



A TALAJ-ALAPKÖZET-TALAJVÍZ RENDSZER AGROGEO- OLÓGIAI ÉS KÖRNYEZETFÖLDTANI VIZSGÁLATA A BUGACI-MINTATERÜLETEN

Doktori (PhD) értekezés

Kerék Barbara

Debreceni Egyetem
Természettudományi Kar
Debrecen, 2003.

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS 1

2. IRODALMI ELŐZMÉNYEK 3

2.1. A DUNA-TISZA KÖZÉNEK FÖLDTANI KUTATÁSA 3

2.2. A DUNA-TISZA KÖZÉNEK TALAJTANI KUTATÁSA 11

3. ANYAG ÉS MÓDSZER 13

4. FELSZÍNI ÉS FELSZÍNKÖZELI KÉPZŐDMÉNYEK 15

4.1. MORFOLÓGIA, VÍZRAJZ 15

4.2. ÜLEDÉKEK 15

4.3. FELSZÍNFÖLDTAN 16

4.4. FELSZÍNKÖZELI KÉPZŐDMÉNYEK (10 MÉTERIG) 17

4.5. TALAJVISZONYOK 17

5. A TÍZ MÉTERES ÖSSZLET KÖZETKIFEJLŐDÉSI TÍPUSAI 19

5.1. A TÍZ MÉTERES ÖSSZLET KÖZETKIFEJLŐDÉSI TÍPUSAINAK ÁSVÁNYTANI JELLEMZÉSE 19

5.2. A TÍZ MÉTERES ÖSSZLET ÜLEDÉKEI KÉPZŐDÉSÉNEK KÖRNYEZETI VISZONYAI A KIVÁLASZTOTT TÍPUS FÚRÁSOK SZEDIMENTOLÓGIAI ELEMZÉSE ALAPJÁN 22

6. A TALAJVÍZ 25

6.1. A TALAJVÍZ FELSZÍN ALATTI MÉLYSÉGE 25

6.2. A TALAJVÍZ KÉMIAI TÍPUSAI 26

6.3. A TALAJVÍZ ÖSSZES OLDOTT ANYAG TARTALMA 27

6.4. A TALAJVÍZ KEMÉNYSÉGE 28

6.5. A TALAJVÍZ KÁLIUM- ÉS NITRÁT-TARTALMA 28

7. AGROGEOLOGIAI VIZSGÁLATOK 30

7.1. A KARBONÁTOK ELOSZLÁSA A FELSZÍNI-FELSZÍNKÖZELI KÉPZŐDMÉNYEKBE 30

7.1.1. Kalcium-karbonát 30

7.1.2. Magnézium-karbonát 31

7.1.3. A karbonáttartalom alakulása a talajvíz „mésztartalmának” és keménységének függvényében 31

7.1.4. Az üledékek egységességének vizsgálata a karbonáttartalom alapján 32

7.2. A FELSZÍNI-FELSZÍNKÖZELI KÉPZŐDMÉNYEK KÁLCIUM-KARBONÁT TARTALMA 33

7.3. BELVÍZ-VESZÉLYEZTETETTSÉG 35

7.4. ÖNTÖZHETŐSÉG 36

8. KÖRNYEZETFÖLDTANI VIZSGÁLATOK 37

8.1. ÁTERESZTŐKÉPESSÉG-SZÁMOLÁSI ELJÁRÁSOK ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA 37

8.2. SZENNYEZÉS-ÉRZÉKENYSÉG 39

9. ÖKOGEOLÓGIA 41

10. TERÜLETÉRTÉKELÉS 44

11. ÖSSZEFOGLALÁS 48

12. SUMMARY 50

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS 53

FELHASZNÁLT IRODALOM 54

MELLÉKLETEK 65

1. Bevezetés

A tudomány fejlődésével, a megismerhetőség határainak kiterjesztésével és az egyes tudományterületek specializációjával együtt ugyan a megszerzett tudásanyag nő, de mind nehezebbé válik a természetben működő folyamatok bonyolult kapcsolatrendszerének megértése is. Minél több információval rendelkezünk, annál pontosabb képet alkothatunk a valóságról, de ez együtt jár a megalkotott kép összetettségének növekedésével is. Ha részletesen szeretnénk feltárni egy tájegység adottságait, természeti viszonyait, felépítését, akkor először egy kisebb területet kell kiválasztanunk, mely „mintaterület” tartalmazza a nagyobb egységre jellemző formákat, képződményeket és viszonyokat. Erre az alapelvre épült a Magyar Állami Földtani Intézet Agrogeológiai és Környezetföldtani Osztályának mintaterületi kutatási koncepciója (KUTI L. 1986), amely elsősorban a talaj-alapkőzet-talajvíz rendszer megismerését tűzte ki célul, és melynek keretében kijelölésre került a Bugaci-mintaterület is, mint a Duna-Tisza közti hátság tipikus területe (1. ábra). Ezen dolgozat témája az itt folyó és az osztály munkájába illeszkedő agro- és öko-geológiai kutatás eredményeinek bemutatása.

A kutatás célja:

1. A mintaterület talaj-alapkőzet-talajvíz rendszerének, illetve a rendszer egyes elemeinek, azok összefüggéseinek és a bennük lejátszódó folyamatoknak a megismerése és jellemzése.
2. A talajvíz mélységének és összetételének megállapítása, lehetőség szerint a változások nyomon követése.
3. A lassan és gyorsan oldódó karbonátok mennyiségi és minőségi vizsgálata üledéktípusonként és a mélység függvényében, összefüggések keresése a rendszer más elemeivel (talajvíz).
4. Az agyagossági fok és a homok/agyag arány használhatóságának vizsgálata az áteresztőképesség jellemzésére, esetleg a szivárgási tényező (k tényező) kiváltására.
5. Az öko-geológia általános feladatainak megfogalmazása és speciális alkalmazásának bemutatása a mintaterületen.
6. Agrogeológiai és környezetföldtani térképek szerkesztése és segítségükkel a terület hasznosíthatóságának és érzékenységének értékelése.

A terület kijelölésénél a sokszínűségekre törekedtünk, így a mintaterület kiterjed buckavonalra és buckaközi laposra (benne időszakos tavakkal), egy része a Kiskunsági Nemzeti Parkhoz tartozik, de településhez közeli művelt területeket is felölel. Az őshonos természetes vegetáció (Ősborókás egy része) mellett telepített erdő (feketefenyő, akác, ritkán nemesnyár), rét, legelő és szántó is megtalálható a területen.

A Bugactól délnyugatra lévő mintaterületen 1988-ban agrogeológiai feltárást és 1998–2002 között agrogeológiai és geobotanikai vizsgálatokat végeztünk (a szerző 1998-ban csatlakozott a mintaterületi kutatáshoz). Ezek keretében először (1988) 87 maximum 10 m mélységű sekélyfúrást mélyítettünk le, melyeket hálóban helyeztünk el 500, illetve 1000 méteres fúrástávolságban, majd a második sorozatban (1998-1999) 90 fúrás mélyült, a korábbival megegyező háló mentén. A vizsgálatok során a helyszínen megmértük a talajvíz jelentkezési mélységét, és mintákat vettünk szedimentológiai (első fúrásorozat) és geokémiai elemzésre (első és második fúrásorozat). A szedimentológiai vizsgálatok eredményeként megismertük a terület felszínközeli földtani felépítését, a karbonáttartalom vízszintes és függőleges eloszlási viszonyait. Lehetővé vált áteresztőképességet meghatározó, illetve jellemző módszerek (k tényező, agyagossági fok és homok-agyag arány) összehasonlító vizsgálata is. A második fúrásorozat lemélyítéskor (ahol lehetséges volt) a talajvízből is vettünk mintát laboratóriumi elemzésre (ez az első fúrásorozatnál is megtörtént, de az alacsony talajvízállás miatt és az azóta kifejlesztett mintavételi mód hiányában kevés fúrásnál).

Az eredményekből megismertük a vízkémiai típusokat, az összes oldott anyag tartalmát, keménységet, valamint kálium- és nitrát tartalmát.

A tíz méteres összlet kőzetkifejlődési-típusai alapján a mintaterületet öt körzetre osztottuk és ezek jellemzésére öt típus fúrást választottunk ki, melyeket 2000. augusztusában ismételtlen lemélyítettünk és részletesen megmintáztunk (17-20 db minta fúrásonként). A kisebb mintaszám lehetővé tette, hogy a szedimentológiai és kémiai vizsgálatokon túl röntgen és termoanalitikai vizsgálatok is készüljenek, ami az üledékek ásványtani viszonyaiba is bepillantást engedett.

Egyes alaptérképek felhasználásával levezetett térképek készültek, bemutatva a terület felszíni-felszínközeli képződményeinek kalcium-karbonát tartalmát, belvíz-veszélyeztetettségét, öntözhetőségét és szennyezés-érzékenységét. Az ökoгеológiai kutatás első fázisában elvégeztük a felszíni földtani térkép pontosítását a vegetáció alapján. Háromféle területértékelési módszert dolgoztunk ki: az első alapja a tíz méteres összlet kőzetkifejlődési-típusai, a másik kettő pedig mezőgazdasági illetve környezetvédelmi szempontokat vesz figyelembe.

2. Irodalmi előzmények

2.1. A Duna-Tisza közének földtani kutatása

A felszínközeli negyedkori képződmények megismerése az árvízszabályozási munkákkal és a vízhálózat fejlődéstörténetének tanulmányozásával kezdődött (BESZÉDES J. 1831 és VÁSÁRHELYI P. 1838 in MOLNÁR B. 1977, BARRA J. 1839).

SZABÓ JÓZSEF szerint a Duna az egész pleisztocénben az Alföld nyugati peremén folyt (1862). Foglalkozott a jégkorszak magyarországi hatásaival is (1888), de nem tért ki a Duna–Tisza közének taglalására. Fontos megemlíteni, hogy a magyar agrogeológiai kutatók elindítása is az ő nevéhez fűződik.

Az első részletes és terjedelmében is jelentős publikáció a területről HALAVÁTS GYULA munkája (1895). Jellemzi a Duna-Tisza köze orográfiai és földtani viszonyait, az utóbbin belül részletesen foglalkozik a diluviális homokkal és lösszel, az alluviális képződményekkel (ártéri és tavi üledékekkel) és beszámol a szikes és tözeges területekről. A homokot idősebb képződménynek tartja, mint a lösz és csak a lösz alsó részét sorolja a diluviumhoz. Külön fejezetet szentel az artézi kutak számbavételére.

A múlt század elején TREITZ PÉTER az ismeretbővítést a Duna-Tisza közének agrogeológiai leírásával folytatta (1903). A domborzati viszonyok után a geológiai viszonyok ismertetése következik a harmadkortól a diluviumon át az alluviumig. A felszínen található buckák anyaga kelet felé finomodik és szerinte a Duna törmelékűjaiból származik. A löszlerakódás kezdetét a diluvium elejére teszi és anyagát észak-nyugatról származtatja. Az alluviumban a homokbuckák beerdősödtek (tölgy), de a történelmi időkben a többszöri felgyújtás következtében, a „védőtakaró” elpusztulása lehetővé tette a mozgást. Az utolsó fejezet a terület talajtípusait ismerteti, de kitér a talajvíz helyzetére is. Következő, területünkhöz kötődő munkája (1908) a szikesedés problémájával foglalkozik az Alföldön, külön tárgyalva a Duna-Tisza közét. Megállapítja, hogy a buckák közti völgyekben lévő, évente kiszáradó sós tavak mind széksósak. Későbbiekben foglalkozott homokvizsgálatokkal (1917a): ásványi összetétellel, alaki tulajdonságokkal, a homokszemek kérgével, valamint a dunahomok jellemzőivel. Több munkájában részletezte az agrogeológia feladatait hazánkban (1910, 1925).

Szintén a század elején foglalkozott HORUSITZKY HENRIK a diluviális mocsárlösszel, ami szerte a Duna-Tisza közének nagy részét borítja (1905), valamint publikált az agrogeológia múltjáról, feladatairól és térképezési módszereiről (1929).

Halaváts Gy. munkáját is felhasználva a magyar Alföld első genetikus felszínmagyarázatát CHOLNOKY JENŐ készítette el (1910). Elképzelése szerint a Duna az ópleisztocénben már a mai medrében folyt, a Duna-Tisza közének alapját pedig ópleisztocén lösztábla adta, melyre az újpleisztocénben futóhomok telepedett. A kifújó homok „legnagyobb részben szélbarázdák és gerincek” formájában jelentkezik, „de vannak köztük félig megkötött barkhánok is” (1910). Publikációt szentelt az Alföld morfológiai problémáinak összegyűjtésére (1928). Később részletesebben foglalkozott a futóhomok mozgásával, származásával, elterjedésével és formáival. Ami a futóhomok „szülőhelyét” illeti, a „Dunából származik s az uralkodó erős és száraz északnyugati széllel utazott el egészen a Tiszáig.” (1940). Erre bizonyíték szerinte, hogy az első bukaraj homokja még nem típusos futóhomok, sok benne a „grand” (nagyobb méretű szemcse) és a por; a második rajnál már kisebb a „grand”, kevesebb a por és gömbölyűbbek a szemcsék; a harmadik rajban pedig, amely egészen közel húzódik a Tisza partján, már típusos futóhomokot találunk.

A 30-as évek elején LENGYEL ENDRE az alföldi homokfajták ásványos összetételét vizsgálva megállapította, hogy Duna-Tisza köze homokja túlnyomó részben a Duna medréből származik (1931). Ugyanebben az időben HORUSITZKY FERENC a „mocsárlössz” terminológiájáról írt munkájában a lösz nevezéktant igyekezett tisztázni és javaslatot tett az „infúziós lösz” elnevezés bevezetésére, az időszakosan vízborított és idegen vegetációval fedett területeken

lerakódott hullópor megnevezésére (1932).

