	655912	28	47	24	49	12	52
35	203099	655925	33	50	27	52	13	52
36	203121	655944	33	48	34	55	36	55
37	203141	655965	40	48	33	53	39	52
38	203158	655979	32	48	27	53	17	52
39	203181	655996	33	48	29	47	19	47
40	203202	656017	46	48	38	53	26	47
41	203227	656047	44	45	40	52	24	53
42	203250	656066	31	42	30	49	22	52

Mérés pont száma	EOV X	EOV Y	207 kHz		77.5 kHz		20.9 kHz	
			Rho	Fi	Rho	Fi	Rho	Fi
43	203279	656076	36	42	39	47	27	52
44	203311	656094	15	34	16	39	17	48
45	203343	656105	23	41	25	45	20	50
46	203369	656126	18	44	21	43	15	49
47	203387	656147	12	47	11	44	11	46
48	203409	656172	14	44	14	44	14	47
49	203438	656193	26	59	19	57	13	55
50	203460	656208	25	55	20	54	15	52
51	203489	656225	40	54	32	54	22	54
52	203509	656247	25	49	21	53	15	53
53	203536	656270	55	51	39	57	25	54
54	203563	656293	62	54	40	60	25	57
55	203588	656320	68	55	44	60	25	59
56	203615	656340	66	53	45	59	25	57
57	203643	656361	29	44	24	53	17	55
58	203666	656381	45	48	36	53	24	54
59	203695	656408	86	55	56	60	33	57
60	203727	656441	30	42	27	50	21	51
61	203757	656458	61	53	43	55	31	51
62	203783	656476	44	53	31	55	22	54
63	203814	656501	25	50	20	51	15	52
64	203846	656525	22	48	19	49	16	50
65	203864	656550	22	49	18	50	16	50
66	203888	656592	14	44	12	46	12	46
67	203918	656611	17	48	15	47	14	49
68	203942	656626	19	43	19	45	16	49
69	203966	656648	33	46	28	51	22	53
70	203987	656660	34	50	25	55	19	55
71	204008	656670	44	48	34	55	24	55
72	204035	656692	40	49	32	54	20	55
73	204065	656716	46	53	35	55	24	55
74	204082	656727	38	52	29	55	22	55
75	204102	656742	32	46	27	50	20	53
76	204127	656764	25	47	24	50	18	51
77	204143	656776	27	48	24	51	18	53
78	204164	656793	30	47	27	49	22	51
79	204197	656811	26	49	23	49	21	48
80	204220	656832	37	50	32	49	27	49
81	204244	656850	42	51	33	53	26	52
82	204275	656878	53	52	42	55	30	54
83	204302	656904	62	52	41	52	33	54
84	204319	656921	63	52	50	55	29	56
85	204337	656938	63	52	51	56	28	55