Kecskemét környékének térképezésével SCHERF EMIL is részt vett területünk kutatásában. A felső-pleisztocén és holocén rétegek geológiai vizsgálatánál az a vélemény fogalmazódott meg benne, hogy Cholnoky fiatal szélbarázdái tulajdonképpen az interglaciális maximumában, a kék agyag felületén keletkezett eróziós barázdák „átcsillanásai” a mai felszínen. Ő fogalmazta meg azt is, hogy a löszhullás a jégkorszakok maximumaihoz kapcsolódik. Talajtani eredményei rögzítik a területen előforduló típusokat, új magyarázatot adnak a szikesedés folyamatára, valamint segítségükkel javaslatokat tesz a különböző típusú szikesek javítására (1935).

Ebben az időszakban kezdett publikálni KÁDÁR LÁSZLÓ, aki elsősorban a futóhomok-kutatásban ért el eredményeket. Írt a futóhomok általános formáiról, részletesen vizsgálta a szélbarázdák, buckák és garmadák kialakulását, valamint a buckák belső szerkezetét (1935). Járt a Líbiai-sivatagban, ahol lehetősége volt a szabadon mozgó futóhomok tanulmányozására, a Lengyel–Német síkságon pedig kimutatta, hogy a parabolabuckák a félig kötött futóhomok-területeken éppoly jellegzetes buckatípusok, mint amilyenek a barkánok a teljesen szabadon mozgó futóhomok sivatagi területein (1938). Húsz évvel később összefoglaló cikket készített a futóhomok-kutatás eredményeiről és vitás kérdéseiről Cholnokytól kortársaiig haladva, saját munkásságát is ismertette (1956). Ebben a művében is kifejti, hogyan alkalmazta a Cholnoky féle folyószakaszjelleg-elméletet a szél munkájára és megállapítja, hogy a Kiskunságra, mint félig kötött futóhomokterületre, oly jellemző parabolabuckák létezését figyelmen kívül hagyja a szakmai közvélemény. Sümeghy J. és Bulla B. kutatási eredményeit megismerve, felülvizsgálja korábbi nézeteit (Cholnoky véleményét osztotta a hátság löszfennsík jellegében) és a törmelék-küpelmélet híve lesz. Felhívja a figyelmet arra, hogy ha a folyóvízbe eolikus üledék mosódik és rövid a szállítási út, a későbbi vizsgálatok tévesen eolikus üledéknek minősíthetik azokat. Ezért nem elég csak a szemcsét vizsgálni, de a települési viszonyokat is nézni kell. A futóhomok és lösz lerakódását egyaránt a periglaciális hideg puszták idejére teszi és a csigafauna különbségét a két üledékben a mikroklíma eltéréssel magyarázza.

A talajvízszint ingadozását az Alföld fásítási tervével kapcsolatban a magyar királyi erdészet kezdte vizsgálni az 1920-as években, Cholnoky által kijelölt vonalak mentén elhelyezett kutakban. Az egész Alföld talajvízszintjének megfigyelését ROHRINGER SÁNDOR javasolta és először a Duna-Tisza közén történt meg a kúthálózat kiépítése (149 csökút, átlagosan 1 kút/80 km²). Hatévi megfigyelés után, tapasztalatait a Vízügyi Közlemények első számában ismerteti (1936). A kúthálózat bemutatásán túl adatokat szolgáltat a talajvíz vegyi összetételéről, eséséről, áramlási irányáról, szintjéről és ingadozásáról, valamint a lecsapoló csatornák hatásáról a talajvíz állására. Megállapítja, hogy a talajvíz rétegvonalas térképe a domborzat alakulásával nagyjából megegyező képet mutat és a felszíni vízváltak a talajban való vízmozgásban is elhatárolásokat jelentenek. Általánosságban megjegyzi, hogy a nyári záporok a talajvízszint ingadozására csekély befolyással vannak, csak az őszi, hosszantartó esőzések és a tavaszi hóolvadások befolyásolják ténylegesen a talajvízszintet. Felhívja a figyelmet arra, hogy a talajvíz magas állása és a szikesedés között szoros összefüggés van valamint, hogy a lecsapoló csatornák hatása a talajban lévő vízre csak keskeny sávon érvényesül, ezért nincs szó szárító hatásról.

A Duna-Tisza közti futóhomok tanulmányozása közben született eredményeit MIHÁLTZ ISTVÁN az 1930-as évek végén kezdte publikálni. Ő is azon a véleményen volt, hogy ennek az egész területet borító homoktömegnek a származási helye a Duna medre volt, mivel a szemnagyság kelet felé, a homok származási helyétől távolodva mind kisebb lesz (1938). A homok anyagi összetételéről megjegyzi, hogy 90%-a kvarc, sok benne a gránát, a kalcit és a dolomit. Az utóbbi kettő származási helyeként a Dunántúli-középhegység karbonát-közetekből álló területét jelöli meg. Cholnoky magyarázatával szemben, miszerint a szabályosan ÉNy-DK irányban elhelyezkedő mélyedések és ezek közti hátak szélbarázdák és

maradékgerincek, kifejti hogy már a homokból és löszből álló legfelső képződménysorozat alatt lévő pleisztocén kék agyag (értelmezésében átalakult lösz) felszínén ugyanilyen irányú „völgyületek” és hátaak voltak, amiket folyóvizek, valószínűleg az egykori Duna DK felé haladó fattyúágai véstek a felszínbe. Erre a felszínre hordta rá a szél aztán a lösz és a homokot a pleisztocén legfelső, száraz időszakában (1938). Ez a vélemény egybevágott Scherf (és később Sümeghy) véleményével, de az 1950-ben indult földtani térképezés — melyet a Duna-Tisza közén kezdtek és Miháltz vezetett a déli rész felvételét — újabb eredményeit értékelve megváltoztatta álláspontját. Szerinte a medreket illetően mélyedéseket az interglaciális csapadékos szakaszaiban létrejött helyi vízfolyások hozhatták létre, amelyek a Hátság magasabb térszínéről folytak le. Állításának alátámasztására megemlíti, hogy a medrek kitöltő anyagában nem talált több éles szemcsét, mint a futóhomokban másutt, valamint, hogy a medrek csak a hátság szélei felé jelentek meg. A holocén futóhomok-területeken ugyancsak ÉNy-DK irányban elhelyezkedő mélyedéseket pedig — Scherf, Sümeghy és Bulla véleményével szemben — nem vízfolyások eredményének tulajdonította, hanem az akkoriban is ugyanolyan irányú szél munkájának gondolta. Nem talált szabálytalan kanyargásra utaló jeleket, valamint megállapította, hogy a Hátságnak ezek a mélyedései nem összefüggő, völgyszerű mélyedések, hanem apró, ebben az irányban sorakozó kis medencék sorozatai (1953a). A korábban említett „kék agyagról” pedig kijelentette, hogy lösz, a szemeloszlási görbék és a csigafauna alapján (helyenként szárazföldi illetve infúziós löszre utal). A terület általános felépítéséről megállapította, hogy a Hátság felszínközeli rétegei szélhordta lerakódások: lösz és futóhomok. A vizsgált mélységig (30 m) öt lösz szintet különböztetett meg, melyeket futóhomok-szintek választanak el és olyan kiterjedtek, hogy azokat a löszképződési időszakoktól eltérő klímájú időkből kell származtatnunk (1950). Az 1952. szeptemberében megrendezett Alföldi Kongresszus jó lehetőség volt az évek során kialakult nézetek megvitatására, bár a két eltérő fejlődéstörténet (eolikus származás és törmelékkúp elmélet) hívei nem jutottak megegyezésre. Miháltz előadása (1953b) után vitatott kérdés maradt a lösz alkalmassága korbemosásra, a futóhomok és lösz származása, valamint a „kék agyag” mibenléte, hogy csak a legfontosabbakat említsem. Elmélete alátámasztására Ungár Tiborral statisztikai módszert dolgozott ki a folyóvízi és szélfújta homok megkülönböztetésére (1954). Halála után egy évvel jelent meg utolsó munkája, melyben összefoglalta a Dél-Alföld felszínközeli rétegeinek földtanát és pontokba szedte a Duna-Tisza közti eolikus rétegek anyagának származására és keletkezésére vonatkozó bizonyítékait (1967).

SMAROGLAY FERENC doktori értekezését Bugac szikes tavairól írta (1939). 'Sigmond és Treitz véleményével szemben (miszerint a „tavak” a mélyedésekbe hulló csapadékvíznek köszönhetik létüket), a tavak keletkezését szélbarázdákhoz köti, a szikso véleménye szerint a talajvízből keletkezik, mégpedig ott, ahol a szélbarázdák eléri a talajvíz szintjét. Behatóan tanulmányozta a talajvíz helyzetét is területén, megállapította, hogy a Duna-Tisza közén kimutatott három vízváltató között helyezkedik el, a talajvíz a felszínhez közel van, minimuma októberre, maximuma pedig áprilisa esik. Foglalkozott még a vizek keménységével és a tavak életciklusával, keletkezésüktől kémiai üledékekkel való feltöltődésükig.

A területtel foglalkozó geomorfológusok közül BULLA BÉLA munkásságát kell kiemelni. A 30-as évektől végzett völgy-fejlődéstörténeti és löszkronológiai vizsgálatokat (1939). 1950. nyarán az Állami Földtani Intézet megbízásából már végzett geomorfológiai tanulmányokat Kéz Andorral a Duna-Tisza közén, a geológiai felvételi munkákkal párhuzamosan, majd az Akadémia felkérésére ezeket a tanulmányokat és vizsgálatokat egészítették ki munkatársaikkal a következő év nyarán. Bulla ugyanabban az évben publikálta is eredményeiket előzetes jelentés formájában (1951). A vizsgált terület általa felvázolt fejlődéstörténetének alapja Sümeghy törmelékkúp elméletének elfogadása és geomorfológiai alapú továbbfejlesztése. Nézete szerint a Duna a mai helyén az utolsó interglaciálisban jelent meg, tehát a fluviatilis feltöltés a Duna-Tisza közén az újpleisztocénban ért véget. Elképzelése szerint

a Duna a törmelékkúpon ágakra bomlott és ezeknek a Pesti medence felől sugarasan szétfutó medreknek a felismerését és kialakulásuknak a tisztázását kutatásai jelentős eredményének tartja. Az üledékek horizontális váltakozását a folyóvízi és eolikus akkumuláció egyidejűségével magyarázza, míg a vertikálisan váltakozó település annak az eredménye, hogy a törmelékkúp egyazon részlete hol fluviatilis, hol eolikus akkumuláció színtere volt. Korábban ugyan elfogadta Cholnoky nézetét, miszerint a homoktakaró egységes és az óholocén mogyoró-korban alakult ki, de vizsgálatai eredményeképpen kijelentette, nincs és sohasem volt egységes homoktakaró, mivel a lehetőségek nem voltak adottak erre. Ő javasolta a „lepelhomok” elnevezés bevezetését a laposok felszínét borító vékony homoktakarókra. Új felismerésként írta le a tölgykorszakban végbement bevágódás eredményét, a Duna óholocén teraszát, amely részben áldozatul esett a folyó bükk-időszaki ártérzsélesítő tevékenységének. Sümeghy geológiai érveit arról, hogy a Tisza mai helyén holocénnél idősebb nem lehet, geomorfológiai bizonyítékkal támasztotta alá, a Tisza óholocén teraszának megtalálásával a folyó Szolnok-szegedi szakaszán. Bulla is részt vett az Alföldi Kongresszuson és előadásában a korábbi eredmények ismertetésén túl, a Duna-vonal eredetének vitás kérdésére is kitért. Ebben a kérdésben Sümeghy eróziós eredetű Dunavölgyével szemben Scherf-fel értett egyet és azt újpleisztocén szerkezeti vonalnak tartja. Csoportosította továbbá az Alföld magyarországi részének geomorfológiai tájait és nagyformáit: értelmezésében a Duna-Tisza köze magába foglalja a tágabb értelemben vett Kiskunságot, a Duna- és Tiszavölgy között, a bácskai lösztablának Magyarország területére eső része kivételével (Duna-Tisza-közi homokos hátság), és további három részre osztja szerkezeti és alaktani tekintetben (1953).

A Magyar Állami Földtani Intézet által, 1950-ben indított földtani térképezés első területe a Duna-Tisza köze volt. A SÜMEGHY JÓZSEF vezette csoport az északi rész felvételét kapta feladatul (ahogy korábban említettem, a déli rész munkálatait Miháltz István vezette). A csoport felvételi jelentéseit is figyelembe véve publikálta eredményeit és törmelékkúpelméletének részleteit (1953). A terület fejlődéstörténetét az ősi alap tárgyalásával kezdi, majd a medencekorszak ismertetése után, a folyóvízi időszak következik (levantei–felső pleisztocén) és a hullóporos korszakkal (würm) zárja a pleisztocént. Külön fejezetet szentel a Dunavölgy kialakulásának és a dunai törmelékkúp holocén üledékeinek. A negyedkorinál idősebb képződmények ismertetésével (terjedelmi okokból) nem foglalkozhatom, de meg kell említeni, hogy nézete szerint a levantei fiókmedencék közül, földtani szempontból a vecsés-kecskeméti vagy más néven homokháti a legfontosabb, ugyanis ez volt az ősi Duna első erózióbázisa és a mai morfológiai kép kialakításában döntő szerepe volt (folyóvízi időszak kezdete). Vizsgálatai azt is kimutatták, hogy a pleisztocénben is meglévő fiókmedence tengelyvonalától K-re már nem fejlődött ki az alsó- és középső-pleisztocén dunai kavics. Nyugatra azonban általánossá vált, egymás alatt több rétegben nyomozható és ÉK–DNy-i irányú keresztshelvényekben lépcsős kifejlődést mutat. Leírja, hogy a homokháti középső-pleisztocén kavicsos rétegsor felfelé durva, alul még murvás, kékeszürke folyami kékhomokba megy át (Miháltz szerint, a kékes szín a levegőtől elzárva alakul a reduktív közeg jele és nem a folyóvízi eredet bizonyítéka), amit már a felső-pleisztocénbe sorol. A Duna ebben az időszakban medrét már magasra feltöltötte, fattyúágakra szakadozott, a törmelékkúp hátán szétfutott, üledékeit halmozta és szétteregette. Ekkor köszöntött be a hullóporos korszak és az eleinte löszös homokos réteg fölfelé fokozatosan átment homokos löszbe, majd valódi löszbe. A dunai törmelékkúpon és a Duna völgyében, a löszfajták kialakulása és elhelyezkedése részben mint dunai hordalék a dunai törmelékkúp függvényeként fogható fel, mert még a magasabb térszínre települt valódi löszrétegek kialakulásánál is ott találjuk a folyóvizek akkumulációs vagy denudációs tevékenységének nyomait. A löszfajták osztályozását nem csak a szélnek, hanem a lehordásnak is tulajdonítja. Az egységes lösztábla kialakulását a Duna ágai akadályozták meg és csak az árterületek közti részen tették lehetővé löszös üledékek leülepedését. Ami a hullópor eredetét illeti, nem értett

egyét a keleti származtatással (Kriván P. 1953 és Mihályiné Lányi I. 1953), hanem a felsőpleisztocén folyami kékhomokrég mélyedéseinek finomszemcséjű üledékeit jelölte meg forrásnak. A magasabb háta homokjából pedig futóhomok keletkezett. Elmélete szerint a mai Dunavölgy kialakításában mind az erózió (a Kalocsa–Kiskörös vonaltól északra), mind a tektonika (az említett vonaltól délre) jelentős szerepet játszott. Bullával ellentétben, aki óholocénnek véli az utolsó teraszt, ő újholocénnek tartja, és Bulla ópleisztocén-posztglaciális korú, klimatikus eredetű teraszt óholocén korúnak és tektonikus eredetűnek gondolja. A holocén kezdetével megszűnt a porhullás és a lösztábla felszínére már csak áttelepített lösz és egyéb anyag kerülhetett. A csapadékvizek a futóhomok-vonulatokról a löszport a buckák mélyebb szintjébe szállították és így a gyengébb szél is képes volt megmozdítani a futóhomokot. Hidrológiai tanulmányt készített a Duna-Tisza köze ipari- és ivóvíz ellátásának kérdéseiről (1950). Részt vett az Alföldi Kongresszuson, s bár nem adott elő, négy előadáshoz is hozzászólt, amit a kötetben is rögzítettek. Nem csak a Duna-Tisza közét kutatta, hanem összefoglaló munkát is készített a magyarországi pleisztocénról (1955).

Ahogy azt az eddigiekben is láthattuk (és még látni is fogjuk), az 1950-es évek elején nagy lendületet vett az Alföld, és így a Duna-Tisza köze kutatása is. A talajvízkutatás eredményeinek összefoglalása RÓNAI ANDRÁS érdeme volt (1953a). A földtani térképezéssel párhuzamosan (amiben Rónai is részt vett a Sümeghy-csoport tagjaként) indult egy országos talajvíz-megfigyelő munka (kútkataszter), melynek keretében az első évben minden kutató térképezte a Duna-Tisza közén. Megmérték a kút mélységét, a vízszint mélységét és a víz hőmérsékletét. Statisztikai kiértékelésre csak a külterületi kutak kerültek (103319 darab kút). Az adatokból kitűnik, hogy a terület északi részén a talajvíz igen különböző mélységekben található, bár a különbségek csak a méteres nagyságrendbe tartoznak. Egységesebb a kép a déli részen, mivel ott a hátság teljes egészében szegényes vízü és ez a kevés víz mindenütt közel van a felszínhez. Kiértékelte a talajvíztükör tájanként különböző vertikális mozgását is, hogy megállapítsa, a folyók vízjárása milyen messze hat ki az árterületek talajvíz ingadozására. A talajvízjáték ritmusainak és méreteinek tanulmányozása elvezette a talajvíz eredetének és horizontális mozgásainak kutatásához. Megállapította, hogy az általa vizsgált területen (sőt az egész Alföldön) a helyi csapadék nem táplálhatja a talajvizet, mivel a csapadékos és száraz évek a talajvízállás magas és alacsony értékeivel nem mutatnak párhuzamosságot. Ebből, és egyéb megfigyeléseiből a talajvíz horizontális mozgására következtetett, de sebességének és irányának megállapítását további kutatásokhoz kötötte. Nem foglalkozott behatóan a Duna-Tisza köze fejlődéstörténetének kérdésével, de a terület északi részét a Duna pleisztocén-kori nagy törmelékújratásának vélte. Az Alföldi Kongresszuson is tartott előadást, de ez a fent vázolt eredmények rövid összefoglalását tartalmazta (1953/b). A talajvízkutatás mellett foglalkozott negyedidőszaki kéregmozgásokkal is a Magyar-medencében. A nagyobb üledékciklusokat nem éghajlati, hanem tektonikus eredetűnek tartja, valamint feltételezi, hogy a medencérszek különböző sebességgel és nem egyszerre mozogtak (1977). A témáról, az Alföld tekintetében később is publikált összefoglaló művet, melyben újabb eredményeit ismertette (1986). Könyv formájában dolgozta fel az Alföld negyedidőszaki földtanát, melyben a kutatástörténeti, földtörténeti és vízföldtani fejezet mellett az egyes tájakat is bemutatja (1985).

Szólni kell azokról az Alföldi Kongresszuson előadást tartó kutatókról is, akik munkássága nem kimondottan a Duna-Tisza közéhez kapcsolódik, de eredményeik részben kötődnek a területhez. A magyarországi löszváltozatok osztályozásának ismertetésén túl MIHÁLYINÉ LÁNYI ILONA (1953) kifejtette, hogy a lösz képződése meghatározott éghajlati viszonyokat kíván, melyek a pleisztocénben a regionális keleti széllel jellemzett földtani epizódban lépnek fel, a belföldi jég legnagyobb kiterjedésétől a jégtakaró visszahúzóódásának megindulásáig. Ez a vélemény jelzi, hogy elfogadja KRIVÁN PÁL (1953a), a pleisztocén földtörténeti ritmusait összefoglaló új szintézisét. Az elmélet — amelyet Mihály I. részben támogatott (lösz keleti eredete és a lösz és futóhomok képződés időbeni elkülönülése), de támadások is érték (Kádár L., Bulla B., Sümeghy J.) — lényege, hogy két nagy szakaszt külö-

nít el, egy keletit és egy nyugatit, ami az akkor uralkodó szelek irányára utal. A nyugati szelek jellemzik a jégképző szakaszt, ami nálunk futóhomok képződést és erdősödést jelent. A keleti szakasz keleti szelei pedig lösz szállítanak hazánk sztyeppé vált vidékére. Tehát a regionális lösz és futóhomok kölcsönösen kizárja egymást. A két szakasz nem felel meg teljes egészében a glaciális és interglaciális besorolásnak, mivel a glaciális második fele már a keleti szelek uralmát hozza, de a nyugati szelek is az inter szakasz befejeződése előtt kezdik tevékenységüket. A negyedkor tagolását a gerinces fauna alapján KRETZOI MIKLÓS (1953) kísérte meg. Őt egymástól független faunahullámot állapít meg, amely a négy eljegesedést és a holocént jelöli. Az egyes hullámokon belül fejlődés és a hideghez való fokozatos alkalmazkodás figyelhető meg. A felmelegedés kihalást okoz, majd egy új, primitívebb forma fejlődése kezdődik meg.

A Duna-Tisza köze felszínközeli rétegeinek kialakulásával kapcsolatos vita újabb kutatók és módszerek bevonását eredményezte. SZABÓ PÁL a felső-pleisztocén homokrétegek származását ásványos összetételük alapján próbálta tisztázni (1955). Megállapította, hogy a Duna és Tisza vízvidékének lerakódásai jól elkülöníthetők egymástól, mind a mai folyóvízi homok, mind a pleisztocén folyóvízi és futóhomok esetében. Ennek alapján elmondható, hogy a tágabb értelemben vett Tisza-völgy területén már a felső-pleisztocénben a Tisza és mellékfolyói folytak, a maitól lényegesen eltérő vízhálózatot alakítva. További eredmény, hogy dunai folyóvízi homokot a felső pleisztocén eddig ismert mélységéig csak a jelenlegi Dunavölgyben talált, valamint hogy a Hátság szélfújta homokmintáinak ásványos összetétele a dunai származást támasztja alá. A Kriván P. által hangoztatott nyugatias szelek regionális futóhomokképző szerepét támogatja, hogy az északi minták a budapesti, a déli minták a bajai folyóvízi homok összetételéhez állnak közelebb.

Több mint negyven éve, és ma is aktívan foglalkozik a Duna-Tisza köze kutatásával MOLNÁR BÉLA. A terület kialakulás-történetének vitás kérdését ismerve, szemcsealak- és nehézasvány-vizsgálatokat végzett, hogy megállapítsa az eolikus rétegek felszíni és felszín alatti kiterjedését (1961). A szemcsealak-vizsgálat célja annak kiderítése volt, hogy a minta folyóvízi vagy szélhordta üledék-e. Őt szemcsetípust különített el, melyből kettő folyóvízi, három pedig eolikus volt. Nehézasvány vizsgálatai újabb adatokkal egészítették ki Szabó P. korábbi eredményeit. A vízkutató fúrások mintáit is felhasználva megállapította, hogy a Duna-Tisza közti eolikus képződmények fekvője, az eddig tanulmányozott legnagyobb (500 m-es) mélységig minden jel szerint dunai lehordási területről származik. Ugyancsak dunai üledékekből halmozódott át a szélhordta homok is a legmélyebben feltárt rétegeig, a Tisza-völgy felőli folyóvízi közbetelepülések viszont tiszai származásúak. A területről, K-Ny-i és É-D-i irányban megszerkesztett szelvényei alapján, elkészítette az eolikus képződmények vastagságát és az eolikus üledékek alsó határának a tenger szintjéhez viszonyított felszínét ábrázoló térképeket. Ezek alátámasztják Miháltz elméletét az eolikus fejlődéstörténetre vonatkozóan és egy ÉNy-ról DK felé gyorsan vastagodó (<20, >140 m) eolikus üledéksort mutatnak. A nehézasvány vizsgálatokat a délföldi pliocén és pleisztocén üledékekkel folytatta, kiegészítve korábbi eredményeit (1963). A mélyebb rétegek (alsópannoniainál idősebb rétegekig) megismerése céljából nehézasvány vizsgálatokat végzett az üllési (szegedi-medence) és a kiskunfélegyházi (kiskunsági-süllyedék) fúrások mintaanyagából (1965). Ezekkel az eredményekkel kiegészítve a korábbiakat négy, nagyobb lehordási területet tudott elkülöníteni az Alföldön. A továbbiakban a pliocén és pleisztocén lehordási területváltozások tanulmányozásába kezdett, továbbra is a nehézasványokat alapul véve. A Duna-vízvidéki és Tisza-vízvidéki feltöltési területet ábrázoló térképen látható, hogy a Duna-Tisza köze ÉK-i része (a Zagyva és a Tisza között) Tisza-vízvidéki üledékkel van borítva (1966). Ezt követően a feltöltődési ciklusok keltették fel érdeklődését. A ciklusos kifejlődést a kéregmozgás hatásának tartja, elfogadva Miháltzné Faragó M. pollenvizsgálati és Bartha F. Mollusca-fauna vizsgálati eredményeit, melyek szerint a ciklusok kialakulása nem hozható kapcsolatba a negyedkori klímaváltozásokkal. Megfogalmazása szerint a ciklusok

közettani sajátossága, hogy azokban a jó vízvezető (vízadó) rétegsorok és a kevésbé jók törvényszerűen és meghatározott vastagságban, arányban váltogatják egymást (1973). Bemutatja még az eróziós-terület és a feltöltődő-terület fejlődéstörténeti összefüggéseit is. Mielőtt érdeklődése főként a Duna-Tisza köze tavai felé fordulna, összefoglalást készít a terület felsőpleiocén és pleisztocén földtani fejlődéstörténetéről, melyet kutatástörténeti összefoglalóval egészít ki. Fontos megállapítása, hogy az eolikus üledéksor a gүнz-mindel interglaciálistól kezdve rakódott le (amikor a Duna elfoglalta mai É-D-i irányú helyét) és legnagyobb vastagsága eléri a 160 métert (1977). A tavak vizsgálatával kapcsolatos eredményeit már az 1970-es évek elején elkezdte publikálni. Írt a tavak kialakulásáról, vízföldtanáról és földtörténetéről (1970, 1976, 2001), a hipersalin tavi dolomitképződésről és a dolomit mikrofácies-vizsgálatáról (1980, 1981, 1996), Kuti Lászlóval feldolgozták a Kiskunsági Nemzeti Park III. sz. területén található Kisérti-, Zabszék- és Kelemenszék-tavak keletkezését, limnogeológiai történetét és környékének talajvízföldtani viszonyait (1978a, 1978b). „A Duna-Tisza közti tavak keletkezése, fejlődéstörténete és hasznosítása” címmel írta meg akadémiai doktori értekezését (1983). Nemcsak a ma is létező tavakról szól, hanem a ma már elhalt tavak morfológiai megjelenéséről is, valamint részletezi a tavi üledékképződési folyamatokat és végül javaslatokat tesz a különböző tótípusok felhasználására. Vizsgálta a víztározók létesítésének vízföldtani adottságait a Duna-Tisza közti Hátság (1994), valamint az 1999. évi belvíz okait a Duna-Tisza köz DK-i részén (2000).