4. szelvény mérési adatai, 2013.10.04

Mérés pont száma	EOV X	EOV Y	207 kHz		77.5 kHz		22.1 kHz	
			Rho	Fi	Rho	Fi	Rho	Fi
1	203119	655207	22	49	19	51	15	50
2	203102	655244	13	47	12	48	11	45
3	203121	655274	11	46	10	47	9	45
4	203158	655292	13	50	11	50	11	45
5	203176	655315	18	53	14	53	12	50
6	203196	655333	17	55	13	52	12	49
7	203211	655355	14	45	13	48	13	46
8	203230	655379	13	50	11	50	9	45
9	203247	655398	18	57	14	55	12	49
10	203268	655418	19	54	15	52	13	47
11	203285	655437	19	52	15	51	13	47
12	203305	655451	14	50	12	49	11	45
13	203321	655470	17	54	14	52	12	45
14	203336	655483	14	52	12	50	11	45
15	203350	655503	11	49	10	48	10	45
16	203365	655524	16	50	13	50	12	46
17	203380	655542	15	53	13	50	11	47
18	203396	655560	15	53	12	50	11	46
19	203413	655581	12	52	10	50	9	47
20	203431	655600	14	50	11	50	10	46
21	203453	655624	20	55	16	53	14	46
22	203474	655651	19	53	14	51	14	44
23	203494	655681	18	51	14	50	14	45
24	203516	655707	42	56	31	56	20	53
25	203523	655726	47	54	34	58	22	55
26	203539	655752	53	59	35	60	19	60
27	203558	655782	50	56	34	61	19	60
28	203582	655807	53	55	36	60	21	59
29	203593	655820	28	45	24	54	16	56
30	203608	655851	23	45	20	50	15	54
31	203633	655910	17	49	14	48	13	50
32	203647	655930	15	52	13	52	10	52
33	203688	655984	16	58	11	56	9	53
34	203735	656024	27	51	21	55	13	55
35	203760	656069	52	55	33	60	21	56
36	203785	656095	47	49	33	56	21	58
37	203805	656131	78	55	52	62	25	64
38	203823	656151	74	57	45	64	26	62
39	203848	656186	44	48	33	55	21	57
40	203883	656225	22	39	21	46	17	50
41	203927	656282	59	60	34	64	20	59

Mérés pont száma	EOV X	EOV Y	207 kHz		77.5 kHz		22.1 kHz	
			Rho	Fi	Rho	Fi	Rho	Fi
42	203966	656329	55	52	40	56	27	56
43	204008	656378	39	53	34	55	21	54
44	204048	656411	42	57	30	57	22	55
45	204084	656446	56	52	50	53	27	51
46	204114	656476	31	51	26	53	19	51
47	204146	656506	18	47	20	47	15	46
48	204178	656523	19	48	15	49	13	50
49	204216	656541	17	42	17	45	14	47
50	204255	656560	21	43	20	48	17	48
51	204304	656571	17	46	17	46	15	47
52	204351	656587	20	44	18	44	17	47
53	204399	656588	17	43	17	42	17	46
54	204455	656594	14	40	16	42	17	45
55	204506	656597	23	38	28	40	25	47
56	204544	656607	42	45	37	51	30	51
57	204580	656624	41	47	37	49	26	53
58	204611	656633	36	47	37	50	26	52
59	204652	656641	18	39	21	40	20	48
60	204696	656642	22	40	23	44	21	50
61	204735	656649	13	38	16	38	20	49
62	204772	656655	14	33	18	38	17	47

2. melléklet

1. mérés, 2012 november

Kút száma	EOV Y	EOV X	Vízszint (m)	EC (mikroS/cm)	TDS (mg/l)	pH	Cl ⁻ tartalom (mg/l)
1	655497	202588	94.54	8470.6	6352.95	8.7	488.8
2	655585	202700	93.8	3542.848	2657.13	8.12	190
3	655662	202782	93.29	8882.444	6661.83	8.51	470
4	656294	203564	-	-	-	-	-
5	655866	203014	93.48	6153.004	4614.75	8.7	218
6	656103	203342	93.16	1761.606	1321.2	7.8	25.8
7	656391	203593	93.12	3108.142	2331.1	7.94	81
8	656600	203888	-	-	-	-	-
9	656861	204243	-	-	-	-	-

2. mérés, 2013 nyár eleje

Kút száma	EOV Y	EOV X	Vízszint (m)	EC (mikroS/cm)	TDS (mg/l)	pH	Cl ⁻ tartalom (mg/l)
1	655497	202588	-	2700	2025	-	4000
2	655585	202700	-	5760	4320	-	705
3	655662	202782	-	1996	1497	8.36	305
4	656294	203564	-	-	-	-	-
5	655866	203014	-	1780	1335	7.74	135
6	656103	203342	-	748	561	7.93	-
7	656391	203593	-	657	492.75	7.15	38
8	656600	203888	-	-	-	-	-
9	656861	204243	-	-	-	-	-