A Duna-Tisza köze tavait és a mélyedésekben található karbonátiszapot MUCSI MIHÁLY is vizsgálta. A „réti mészkő” finomrétegtani vizsgálatával, csigák és pollen alapján próbálta feltárni a karbonátrétegek időbeni tagolódását (1963). A területhez kötődő másik munkája a soltvadkerteki Petőfi-tó földtani viszonyainak feltárása volt. Egy tóparti és egy tavi fúrás összesített rétegsorát ábrázolta a rétegek korbesorolásával (Würm 2.-től a Bükk 2.-ig). A karbonátiszap felszín alatti elterjedésével rögzíteni tudta a tó óholocén kiterjedését, sőt időszakos vízborítást már a pleisztocén végétől feltételezett (1965, 1966). A terület kialakulásával és az üledékek képződésével kapcsolatban Miháلتz I. és Kriván P. magyarázatát fogadta el.

A Földtani Intézetben folyó 1:100000 méretarányú földtani térképezés keretében FRANYÓ FRIGYES a Duna-Tisza köze középső részén, a szabadszállási és a kecskeméti térképlap területén végzett reambulációt (1964). A cikk elején vázlatosan áttekinti a korábbi kutatásokat, röviden összefoglalja a Sümeghy–Bulla-féle és a Miháلتz-féle elméletet és ez utóbbival szemben sorol fel ellenérveket. Vizsgálatai szerint, a Hátság Ny-i felében, a futóhomok alatt található lösz általában 1-2 m, olykor azonban ez is több szintre tagolódik, a futóhomok felé átmenetet mutat, bizonyítva közeli eredetét és a pleisztocén futóhomokkal egyidejű keletkezését.

A Duna-Tisza közti felszínközeli vizek és víztartó rétegek geokémiai vizsgálatát RAPPNÉ SÍK STEFÁNIA ÉS TOLNAY VERA végezte (1964). Kutatási területük Fülöpszállás és Kecskemét környéke volt. A víztartó képződményeket oxidációs állapotukkal, ionhányadosukkal és nyomelem-tartalmukkal jellemezték. Modelllezték a vízszintváltozás hatását a víz kémiai összetételére, ha a víz különböző víztartó rétegeket érint. Megállapították, hogy ha a víz évszakos változása, emelkedése vagy süllyedése következtében a víz huzamosan más réteggel érintkezik, összetétele az új réteg minőségéhez igazodik. A víz minőségét azonban nem az egyes képződmények abszolút kémiai összetétele szabja meg, hanem azok ásványtani összetétele, diszperzitásfoka, és a kőzetet alkotó egyes ásványok vízben való oldékonysága.

A futóhomokok kutatásával foglalkozott BORSY ZOLTÁN, aki görgetettségi vizsgálatokat végzett magyarországi futóhomokokon (1965). A 0,63–0,8 mm átmérőjű szemcséket tartotta legkedvezőbbnek vizsgálataihoz, mivel főképp görgetve vagy ugrálva haladnak előre és így néhány száz méter megtétele után már koptatottakká válnak. Összehasonlította a görgetettségi fok meghatározására használt Szádeczky-, Wadell- és Krygowski-módszert és az eredmények elég jól egybevágtak. A legutolsó módszer előnyeként megjegyzi,

hogy egyszerűbb és gyorsabb, mint a másik kettő, valamint a rövid utat megtett futóhomok is elválasztható segítségével a folyóvízi homoktól. Megállapítja, hogy a Duna-Tisza közén kevésbé görgetett a futóhomok, mint a Nyírségben és ebből azt a következtetést vonja le, hogy az előbbi területen a futóhomok nem sokat mozgott (a legtöbb helyen néhány km-es útnál nem tett meg többet). Ez az eredmény a hordalékkúp-elméletet támasztja alá, mely elmélettel Borsy Z. egyet is értett. További vizsgálatokat is végzett annak eldöntésére, hogy egy homokminta folyóvízinek vagy futóhomoknak minősül-e (1974). A koptatottsági vizsgálatokhoz felhasznált szemcsék méretét, a korábbiakban közöltekhez képest, 1 mm-ig kiterjeszti. Hangsúlyozza, hogy az aprószemű homok alkalmatlan koptatottsági vizsgálatokra és felhívja a figyelmet, hogy Miháltz I. főképp ezzel a frakcióval dolgozott. Nem tapasztalta, hogy Ny-ról K felé haladva nőne a szemek koptatottsága és a tapasztalt sajátosságok szerinte éppen a hordalékkúpokra jellemzőek. A szemcsék matt felszínét sem tartja az eolikus szállítás bizonyítékának, hiszen ez lehet kémiai hatás eredménye is. Elektronmikroszkópos vizsgálatokat végzett a jánoshalmi J-1 sz. MÁFI alapfúrás homoküledékein és megállapította, hogy a futóhomok forrását képező hordalék korábbi görgetettségében is számottevő különbségek lehettek, valamint az eolikus rétegek közé vízi szállítású üledékek települnek (1982). Összefoglaló munkát készített az Alföld hordalékkúpjainak negyedidőszaki fejlődéstörténetéről (1989), részletesen kitérve a Duna hordalékkúpjára is.

A Sümeghy-csoport tagjaként ERDÉLYI MIHÁLY is részt vett az 1950-ben elindított földtani térképezésben a területen és később tanulmányt írt a Duna-Tisza közének vízföldtanáról (1967a, 1967b). Az első cikk röviden áttekinti a földtani kutatást és a vízfeltárás korábbi eredményeit, beszámol a vízhálózat kialakulásáról és elkezd a vízföldtani tájegységek tárgyalását is (Jászság és Zagyvatorok, Duna-Tisza közti hátság). Véleménye szerint a Duna legtöbbször a mélyre süllyedt rögök feletti süllyedékeken átfolyva haladt az alföldi medence legmélyebb, délalföldi nagy süllyedékébe mindaddig, míg kialakult a mai É–D-i folyásiránya. Magyarázatot ad a dunai hordalék eltérő jellegére a pliocénben és a pleisztocénben, valamint végigköveti a pleisztocén dunai folyásirányok változását (a főmedret vonzó süllyedékek közül mindig a keleti az idősebb és nyugat felé egyre sekélyebbek a süllyedékek). Megállapítja, hogy a rétegvíz vegyi összetétele (klorid és özszes oldott sótartalom) hirtelen ugyanott változik, ahol a karottázs szelvények is kijelölik a negyedkori üledéksor fekvését. A második cikk a Duna-völgy és Bácska kialakulását, holocén fejlődését, a Duna-Tisza köze negyedkori kőzetanyagának eredetét, valamint a vízföldtani és szerkezeti kutatás közvetett földtani módszereit tárgyalja. Úgy véli, a Duna helyét nem egy É–D-i törés határozza meg, inkább a mai főmeder az egyes kis süllyedéseket fűzi fel. A közlemény irodalomjegyzéke alapos összefoglalását adja a témában korábban megjelent publikációknak.

A Rónai András vezetésével elvégzett komplex Alföld térképezés a Duna-Tisza közén 1971–1978-ig zajlott és ebben a munkában több térképlap felvételével valamint földtani atlaszok készítésével KUTI LÁSZLÓ is tevékenyen részt vett (1981, 1986, 1989a, 1991). Egyetemi doktori értekezésében elvégezte a kecskeméti térképlap által lefedett terület agrogeológiai értékelését (1977). Foglalkozott vízkémiai kutatásokkal (1978), az egyik kidolgozója volt a MÁFI Agrogeológiai és Környezetföldtani osztályán jelenleg is használt BFK módszernek (1991, 1994). Agrogeológiai kutatásokat végzett különböző homoktalajokon (1997) és agrogeológiai térképtípusokat dolgozott ki tájegységi (2002a) és mintaterületi szinten (1989b, 1993). Munkatársaival összefoglalta a talajvíz felszín alatti mélységének változását a Duna-Tisza közti Hátságon (1998). Földtani, agrogeológiai és vízföldtani vizsgálatokat végzett a Kiskunsági Nemzeti Park területén (1995, 2001). Kutatta az agrogeológia és a szikesedés kapcsolatát (1999).

A magyarországi löszök paleoökológiai rekonstrukciójával többek között SÜMEGI PÁL és KROLOPP ENDRE is foglalkozott, elsősorban Mollusca-fauna alapján. Megállapították, hogy a Duna-Tisza közén, az interstadiálisokban a löszön kialakult talajszintekben a xerofil (eny-

hébb klímát kedvelő és szárazságtűrő) Mollusca fajok aránya jelentősebb, mint az ország más részein és a Balkán felől az enyhébb klímát kedvelő elemek egészen ennek a régiónak a centrális részéig nyomultak be és itt érték el elterjedésük északi határát (1995). Szerzőtársaikkal együtt elkészítették a Szeged-Öthalom környéki löszképződmények keletkezésének paleoökológiai rekonstrukcióját is (1995). Vizsgálataik alapján a lösz lerakódása a Dél-Alföld területén aránylag enyhe klíma (16-19,5 °C júliusi középhőmérséklet) alatt és ligeterdei-erdőössztyepp vegetáció esetén is végbement.

A Duna-Tisza köze földtani kutatástörténetének jelentős időszakát végigkíséri egy máig lezáratlan vita a terület kialakulásával kapcsolatban. Mind a hordalékkúp-elméletnek, mind az eolikus származásnak vannak több évtizedes kutatói múlttal rendelkező hívei, máig bizonyítékok és cáfolatok egész sora látott napvilágot. Sem mintaterületem kiterjedése, sem a fúrások mélysége, sem szakmai tapasztalatom nem teszi lehetővé, hogy ebben a több mint ötven éve fennálló vitában állást foglaljak.

2.2. A Duna-Tisza közének talajtani kutatása

A talajtani kutatás története a Duna-Tisza közén is a földtani kutatással szorosan összefonódva kezdődött, agrogeológia néven. Mint már a földtani kutatási részből is kiderül, az első lépések SZABÓ JÓZSEF nevéhez kötődnek. 1891-ben megalakult a Földtani Intézet „agronómiai-geológiai” osztálya, élén INKEY BÉLA-val. Részt vett a Duna-Tisza köze agrogeológiai kutatásában TREITZ PÉTER (a földtani kutatástörténeti részben említettek kivül: 1898, 1901, 1917b, 1934), GÜLL VILMOS (1904, 1907, 1909), TIMKÓ IMRE (1935), BALLENEGGER RÓBERT és SCHERF EMIL (1935). A terület szikeseinek kutatásával foglalkozott főleg ebben az időszakban SIGMOND ELEK (1906, 1926, 1934) és HERKE SÁNDOR (1934, 1983).

1931-1951 között KREYBIG LAJOS vezetésével elkészült az ország átnézetes talajismereti térképe (1937). 1948-ban az Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetének megalakulásával intézményileg is önállósodott a talajtani kutatás. A genetikai talajterképezés fellendülését STEFANOVITS PÁL munkássága fémjelzi (1961) és általános talajtani munkáiban a Duna-Tisza köze talajainak ismertetése is helyet kapott (1963, 1999). A szikések kutatásával foglalkozott ARANY SÁNDOR (1956), SZABOLCS ISTVÁN és JASSÓ FERENC (1961), SOMOGYI SÁNDOR (1965) valamint HARMATI ISTVÁN (2000).

Évtizedek óta talajtani és talajfizikai kutatásokat végez a területen VÁRALLYAY GYÖRGY (1966a, 1966b, 1967a, 1967b, 1983, 1993a). Munkatársaival kategória rendszert dolgozott ki és térképet szerkesztett magyarországi talajok vízgazdálkodási tulajdonságait összegezve (1979, 1980b), elkészítette az ország területére (és így a Duna-Tisza közére is) vonatkozó termőhelyi adottságokat meghatározó talajtani tényezők térképét (1979, 1980a), Szabolcs Istvánnal megvizsgálta a talajok termékenységét gátló tényezőket hazánkban (SZABOLCS I. 1980), valamint összefoglalta és ábrázolta Magyarország agroökológiai potenciálját meghatározó talajtani tényezőket (1981a). Szikkutatással foglalkozik (a területen is) TÓTH TIBOR (Csillag, J.-Tóth, T.-Rédly, M. 1995, 1999, 2002, Kuti et al. 2002b) és BAKACSI ZSÓFIA (1998, 2001).

A térségben talajjavítási kísérleteket végzett (1927, 1928) és Westsik Vilmos (1928, 1929), valamint kutatásokat végzett EGGERSZEGI SÁNDOR (1958, 1960, 1961, Antal J. et al. 1966).

A Duna-Tisza köze növényvilágát többek között tanulmányozta BERNÁTSKY JENŐ (1911), SOÓ REZSŐ (1931, 1964), MOESZ GUSZTÁV (1940), BOROS ÁDÁM (1952), BODROGKÖZY GYÖRGY (1960, 1962), JÁRAINÉ KOMLÓDI MAGDA (1966), SZODFRIDT ISTVÁN és FARAGÓ SÁNDOR (1968), valamint SIMON TIBOR (1979).

Bugaccal és környékével foglalkozott GYÖRFFY ISTVÁN (1943) és SZODFRIDT ISTVÁN (1969). A bugaci homokpusztagyep kezelésére vonatkozó javaslat KELEMEN JUDIT szerkesztésében jelent meg, egy nagyobb munka részeként (1997). A Kiskunság homoki növényzetéről alapos összefoglaló munka jelent meg MOLNÁR ZSOLT szerkesztésében (2003). A terület tájtörté-

netét BIRÓ MARIANNA dolgozta fel (2003).

A Kiskunsági Nemzeti Parkban eddig végzett és jelenleg is folyó kutatásokról külön is érdemes beszámolni. A nemzeti park természetföldrajzi környezetét és a talajvízszint süllyedés hatását IVÁNYOSI SZABÓ ANDRÁS vizsgálat (1994, 1995). Földtani kutatásokat végeztek a MÁFI Agrogeológiai és Környezetföldtani Osztályának munkatársai KUTI LÁSZLÓ vezetésével (1997, 2002c). A nemzeti park tavainak kialakulását és vízföldtani fejlődéstörténetüket MOLNÁR BÉLA dolgozta fel (1976, 1979, 1985), együttműködve a MÁFI Agrogeológiai és Környezetföldtani Osztályával (1978a, 1978b, 1994, 2001). A talajviszonyokat SZABOLCS ISTVÁN foglalta össze (1979), talajtani kutatásokat végzett munkatársaival VÁRALLYAY GYÖRGY (1985) és MOLNÁR ENDRE (1995), az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetben. A nemzeti park növényvilágáról TÖLGYESI ISTVÁN készített összefoglalót (1979), míg az erdei növénytakaságokat SZODFRIDT ISTVÁN jellemezte (1979). A Növénytani kutatásokat végeztek az MTA Növénytanának munkatársai SZUJKÓNÉ LACZA JÚLIA (1985) és JÁRAINÉ KOMLÓDI MAGDA vezetésével (1995), a JATE Növénytani Tanszékének munkatársai BAGI ISTVÁN vezetésével (1995), valamint az ELTE Növényrendszertani és Ökológiai Tanszékének munkatársai SIMON TIBOR és JUHÁSZ-NAGY PÁL (1985), majd HAHN ISTVÁN és SZABÓ MÁRIA vezetésével (1995). A területen folyó ökológiai kutatásokat a JATE Ökológiai Tanszékének munkatársai végezték GALLÉ LÁSZLÓ irányításával (1995), valamint ökológiai és etológiai kutatás történt BILKÓ ÁGNES vezetésével az ELTE Etológia Tanszékén (1995). Növényevő emlősök és a vegetáció kapcsolatát vizsgálta a Bugacbócsai védett területen ALTBÄCKER VILMOS (1998). Az állattani kutatások ismertetése nem témája a dolgozatnak.

3. Anyag és módszer

A Bugaci-mintaterületen 1988-ban 87 darab és 1998–99-ben 90 darab 10 méteres mélygû sekélyfúrás mélyült közel négyzethálós rendszerben (1001-es számú fúrástól az 1097-es számú fúrásig). A területen a fúrások 500 illetve 1000 méteres rácsháló mentén (a mintaterület közepén sűrűbben, a szélein ritkábban) lettek kijelölve (2. ábra). A második sorozat fúrásait az első sorozat lemélyítésekor térképre vitt fúráshelyek alapján jelöltük ki. Mindkét sorozatban előfordult, hogy egyes fúrások a kijelölt hely megközelíthetlensége miatt nem lettek lemélyítve. Csak az első fúrási sorozatban lett lemélyítve az 1022-es számú fúrás, míg csak a második alkalommal mélyült az 1040, 1049, 1057 és 1072-es számú fúrás.

A fúrások mintaanyagát a terepi munka során részletesen leírtuk, és a makroszkópos leírás alapján megmintáztuk. Az első fúrássorozat lemélyítésekor a teljes szelvényből általános szedimentológiai vizsgálatra vettünk mintát (2 m-ig fél méterenként, majd méterenként, ha a rétegváltás nem kívánt mást), a második fúrássorozat lemélyítésekor a BFK módszer előírásainak megfelelő kitudetett mélységekből vettünk mintát kémiai elemzésre. A BFK módszer azt jelenti, hogy a talaj felső és alsó (A illetve A₁ és A₂) szintjéből, a talaj anyaközetéből (C szint, az alapközet szintje), a talajvíz jelentkezési mélységéből (a talajvíz ingadozási zónája) és az állandóan talajvízzel borított zónából veszünk mintát (BARTHA A.–FÜGEDI U.–KUTI L. 1991 és KUTI L.–TULLNER T. 1994). Az egyes szintek mélysége fúrásonként eltér, de a talaj szintje mindig a felszínhez, a talajvíz jelentkezési mélysége a talajvíztérképen feltüntetett értékekhez, míg az állandóan talajvízzel borított zóna a fúrás talpmélységéhez köthető. Az alapközet szintjének elhelyezkedését a 3. ábra mutatja. A talpmélységből akkor is vettünk mintát, ha a 10 méteres fúrás nem érte el a talajvíz szintjét. Mind az első, mind a második fúrássorozat lemélyítésekor megmértük a talajvíz megütött és nyugalmi szintjét, valamint a második alkalommal, ha ez lehetséges volt mintát is vettünk a talajvízből.

A Mangalica-szék (a Fekete-széktől DK-re) karbonát viszonyainak feltárására 2000. márciusában 5 darab, 1,7-3 méteres sekélyfúrást mélyítettünk és makroszkópos leírás után sűrűn megmintáztuk (7-10 minta fúrásonként). Mintát vettünk a talajvízből és a tóvízből is. A karbonátok elemzését DAVIDE BIONDA svájci geológus végezte el (2001), ebben a dolgozatban a szedimentológiai elemzésből és a vízminták kémiai elemzéséből kapott adatokat használtam fel.

Az öt eltérő közetkifejlődési-típusú részterület jellemzésére kiválasztott fúrásokat (fúrás-szám: 1048, 1026, 1096, 1063, 1079) 2000. augusztusában ismételten lemélyítettük és részletesen megmintáztuk (17-20 minta fúrásonként). A laboratóriumban szedimentológiai, röntgen és termoanalitikai vizsgálat készült. Az öt kiválasztott fúrás mintáinak szemcseeloszlás görbéi a SAGUS (GYURICZA GY.–MÜLLER T.–VALKAI L. 1999) program segítségével készültek el.

A növényzet és a képződmények felszíni kiterjedésének összefüggése vizsgálatára 2002. áprilisában kézfúróval 17 db, maximum 60 cm-es sekélyfúrást mélyítettünk, 11-ből mintát is vettünk szedimentológiai elemzésre (fúrás jele: B1–B17). A vizsgálatok folytatására 2002. novemberében került sor, melynek során kézfúróval 9 db maximum 1 méteres sekélyfúrást mélyítettünk és mindegyikből mintát vettünk szedimentológiai elemzés céljából (fúrás jele: B 9, B 11, B 14-B17, 1002/A, 1011/A, 1050/A). Voltak fúrások, melyeket a második esetben is lemélyítettük, de mélyebbre fúrtunk. A fúrások mélysége azért tér el egymástól, mert első sorban a réti és lápi növényzet előfordulása alapján feltételezett tavi képződmény elérésére és megmintázására törekedtünk.

A begyűjtött mintaanyagot a MÁFI laboratóriumaiban vizsgáltattuk meg. Az üledékek szemcseösszetételének megállapítása szitálással illetve ülepitéses eljárással (Köhn-módszer) történt. A gyorsan (kalcium-karbonát) és lassan (magnézium-karbonát) oldódó karbonátok mennyiségét Scheibler-módszerrel határoztattuk meg. A vízmintákat rutin vízvizsgálat-

nak alávetve megkaptuk a keménységet (NKF), a fő kationok (Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Fe^{++} , NH_4^+ , Mn^{++}) és anionok (Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{--} , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{--} , CO_3^- , OH^-) mennyiségét, valamint az összes oldott anyag tartalmát. A laboratóriumban a pH- és a vezetőképesség meghatározását WTW Multiline P4 típusú kombinált vezetőképességmérővel végezték. A vízmin-tában lévő kationokat ICP-AES (Jobin Yvon 70 típusú-szimultán-szekvens induktív csato-lású plazma emissziós spektrométer) készülékkal, az anionokat pedig ionkromatográffal (Waters 510 típusú HPLC) vizsgálták, kivéve a HCO_3^- , CO_3^{--} és OH^- tartalmat, amit titrálással határoztak meg. A részterületek közetkifejlődési-típusait jellemző öt fúrás mintáinak röntgen vizsgálata PW 1710 (Philips) röntgendiffraktométerrel és termoanalitikai vizsgálata Derivatográf PC-vel történt.

A térképeket és szelvényeket kézzel szerkesztettem, majd digitális feldolgozásuk a Bentley cég MicroStation PC programjával és az Intergraph cég MGE (The Modular GIS Environment) PC programjával történt. A statisztikai számításokhoz és a grafikus ábrázolás-hoz az SPSS for Windows 10.1-et és az Excel 97-et használtam.

A laza üledékek összetételének jelölésére a Rónai András és munkatársai által kidolgo-zott és 1964-óta az Agrogeológiai és Környezetföldtani Osztályon használt számjelzést alkalmaztam (RÓNAI A. 1985) (1-9. melléklet).

Az alapszámok a következők:

1= kavicsfrakció, 2 mm-nél nagyobb átmérőjű szemcsék (a mintaterületen nem fordult elő a vizsgált mélységig)

2= homokfrakció, 0,06-2,0 mm átmérőjű szemcsék

3= homokliszt frakció, 0,02-0,06 mm átmérőjű szemcsék

4= közetliszt, iszap, 0,005-0,02 mm átmérőjű szemcsék

5= agyag, 0,005 mm-nél kisebb átmérőjű szemcsék

Az alapszámokat abban a sorrendben írjuk egymás mellé, amilyen sorrendet az üledék-ben a mennyiségük mutat. Ha valamelyik frakció a 60%-ot meghaladja, akkor egymás után kétszer írjuk ki a jellemző számot.

A homokkategórián belül megkülönböztetünk:

221 durva szemű: 0,5-2,0 mm

222 közép szemű: 0,2-0,5 mm

223 apró szemű: 0,1-0,2 mm

224 finom szemű: 0,06-0,1 mm

A homokliszt frakcióra, valamint az e frakció túlsúlyával jellemezhető üledékekre a lösz elnevezést használjuk. Löszös homoknak a 23-as kódszámmal kezdődő üledékeket nevez-tem.

4. Felszíni és felszínközeli képződmények

4.1. Morfológia, vízrajz

A 49 km² nagyságú Bugaci-mintaterületet a községtől nyugatra jelöltük ki úgy, hogy kiterjedjen az Ősborókás keleti peremére is. A mintaterület két, északnyugat-délkeleti irányú dombsor peremét, és a köztük lévő hasonló irányú laposabb részt fedi le. A tengerszint feletti magasság 106,8 m-től 126,2 m-ig változik (4., 5. ábra). A legmélyebb pontok a terület DK-i részén, a Kelő-éri-csatorna két ága között található, míg a legmagasabbak ettől Ny-ra, a homokbuckákra telepített erdőkben. A területen állandó felszíni vízfolyás nem halad át, de középtájt ÉNy-ról DK felé átszeli a Kelő-éri-csatorna, amely a DK-i negyedben többször két ágra szakad (2. ábra). A mintaterület DNy-i sarkán a Bócsa-Bugaci-csatorna halad át ugyanolyan irányultsággal, mint a korábban említett másik csatorna, de az 1091-es fúrásnál ÉK felé fordul, majd úgy 1 km múlva visszatér a kiindulási irányba. A terület É-i részén, középtájt több kisebb-nagyobb szikes tó található: Kis-Széki-tó, Kerek-tó, Fekete-szék, Mangalica-szék és három kicsi, név nélküli vízfelület. A tavak közös jellemzője, hogy szikesek, sekélyek és ebből adódóan időszakosak (van amikor nemcsak szezonális változások fedezhetők fel, hanem éveikig kevés a csapadék némelyik feltöltésére, pl. Mangalica-szék). Jellemző még, hogy a két dombsor közti mélyedésben számtalan különböző méretű és formájú zizenyős, lápos tocsogó teszi változatossá a felszíni képet.

4.2. Üledékek

A területen a vizsgált mélységig, a fúrások alapján, a homok az uralkodó üledék (74%), ezt követi a lösz (12%), majd a tavi üledékek (9%) és végül a löszös homok (5%). Az elnevezések, kódszámok és szemcsetartományok részletes bemutatása a 3. Anyag és módszer fejezetben található.

Homok: uralkodóan apró szemű (93%), de közép szemű (5%) és finom szemű (2%) minták is előkerültek. Jól illetve közepesen osztályozott, átlagos kalcium-karbonát tartalma 7% és magnézium-karbonát tartalma 6%. Az üledékek ásványos összetételében a kvarc van a legnagyobb mennyiségben, és jelentős a földpátok és a klorit mennyisége is, a kalcium-karbonát és a magnézium-karbonát is megtalálható. Binokuláris mikroszkópban (50x-es nagyítás) a vizsgált apró szemű minták osztályozottsága változó, a kisebb méretű szemcsék sarkosabbak, matt és fényes szemcsék egyaránt előfordulnak, a szemcsék felületén jól látszanak a szél általi szállítás nyomai, a kvarc szemek színe változatos (a fehértől a sárgán át a narancsig). Az eredetileg dunai pleisztocén folyóvízi homokot az uralkodó ÉNy-i szelek szállították a területre, amely így magán viseli a fluviális és eolikus szállítás nyomait is. Bár a holocénben a szél többször átmozgatta, de eredeti korát tekintve a pleisztocénbe sorolandó. A dunai eredetre vonatkozóan több kutató is szolgáltat bizonyítékokkal (LENGYEL E. 1931; MIHÁLTZ I. 1938, 1950, 1967; KRIVÁN P. 1953; SZABÓ P. 1955; MOLNÁR B. 1961, 1963, 1966).