3. mérés, 2013 ősz

Kút száma	EOV Y	EOV X	Vízszint (m)	EC (mikroS/cm)	TDS (mg/l)	pH	Cl ⁻ tartalom (mg/l)
1	655497	202588	94.68	-	-	-	-
2	655585	202700	94.18	-	-	-	-
3	655662	202782	93.32	5220	3915	7.79	-
4	656294	203564	93.88	2230	1672.5	7.4	-
5	655866	203014	93.48	2800	2100	8.54	-
6	656103	203342	93.56	809	606.75	7.32	-
7	656391	203593	93.26	-	-	-	-
8	656600	203888	-	-	-	-	-
9	656861	204243	93.82	1824	1368	8.35	-

4. mérés, 2013 ősz

Kút száma	EOV Y	EOV X	Vízszint (m)	EC (mikroS/cm)	TDS (mg/l)	pH	Cl ⁻ tartalom (mg/l)
1	655497	202588	-	-	-	-	-
2	655585	202700	-	-	-	-	-
3	655662	202782	-	-	-	-	-
4	656294	203564	-	-	-	-	-
5	655866	203014	93.47	2900	2175	8.3	-
6	656103	203342	93.62	850	637.5	7.2	-
7	656391	203593	93.26	-	-	-	-
8	656600	203888	93.29	2650	1987.5	8.5	-
9	656861	204243	-	-	-	-	-

1. Függelék

„Vizes élőhelyek és a felszín alatti víz kapcsolata a Duna völgyében” című TDK dolgozatom témája a vizes élőhelyek vegetációja és a felszín alatti víz kémiai eloszlása, hidraulikai helyzete közötti kapcsolat tisztázása Felső-Szűnyogpusztán, a Duna völgyében vízkémiai és geofizikai módszerekkel. Feladatom volt a vizsgálati területen vízkémiai és geofizikai mérések elvégzése, ebből következtetések levonása a felszín alatti víz kémiai eloszlásával kapcsolatban, majd a részletes élőhely-térképezés eredményével összevetve a kettő közötti kapcsolat vizsgálata.

Az első vízkémiai mérést 2013 nyár elején végeztem, a következő méréseket 2013 őszén végeztem hidrogeológia terepgyakorlat keretében a hallgatók segítségével. Emellett egy korábbi, 2012 novemberében mért adatsort is felhasználtam a vizsgálathoz. A geofizikai szelvényeket 2013 őszén mértem le, a 2. és 3. szelvény mérése a hidrogeológia terepgyakorlat hallgatóinak közreműködésével zajlott. A szelvények kiértékelését, a geofizikai szelvényeket ábrázoló, továbbá a vízkémiát és a 3. szelvényt összehasonlító ábrát készítését a mért adatok alapján egyedül végeztem.

A vízkémiai és a geofizikai mérések alapján kiderült, hogy a területen három különböző egységet különböztethető meg:

- Az alacsony ellenállás, nagyon magas sótartalom, lúgos pH és nagy Cl^- tartalom a mélységi eredetű víz jelenlétére utal az ősi szikesek alatt.
- A nagy ellenállás, alacsony oldott anyagtartalom, semleges pH és alacsony Cl^- tartalom a sós vízen ülő édesvízi lencsék jellemzői, melyekhez lápi, átmeneti környezetek kapcsolódnak.
- Az alacsony ellenállással, magas oldott anyag tartalommal, lúgos pH-val, de alacsony Cl^- tartalommal jellemezhető, a másodlagos szikesekhez területén előforduló vizek jelenléte feltehetőleg a mélységi eredetű sós és az édesvízi gravitáció vezérlése áramlás keveredésének eredménye.

Feltételezésem szerint a másodlagos szikesek kialakulása a terület tágabb környezetében történt csatornaépítéseknek (pl. Dunavölgyi-főcsatorna), illetve a korábbi intenzív mezőgazdaság hatásának köszönhető.