Lösz: uralkodó benne a durva közetliszt szemcsetartomány (0,02-0,06 mm), jól vagy közepesen (homokos vagy áthalmazott) osztályozott, átlagos kalcium-karbonát tartalma 9% és átlagos magnézium-karbonát tartalma 15%. A bugaci löszminták nagyobb részében (56%) a durva közetlisztet gyakorisági súlyszázalékban a homok követi (32 az első két kódszám), jelentős a második helyen megjelenő iszap-frakcióval rendelkező minták száma (40%, 34 az első két kódszám) és elenyésző a 60% fölötti mennyiségben durva közetlisztet tartalmazó minták mennyisége (4%, 33 az első két kódszám). Megkülönböztethetünk típusos és infúziós lösz (HORUSITZKY F. 1932), attól függően, hogy a hulló por száraz vagy nedves (átnedvesedett vagy időszakosan vízzel borított) térszínre hullott. A két típus szemeloszlásában megegyezik vagy közel azonos, különbség a szerkezetben (az infúziós rétegzett) és

a csigafaunában (a típusosban csak szárazföldi fajok találhatóak) jelentkezik (MIHÁLYINÉ LÁNYI I. 1953). A típusos lösz lerakódásában a földrajzi környezetnek volt nagy szerepe, nagyobb vastagságot sztyeppvegetációval borított vidéken ért el (RÓNAI A. 1991; PÉCSI M. 1993). A lösz kora pleisztocén, eredetére vonatkozóan a vélemények eltérnek egymástól. Vannak, akik a dunai eredetet látják bizonyíthatónak a meghatározott elsődleges elegyrészek ásványai és a kémiai összetétel alapján (VENDL A.–TAKÁCS T.–FÖLDEVÁRI A. 1934) és vannak, akik úgy vélik, távolabbról érkezett keleties szelekkel (KRIVÁN P. 1953; MIHÁLTZ I. 1953, 1967; MIHÁLYINÉ LÁNYI I. 1953). A mintaterületen talált lösz szemcseösszetételében a típusos löszhöz áll közel, bár gyakran homokosabb annál.

Tavi üledékek: a tavi üledékek közé sorolt minták szemcseösszetétele nagyon változatos, többségükben mind a négy fő szemcsefrakció 15% fölötti értéket képvisel (2, 3, 4, 5-ös kódszámú csoport), de jelentős a három fő szemcsefrakciót tartalmazók aránya is. A terület földtani felépítéséből adódik, hogy a tavi üledékek nagy többsége homokot tartalmaz legnagyobb százalékban, de ezt szorosan követi a többi összetevő aránya. Jellemző tehát az üledék rosszul osztályozott volta, valamint a nagyobb karbonát (gyakran több magnézium-karbonát, mint kalcium-karbonát) és szervesanyag tartalom. Az utóbbi megállapítás elsősorban makroszkópos leírás alapján, mivel laboratóriumi elemzés a humusztartalom mérésére csak felszíni tavaknál készült. Az eltemetett tavak kora (feltéve, ha nem csak lepelhomok található rajta) pleisztocén, a felszínen lévőket a holocénben képződtek. Mivel mind az eltemetett, mind a felszíni tavak többségében mészszipa is található, ezért külön is foglalkozni kell ezzel a képződménnyel. Értelmezésünkben a mészszipa olyan különböző szemcseösszetételű üledékek neve, amelyben a kalcium-karbonát (gyorsan oldódó karbonát) aránya nagyobb, mint 30%. Az eseteknek kb. ötödében ehhez nagy (20%, vagy nagyobb) magnézium-karbonát (lassabban oldódó karbonát) társul. A karbonátok származását többféleképpen magyarázzák, bár fontos megemlíteni, hogy a homok- és a lösz-szemcsék között is van karbonát anyagú (LENGYEL E. 1931; SZABÓ P. 1955; saját vizsgálatok). Az egyik magyarázat szerint, a tavakban a „nátriumkarbonát koncentráció növekedése” okozta a kalcium és magnézium kicsapódást (HERKE S. 1934), melynek időbeni lefolyását SMAROGLAY F. vizsgálta (1939). Mások szerint a környékbeli magasabb homok- és löszfelszínekre hullott CO₂ tartalmú csapadékvizek kalcium- és magnézium-karbonátokat oldottak ki, ezek az oldatok folyamatosan szivárogtak a legmélyebb területek felé, majd a felszínre jutottak és koncentráálódtak (MIHÁLTZ I.–M. FARAGÓ M. 1945). Foglalkozott még a kérdéssel KRIVÁN P. (1953b), MUCSI M. (1963) és legrészletesebben MOLNÁR B. (1980, 1996), aki megvizsgálta a Duna-Tisza köze tavainak nagy részét.

A mintaterületen az első vizsgálatokkor egy fúrásban írtak le tözeget.

4.3. Felszínföldtan

A felszínen döntően futóhomok van, az egykori szikes tavak mára már kiszáradt medreit azonban agyagos finom kőzetliszt (agyagos iszap), illetve finomkőzetlisztes agyag (iszapos agyag) tölti ki (6. ábra). Ez a tavi üledék sok helyen elmeszesedett s gyakori, hogy a felszínen, vagy közvetlenül a felszín alatt mészszipa réteg alakult ki. A tavak nagy része, a domborzatnak megfelelően egy ÉNy–DK irányú sávban, átlósan húzódik a terület középső részén és kissé ÉK-re. Egy tavi képződményt mutató folt a DNY-i sarokban is előfordul. Az időszakosan vízzel borított szikes tavak környezetében a felszíni képződmények is elszikesedtek. A felszíni földtani térkép vegetáció alapján történt pontosítása a 9. fejezetben található.

4.4. Felszínközeli képződmények (10 méterig)

A felszínközeli képződmények uralkodóan eolikus üledékek, futóhomok és lösz (7.-10. ábra, 1.-9. melléklet). A terület középső mélyebb részén, egy körülbelül 2-4 km szélességű

sávban a 10 méteres szelvény egészében homokot tártunk fel (szintén csak homok került elő még két fúrásból, a K-i peremen). Ettől északkelet és délnyugat felé a homok vékonyodik, és a 2-6 méteres vastagságú homokréteg alatt 4-8 méteres vastagságú lösz található. A mintaterület nyugati, déli és keleti peremén kisebb-nagyobb foltokban változatos kifejlődésűek a felszín-közeli képződmények: a futóhomok és lösz 1-3 méteres rétegekben többször váltakozva települ egymásra, gyakran 1-2 m-es löszös homok átmenettel. Az ÉNy-DK-i irányú homoksávban eltemetett tavak találhatóak, néha több is egymás felett. Ez azt bizonyítja, hogy a buckák közötti laposokban lévő és ismételten kialakuló tavak finom üledékét a szél-fúvás hatására újra és újra beborította a futóhomok. Tavi képződmények találhatóak még a löszben is és a lösz fölött elhelyezkedő homokban is, változó vastagságban (0,5-2 m).

A felszíni-felszínközeli képződmények alapján öt eltérő közetkifejlődési-típusú részterület különíthető el a mintaterületen (5. fejezet), melyek fokozatos átmenettel illeszkednek egymáshoz.

4.5. Talajviszonyok

A területen a talajképződési viszonyokat az anyaközet, a domborzat és a vízviszonyok határozzák meg. A változó nedvességdinamika következtében a mikroheterogenitás igen nagy, amit a talaj mellett a növényasszociációk is jól jeleznek. Az uralkodó talajképződési folyamatok közé tartozik a futóhomok humuszszódása, réti talajképződési folyamatok, láposodási és szikesedési folyamatok (VÁRALLYAY Gy. et al. 1983).

A genetikai talajosztályozás nevezékánát használva a területen megtalálható talajtípusok a következők (10., 11. melléklet):

Futóhomok: a bugaci nagyerdő területén, ritkás törpe nyárfások és borókások alatt található. Sok tekintetben nem sorolható a talajok közé (alapközet vagy szerkezet nélküli váztalaj – RAKONCZAY Z. ed. 2001), mivel nem rendelkezik genetikai szintekkel, alig folyik benne biológiai tevékenység, nagyon alacsony az agyag- és szerves anyag tartalma. Vízgazdálkodása rossz, humuszképződés és szervesanyag vándorlás nincs és a gyér homokpusztai növényzet szerves maradványai gyorsan mineralizálódnak (SIMON T.–JUHÁSZ-NAGY P. 1974). Ott keletkezik, ahol a homokmozgás a közelmúltban állt meg, lehetővé téve szárazságtűrő (xerofita) növények megtelepedését (VÁRALLYAY Gy. 1993).

Gyengén humuszos homok: futóhomok mellett található. A váztalaj főtípusba tartozik, morfológiailag gyengén humuszos, azaz a humusztartalom 1% alatti és vastagsága kevesebb, mint 30 cm (SIMON T.–JUHÁSZ-NAGY P. 1974). Futóhomokból keletkezik úgy, hogy a pionír természetes növényzet megköti a homokot, növeli a nedvesség visszatartó és víztároló képességet, ezáltal létrejöhet az állandó és sűrűbb növényborítottság. A nagyobb primer biomassa produkció lehetővé teszi a humuszos szint fejlődését és a talajosodást (VÁRALLYAY Gy. 1993).

Réti talaj: tavak mentén és a terület mélyebb fekvésű középső részén található, ahol a talajvíz közvetlen befolyást gyakorolhat a talajképződési folyamatokra (SZABOLCS I. 1979). Kialakulásához szükséges az állandó, sekély (könnyen vagy időnként emelkedő), de nem stagnáló vagy sós talajvíz jelenléte. Jellemző a jól fejlett karbonát felhalmozódási szint (VÁRALLYAY Gy. 1993). Anyaközetük igen sokféle lehet a lepelhomoktól a lápos tavi üledékekig, de közös jellemzőjük a nagy karbonáttartalom („függő” mészfalok a zárt kapilláris zóna felső határán), a 3% alatti humusztartalom és 40-50 cm-es humuszréteg. Természetvédelmi értékük általában csekély, mivel leginkább szántóföldi művelés alatt állnak, kaszálók vagy elgyomosodott legelők (VÁRALLYAY Gy.–MOLNÁR E.–RAJKAI K. 1985).

Szikes talajok: a szikesek kiterjedése a sós tavak és lápos területek előfordulásával van szoros kapcsolatban. Az uralkodó szikesedési folyamat a területen a szódás-szolonszók talajképződés, de előfordul szolonyec talajképződés és a belvízrendezés után egyre

gyakrabban e kettő típus átmenete is megtalálható (VÁRALLYAY Gy. et al. 1983). A szódás szikések alatt a talajvíz sekélyen (rendszerint 2–2,5 m felett) helyezkedik el, sótartalma és lúgossága jelentős, a lúgosan hidrolizáló nátriumsók miatt (SZABOLCS I. 1979). Ezek a talajok humuszban és növényi tápanyagokban szegények, a felső szintek szervesanyag tartalma ritkán éri el, illetve haladja meg az 1%-ot.

5. A tíz méteres összlet kőzetkifejlődési típusai

A 10 m-es összlet kőzetkifejlődési térképén (11. ábra) a mintaterületen előforduló különböző fúrási rétegsor-típusokat ábrázoljuk, vagyis összességében értékeljük a vizsgált képződményeket 10 méteres mélységig. A homok, a lösz és a tavi képződmények (a fúrások besorolásánál ide tartozik a mészsizap és a tőzeg is) egymáshoz viszonyított helyzetét elemezzük és az egyes fúrásokat ez alapján soroljuk csoportokba. Csak az egy méteres, vagy annál vastagabb kifejlődéseket vesszük figyelembe (kivételt jelenthetnek tavi képződmények, mivel már egy fél méteres mészsizap réteg is erősen vízzáróvá teszi a felszínt). Ennek alapján a bugaci mintaterületen először hat csoportot lehetett elkülöníteni:

1. Homok-típus (10 méterig homok található, a fúrások 28%-a)
2. Homok/lösz-típus (a felszínen homok található, majd lösz következik, vagy a felszíni homok után a lösz és a homok váltakozik egymással, a fúrások 28%-a)
3. Homok/tavi képződmény-típus (a felszínen homok található, majd valamilyen tavi képződmény következik és általában homok zár, előfordul több eltemetett tó is egymás fölött, a fúrások 9%-a)
4. Tavi képződmény/homok-típus (a felszínen tavi képződmény (sokszor mészsizap) található, majd alatta homok a talpmélységig, előfordul eltemetett tó is a homokban, a fúrások 10%-a)
5. Homok/tavi képződmény/lösz-típus (a felszínen homok található, majd lösz következik, de tavi képződmény is képződött valahol a szelvényben: homokban, löszben, két képződmény határán, a fúrások 21%-a)
6. Tavi képződmény/homok/lösz-típus (a felszínen tavi képződmény (sokszor mészsizap) található, majd alatta homok és lösz következik, a fúrások 4%-a)

A tavi képződmény/homok/lösz-típus kis aránya indokolta, hogy összevonásra kerüljön tavi képződmény/homok-típussal, mivel a felszíni tavi képződmény a meghatározó tulajdonság a szelvényben. Ezután öt típusból kellett egy-egy tipikus fúrást kiválasztani a további vizsgálatokhoz. A kiválasztott öt fúrást ismételten lemélyítettük és részletesen megmintáztuk (17-20 minta fúrásonként). A laboratóriumban szedimentológiai, röntgen és termoanalitikai vizsgálat készült (a korábbi fúrások nagy száma az utóbbi két vizsgálat elvégzését nem tette lehetővé és ez is indokolta a típus fúrások kiválasztását a terület jellemzésére). A tavi képződmény/homok-típusnál nem sikerült elsőre eltalálni azt a területet, ahol a lepelhomok nem fedte be a felszíni tavi réteget. Ezért mélyült az első fúrástól távolabb (25 méterre), még egy 1 méteres fúrás is (/A-val jelölve), ahol megtaláltuk a felszínen a tavi képződményt. Jelenleg a tó helyén rét található, mely a csapadékosabb időszakokban vizenyős, nyáron azonban kiszárad és csak az üdebb zöld növényzet jelzi a felszíni vízzáró réteget.

5.1. A tíz méteres összlet kőzetkifejlődési típusainak ásványtani jellemzése

Az ásványtani jellemzéshez a röntgenvizsgálatok eredményeit csoportosítottam, a következők szerint:

- filloszilikátok (montmorillonit, illit/szmektit, illit, klorit, biotit, talk)
- kvarc (mivel a területre a homok nagy aránya jellemző, ezért indokolt a külön csoportba sorolás)
- törmelékes, a területre szállítódott ásványok (káliföldpát, plagioklász, piroxén,

- amfibol, muszkovit)
- karbonátok (kalcit, dolomit, Mg-kalcit)
- redukciót jelzők (pirit, gipsz)
- oxidációt jelzők (hematit, goethit)
- amorf anyagok (szerves anyag, limonit- és kovagél)

A szerves anyag mennyiségét a termoanalitikai vizsgálatok alapján vettem figyelembe. Az egyes típusok ásványtani csoportjainak adatait a 1. táblázat és a 12.-16. ábra mutatja be.

A kőzetkifejlődési típusokat szedimentológiai különbségek alapján különítettem el, tehát az egyes képződmények (homok, lösz, tavi kifejlődés) megjelenése és egymáshoz viszonyított helyzete a meghatározó. A különböző képződmények nem csak szemcseeloszlásukat tekintve mások, de ugyanez elmondható az ásványtani összetételre is.

A filloszilikátokat vizsgálva megállapítható, hogy a homokokra az illit (saját vizsgálatok mellett ZENTAY T. 1985; KUTI L.–GEREI L.–ZENTAY T.–VATAI J. 1996) és a klorit előfordulása jellemző, míg montmorillonit, illit/szmektit és talk ritkán és kis mennyiségben található; a löszben a montmorillonit és klorit uralkodik, míg illit, illit/szmektit és talk szinte soha nem fordul elő; a tavi képződményekre az előző két csoport keveréke jellemző, vagyis a montmorillonit, az illit és a klorit is gyakori. Van olyan vélemény, miszerint a montmorillonitnak a löszben tapasztalható dúsulása arra vezethető vissza, hogy a légi szállítás közben ez az ásvány elektrosztatikusan a többi agyagásványnál erősebben tapad a kőzetliszt-szemcsék felületére, valamint a porózus szerkezet is elősegíti azokat az utólagos mállási folyamatokat, amelyek szmektiteket hoznak létre (RÉVÉSZ I. et al. 1991). A vizsgált területen azonban inkább helyi mállási folyamatról van szó, lúgos pH esetében (Kalmár János szóbeli közlése). Kaolinitet találtunk két fúrásban: az egyik esetben a homokban és a benne lévő tavi képződményben is, míg a másik esetben egy tavi kifejlődés alján. Valószínűleg helyi hatásra jött létre a földpátok mállásából.

A kvarctartalom a homokban nagy, a löszben kisebb, a tavi képződményekben pedig a homokbehordástól függően nagyon változó.

A törmelékes ásványok megoszlása is jellegzetes. A káliföldpát és plagioklász mindhárom képződményben jelen van, az utóbbi általában nagyobb arányban, de a muszkovit már a löszre jellemző (ez adódhat abból, hogy a muszkovit arra a területre jellemző, ahonnan a lösz is származik, vagy esetleg abból, hogy apró pikkelyes megjelenésű — KOCH S.–SZTRÓKAY K. 1967 — így gyengébb szelek szállíthatták a lösszel együtt, míg az erősebb szelek, amelyek a homokot fújták ki, továbbvitték volna) és az amfibol is ott gyakoribb. A tavi képződményeknél megfigyelhető, hogy minél nagyobb a kvarc mennyisége, annál több a törmelékes ásvány is, ami arra utalhat, hogy a tófenéken lévő vagy a befújó homok a forrás nemcsak a kvarc, de a törmelékes ásványok esetében is. A homoknál és a lösznél is érvényes, hogy a muszkovit és az illit kölcsönösen kizárják egymást, ami arra utal, hogy a vizsgált mintáknál nem volt folyamatban lévő muszkovit → hidromuszkovit → illit átalakulás.

A karbonátokat megvizsgálva, a kalcitban a Mg-helyettesítés nem ritka egyik üledék-típusnál sem (tavaknál uralkodó), de míg ennek mértéke a tavi képződményekben 2 és 3 mol%-os lehet, addig a löszben és homokban csak 2 mol%-os helyettesítést lehetett kimutatni. A vasas dolomit előfordulása a tavi képződményekben uralkodó, homokokban megfigyelhető, löszben nem észlelhető.

Reduktív környezet tavi képződmények esetén fordul elő leggyakrabban, a homoknál ritka, löszben pedig legfeljebb nyomokban észlelhetők az erre utaló ásványok. Oxidatív környezetre utaló ásványok a löszben jellemzőek, míg a homokban és a tavi képződményekben ritkábbak. Két mintában együtt fordultak elő a kétféle környezetre utaló ásványok: pirit, gipsz és hematit egy közel 1 méteres tavi kifejlődés alján, míg pirit és hematit az egyetlen mélyben fekvő humuszos homokrétégben. Ez a helyzet akkor

következhet be, ha az ásványok eolikus szállítással kerültek egy helyre, vagy hematit →hidrohematit→pirit, gipsz átalakulás zajlik (Kovács-Pálffy Péter szóbeli közlése), de ennek feltétele a vizes közeg, a szerves anyag jelenléte és a savas kémhatás. Ezek a feltételek, a pH kivételével mindkét esetben adóttak. A humuszos homokrétegnél elképzelhető egy tözegképződési folyamat, amikor a réteg még a felszínen volt és így biztosított lehetett a savas kémhatás is, de a tavi kifejlődés alján ez nem lehetséges. A többi homokmintánál szerves anyag csak a felszínen volt kimutatható, a többi tavi mintánál pedig nem észleltük a kettősséget, tehát lokális jelenségről lehet szó. Az oxidatív környezetet jelölő ásványok előfordulása kapcsolatot mutat a nedvességgel, mivel függetlenül a szemcseösszetételtől: vagy az állandóan talajvízzel borított zónában helyezkednek el (augusztusi mérésből adódóan a megütött talajvíz szintje valószínűleg az állandóan talajvízzel borított zóna felső határa is egyben), vagy egy vízzáró réteg fölött, ahol megrekedhet a csapadék. Ez arra utal, hogy helyben keletkeztek és nem az üledékkel szállították ide. Szerves anyag a löszben és a tavi kifejlődésekben gyakori, mivel a típusos lösz lerakódáshoz fűvetetációra volt szükség (RÓNAI A. 1991, PÉCSI M. 1993), a tavakban pedig, mégha időszakosan is (nyáron a tavak gyakran kiszáradtak) de biztosított volt a növényzet vízigénye. A homokoknál a felszínen és egyes réteghatárok felett találunk humuszosodott réteget, ami valószínűleg korábbi talajosodás maradványa és megőrződését a finomabb alsó réteg segítette (ha a homok kiszárad, a növények elpusztulnak és a homokkal együtt a szerves anyag is szállítódik, szétszóródik). A felszíni homokréteg (homoktalaj) kicsi humusztartalmának oka az aerob körülmények miatti lebomlás (GEREI L.–REMÉNYI M.–NÉ–ZENTAY T. 1983) és a kis biomassza.

Különbségek nem csak a képződmények között léteznek, de az egyes képződményeken belül is fellelhetők. Az öt típusból háromnál előfordult illit-mentes homokréteg, amelyben viszont muszkovit volt kimutatható és ezek a rétegek mindig löszhöz kapcsolódtak (löszréteg alatt és/vagy felett fordult elő), ami azt jelezheti, hogy nem zajlott le muszkovit →hidromuszkovit→illit átalakulás. A homok/tavi képződmény/lösz (15. ábra) típusnál a legalsó 30 centiméteres homokréteg (9,6-9,9 m), bár szedimentológiaiailag nagyon hasonló összetételű, jelentős különbségekkel rendelkezik a többi homok előforduláshoz képest: 7% montmorillonit, 2% illit/szmektit, 5-5% illit és klorit, 2% pirit és 5% hematit. Ez a homokra nem jellemző ásványos összetétel nem feltétlen jelent egy eltérő homoktípust, valószínűbb hogy az alatta elhelyezkedő réteg eltérő voltára utal. Ez lehet tavi képződmény is és lösz is, a filloszilikátokat vizsgálva (a homok és lösz keveredése hasonló megoszlást eredményezhet, mint a tavi kifejlődés), ráadásul a hematit inkább löszre, míg a pirit tavi képződményre utal. A löszök egységesnek mondhatók, csak egy, korábban már említett illites réteg tér el a többitől a homok/lösz-típusnál (13. ábra). A tavi képződmények szedimentológiaiailag két típusba sorolhatók (agyagos homok és különféle agyagok, mint homokos és finom kőzetlisztes), de ásványtanilag azon kívül, hogy törvényszerűen a homokban több a kvarc és a törmelékes ásvány, nem találni csoportosításra alkalmas különbségeket.

A tavi képződményeket is összehasonlíthatjuk egymással. Az 1079-es jelű fúrásnál (tavi/homok típus, 16. ábra) a két felszíni–felszínközeli tavi kifejlődés más képet mutat (a szedimentológiai elemzés is mást mutat, mint a röntgen, de ez utóbbi módszer pontosabban képes meghatározni a karbonátok típusát, ezért ezt vettem alapul). A teljes fúrásnál a tavi képződményben a kalcittartalom lefelé nő és a legalsó harminc centiméteren (0,7-1,0 m) már mészszipap található, míg a /A fúrást vizsgálva azt tapasztaljuk, hogy két nagy kalcittartalmú (48 és 46 %) mészszipapréteg közé egy kis kalcittartalmú (6 %) ékelődik. A legtöbb kalcitra jellemző a Mg-helyettesítés. A dolomitnál nincs ilyen nagy különbség. Általánosságban elmondható, hogy két 10 % fölötti dolomitot tartalmazó réteg közé ékelődik egy nagyon sok dolomitot (63 és 76 %) tartalmazó réteg. Annyi különbség azonban megfigyelhető, hogy az első fúrásnál a legfelső réteg dolomittartalma nagyobb (9 %-kal), míg a /A fúrásnál az alsó kicsi dolomittartalmú réteg tartalmaz több dolomitot (15 %-kal). Az első fúrásnál ehhez gipsz is társul. Az oxidációs folyamatokat jelző

ásványoknál megállapítható, hogy a teljes fúrás tavi részén elég nagy %-ban fordulnak elő (hematit az alsó és felső rétegben 2, illetve 3%; goethit a felső rétegben 5 %), míg a /A fúrásban csak goethit nyomokat találunk.

Az 1063-as fúrás (homok/tavi/lösz típus, 15. ábra) tavi képződményét összehasonlítva az eddig előfordult tavi üledékekkel, leginkább az 1079-es fúrás első tavi rétegéhez hasonlít a filloszilikátok és törmelékes alkotók tekintetében (csak a plagioklász kétszeres mennyiségű). A karbonátoknál azonban változik a kép (háromszor annyi a kalcit-, mint a dolomittartalom) és a hasonlóság a már említett fúrás alsó tavi rétegére érvényes.

A lösz rétegek ásványi összetételükben nem térnek el lényegesen egymástól, sokkal egységesebb képet mutatnak, mint a homokok, vagy a tavi kifejlődések. Csak az 1026-os fúrás (homok/lösz típus) löszrétegének alján találtunk muszkovit helyett illitet, ami máshol nem fordult elő. Az illit megjelenése inkább a homokokra jellemző, de érdekes módon itt a határos homokréteg illitmentes, vagyis nem a mintavételnél fellépő keveredésről van szó. A homokkal ellentétben itt a löszréteg alján történt muszkovit → hidromuszkovit → illit átalakulás.

5.2. A tíz méteres összlet üledékei képződésének környezeti viszonyai a kiválasztott típus fúrások szedimentológiai elemzése alapján

A szedimentológiai elemzés keretében az öt kiválasztott fúrás mintáinak szemcseeloszlás görbéi készültek el a SAGUS (GYURICZA GY.–MÜLLER T.–VALKAI L. 1999) program segítségével, majd ezekből a közepes szemcseméret, a szórás (osztályozottság), a ferdeség (Sk) és a csúcosság (KG) adatok kerültek további feldolgozásra. Ezen statisztikus paraméterek geológiai értelmezése segíthet az üledékképződési környezet viszonyainak tisztázásában (BÉRCZI I. 1971, GECSEI É. 1988). A közepes szemcseméret értéke a lerakó közeg átlagos mozgási energiájára jellemző, de befolyással van rá sok más, az ülepítő közegtől független tényező is (pl. a származási kőzet szemcsetulajdonságai). Az osztályozottság (szórás) mértékéből az ülepítő közeg energiájának átlagtól való eltérésére következtethetünk. A ferdeség negatív értéke (a durva frakció felé ferdülő görbe) azt jelzi, hogy az ülepítő közeg mozgási energiája — hosszabb ideig vagy gyakrabban — meghaladta az átlagos mozgási energiát, míg pozitív ferdeség esetén (a finomabb frakció felé ferdülő görbe) az ülepítő közeg energiája — hosszabb ideig vagy gyakrabban — kisebb volt az átlagos mozgási energiánál. A csúcosság a mozgási energia ingadozását méri: ha értéke 1-nél nagyobb, az azt jelenti, hogy a sebesség ingadozások nem haladták meg hosszabb ideig az átlagsebesség 50%-át, ha kisebb, akkor meghaladták ezt az értéket. Az egyes paraméterek csoportosításához a határértékeket MOLNÁR BÉLÁ-tól vettem át (1981), a csoport elnevezése saját (2. táblázat). A szórás (osztályozottság), a ferdeség és a csúcosság adatokat minden mintánál megvizsgáltam, de az előfordulási gyakoriságot csak a homokok esetén számoltam ki, mivel a minták kis száma a lösznél és a tavi képződményeknél nem adott volna értékelhető eredményt.

Először az osztályozottságot hasonlítottam össze a mozgási energiával és a mozgási energia ingásával, majd fúrásonként haladva a mozgási energia változását (nagysága és ingása) követtem.

Osztályozottság:

- jól osztályozott: átlagos mozgási energia+egyenletes ingás v. nagy ingás (1-1 minta)
- közepesen osztályozott: átlagos mozg. en.+legkisebb ingás (4 minta)
- közepesen osztályozott: kisebb mozg. en.+egyenletes ingás (9 minta)
- közepesen osztályozott: kisebb mozg. en.+legkisebb ingás (6 minta) ⇔ 3 ellenpélda:

1048-as fúrásban 2 és az 1096-os fúrásban 1

Két helyen (az 1079-es és 1079/A fúrások legfelső tavi kifejlődésében) átlagos mozgási energia mellett rossz az osztályozottság, de ott nagy, vagy nagyon nagy volt az ingás.

Az eredményekből arra lehet következtetni, hogy ha az átlagos vagy kicsi mozgási energia egyenletes vagy legkevésbé ingadozó is egyben, akkor az osztályozottság jó vagy közepes lesz. A kisebb mozgási energia, ha legkevésbé ingadozik, okozhat még csekély osztályozottságot is az esetek 1/3-ban. Az összes többi kombináció csekély, vagy rossz osztályozottságot jelent. A fenti példák mind homokoknál fordultak elő. A lösznél csak sokkal kisebb mozgási energia figyelhető meg, többféle ingadozással.

Folyamatok az időben (mozgási energia változása – nagyság és ingás) (17. ábra):

m.e.= mozgási energia, i.= ingás

Homok-típus (1048-as fúrás, 17/a, f ábra)

sokkal kisebb m.e.→kisebb m.e.→sokkal kisebb m.e.

még kisebb ingás→legkisebb és egyenletes i.→még kisebb i.

Homok/lösz-típus (1026-os fúrás, 17/b, g ábra)

sokkal kisebb mozgási energia→kisebb, átlagos m.e.

még kisebb ingás és legkisebb ingás→egyenletes és még kisebb ingás

Homok/tavi képződmény-típus (1096-os fúrás, 17/c, h ábra)

sokkal kisebb m.e.→kisebb m.e.→sokkal kisebb m.e.→kisebb és átlagos m.e.

még kisebb és kisebb i.→még kisebb és egyenletes i.→még kisebb és nagy i. →legkisebb i.

Homok/tavi képződmény/lösz-típus (1063-as fúrás, 17/d, i ábra)

sokkal kisebb m.e.→kisebb m.e.

nagy ingás→legkisebb i.→még kisebb i.

Tavi képződmény/homok-típus (1079-es fúrás, 17/e, j ábra)

sokkal kisebb m.e.→kisebb m.e.→nagyobb és átlagos m.e.

még kisebb ingás→egyenletes, még kisebb és legkisebb i.→nagyon nagy és legkisebb i.

Általánosságban elmondható, hogy az üledék felső 10 méterének lerakódásakor eleinte sokkal kisebb volt a mozgási energia és ez az idők folyamán kisebbre, vagy ritkábban átlagosra változott, tehát nőtt a szél sebessége. Az osztályozottság vertikális alakulása is párhuzamosítható ezzel, vagyis általánosságban a felszínhez közeledve javul. Az 1048-as fúrásnál, a felső 2,5 méteren teljesen eltérő a kép: megint csökkent a mozgási energia és rosszabb lett az osztályozottság, ami további homok ráakódást jelenthet (ez a legnyugatibbra elhelyezkedő fúrás, a szélirány pedig ÉNy-i). A mozgási energia ingásánál már nem található egységesen érvényes tendencia. Egy osztályozottság és mozgási energia nagyság szempontjából egységesnek látszó rétegben is előfordulnak ingadozásváltozások. Négy fúrásban található egyenletes mozgási energia és inkább a fúrás középső részén (esetleg a második negyedben). Nagy ingás a tavi képződmények és deluviális üledékek esetében fordul elő és a kevert szedimentológiai összetételből adódik. Ha a minta 34-gyel vagy 35-tel kezdődik, csak a szedimentológiai elemzés alapján nem mindig lehet eldönteni, hogy lösz, vagy eltemetett tavi képződmény-e. Ha rosszul osztályozott, sokkal kisebb a mozgási energia, de nagy az ingása, tavi képződmény valószínűsíthető.

A képződési környezet viszonyaira akkor kapnánk megbízható eredményt, ha a mintaterület minden fúrásának összes mintáját elemezhetnénk (vagy legalább a homokot), de erre sajnos még nincsenek meg a technikai feltételek. A SAGUS program egyelőre nem alkalmas Excel-ben tárolt állományok kezelésére, és az adatok ismételt bevitele nagyon idő-

igényes lenne, tekintettel azok mennyiségére. A program fejlesztés alatt áll és remélhetőleg hamarosan nagyobb mennyiségű adat feldolgozása is lehetővé válik, amit a későbbiekben szeretnénk is elvégezni.

6. A talajvíz

A talajvíz vizsgálatánál a felszín alatti mélységet, a vízkémiai típust, az összes oldott anyag tartalmát, a keménységet, a nitrát- és kálium-tartalmát, valamint ezek összefüggéseit és egymásra hatásukat vettük figyelembe. 37 vízminta állt rendelkezésre az elemzések elvégzéséhez és ebből 4 mintát egy a fúráshoz közeli kútból vettünk (a mintavétel időpontját és helyét a 18. ábra mutatja). A vízminták száma nem tette lehetővé izovonalastérképek szerkesztése.

6.1. A talajvíz felszín alatti mélysége

A talajvíz mélysége rendkívül változatos. A laposokban és az egykori tavak helyén 1-2 méter közötti, a nagy vastagságú homokkal borított területeken 4 méter alatti, sőt délnyugaton jelentős nagyságú területeken 10 méternél mélyebben van, az év szárazabb időszakában. Kétszer volt lehetőség a terület részletes talajvíz felvételére, a földtani vizsgálatokkal párhuzamosan. Az első alkalommal (1988) párhuzamosan két csoport dolgozott, így a mintákat viszonylag rövid idő alatt gyűjtötték be (július, augusztus, szeptember), ami egységes térkép megrajzolását tette lehetővé. Nem volt ilyen szerencsés a következő felvételezés (1998. június, 1999. április, május, augusztus), mivel egy csoport az egyéb munkák szünetében, elhúzódva végezhetette a fúrások lemélyítését és a vízszint mérését (18. ábra). A két térkép adatait tehát csak bizonyos területeken lehet összehasonlítani, ott ahol a két mintavételezés az év azonos időszakában történt (19. és 20. ábra.) Ez az időszak az első mintavételezéshez igazodva júniustól szeptemberig tart és azonos vagy egymást követő hónap-párookra vonatkozik. Az összehasonlítás eredménye, hogy nem lehet egységes következtetést levonni az egész területre a talajvíz változását illetően, mivel például a két augusztusi mérés összehasonlításakor is tapasztaltunk süllyedést (10 esetben), emelkedést (5 esetben) és stagnálást (4 esetben) is egymáshoz viszonyítva. Hasonló eredményt kaptunk a többi pár esetében is, de itt már kevesebb (párónként 5) mérési eredmény áll rendelkezésre.

Hogy nagyobb időintervallumban is képet alkothassunk a területen zajló folyamatokról, beszereztük a mintaterület É-i határára eső, a VITUKI kezelésében lévő 874 jelű (002364 törzsszámú) talajvíz-megfigyelő kút (2. ábra) vízállás adatait. A megfigyelő kút megszakításokkal ugyan, de 1933-óta szolgáltat adatokat (havonta 10 leolvasás) és az éves átlagokat diagrammon ábrázolva egyértelmű vízszintsüllyedés látszik, amely az 1980-as évek elejétől felgyorsult, 1995-ben elérte a mélypontot, majd lassú emelkedés következett (21. ábra). A vízszintcsökkenés okai között említhetjük az 1995-ig tartó csapadékszegény éveket (a csapadékhiány nagyobbik hányada a téli időszakra esett, pedig ez az időszak a döntő a csapadék utánpótlódása szempontjából – PÁLFAI I. 1994), a hátság belvízlevezető csatornahálózatának kiépítését, a megnövekedett rétegvíz- és (kisebb súllyal) a talajvízkivételt (HARMATI I. 1998), a haszonnövények nagyobb tözsámát (IVÁNYOSI SZABÓ A. 1994), valamint az erdőtelepítéseket (a nemesnyárok vízigénye meghaladja a térség sokévi csapadékátlagát, ezért fejlődéséhez a talajvíz vízkészletét is igénybe veszi – SZODFRIDT I. 1993). A probléma fontosságát jelzi, hogy a Nagyalföld Alapítvány 3. kötete a Duna-Tisza közti hátság vízgazdálkodási problémáira világít rá, összegyűjtve a területet ismerő és kutató szakemberek véleményét (PÁLFAI I. ed. 1994).

A belvíz-veszélyeztetettséget (7.3. fejezet), az öntözhetőséget (7.4. fejezet) és a szennyezés-érzékenységet (8.2. fejezet) bemutató térkép megszerkesztéséhez szükség van a talajvízszint ismeretére is, de mivel a legutóbbi talajvízszint mérés eredményei nem

alkalmasak egységes térkép megszerkesztésére, ezért szükség volt az adatok lehetőség szerinti egységesítésére. Ehhez a már korábban említett, a VITUKI kezelésében lévő 874 jelű (002364 törzsszámú) kút 1933-tól rendelkezésre álló adatait használtam fel. Mindhárom térképnél az áprilisban mért talajvízszintet érdemes alapul venni, mivel ezek általában a legnagyobb értékek az évben (előfordul az is, hogy márciusban a legmagasabb a talajvízál-lás) és így a „legrosszabb esetet” tudjuk ábrázolni. A májusban, júniusban és augusztusban mért értékeket kell tehát átszámolni egy valószínűsíthető áprilisi értékre. Ez úgy történt, hogy kiszámoltam a három hónap minden mérési adatának és a megfelelő áprilisi adatnak a különbségét, majd a különbség sokévi átlagát hozzáadtam a ténylegesen mért értékekhez. Az eredmények a következők:

- április-május: -2,54 cm
- április-június: -13,86 cm
- április-augusztus: -46,83 cm

A kapott értékekből is látszik, hogy a homokban a vízszint változása nem egyenletes sebességgel zajlik az év folyamán (sinus görbét közelít és márciustól augusztusig növekszik a mozgás sebessége – NOVÁK J. 1987).

A kiszámolt különbség megfelelő értékét hozzáadva a terepen mért talajvízszinthez, egy egységes, a legmagasabb vízállást mutató talajvíztérkép szerkeszthető (22. ábra). A térkép alapján elmondható, hogy a homokdombok alatt sem süllyed a talajvíz 9 méter alá, a semlyékekben (kiszáradt tavak medrei) pedig 1 méter fölé is emelkedik. Ugyanezt az egységes talajvízszintet ábrázoltam a földtani szelvényeken is (1-9. melléklet) de ahol a számolt adat alapján a talajvíz benyomult volna a vízzáró képződménybe (mésziszap), ott módosítottam az értéket a vízzáró réteig mérve a talajvíz mélységét. Ahol a talajvíz szintjét nem jelöli kör, ott nem volt mért, így számolt érték sem.

Nem hagyhatjuk figyelmen kívül, hogy egy kút vízszintjének változása csak tendenciák kimutatására alkalmas. A talajvízszint változása függ az üledéktől amiben mozog, egy esetleges vízzáró réteg megjelenésétől, az aktuális vízmélységtől (a felszínhez közelebbi víztükör ingadozása szorosabb kapcsolatban van az időjárással – NOVÁK J. 1988), de még a helyi csapadékvizonyok is eltérhetnek akár kis területen belül is. Az elkészült levezetett térképek emiatt és a léptékökből adódóan is inkább tájékoztató jellegűek.

6.2. A talajvíz kémiai típusai

A talajvíz kémiai típusait a három fő kation (nátrium, kalcium és magnézium), valamint a három fő anion (hidrogén-karbonát, klorid és szulfát) százalékos aránya alapján határozzuk meg. Amennyiben valamely ion több mint 50 eé%-nyi mennyiségben van jelen a vízben, akkor az az uralkodó (pl. nátriumos víz, szulfátos víz). Kettős jellegű a víz, ha egyetlen ion értéke sem haladja meg az 50 eé%-ot, de kettő van 25-50 eé% közötti mennyiségben (pl. magnézium-kalciumos víz). A kettős jellegű víz megnevezésénél mindig annak az ionnak a nevét írjuk előre, amelyik nagyobb mennyiségben van jelen. Vegyes vízről beszélünk akkor, amikor három ion értéke is 25-50 eé% közötti (pl. kalcium-magnézium-nátriumos víz vagy hidrogénkarbonát-klorid-szulfátos víz). A hármas jellegű vizek megnevezésénél az ionok neveit alfabetikus sorrendben írjuk. Nem ritka az az eset sem, amikor mind a hat fő ion közel egyenlő arányban van jelen valamely vízben.

A Duna-Tisza közti hátság talajvizei uralkodóan kalcium-hidrogénkarbonátosak (KUTI L. 1998), de jelentős területeken vannak magnézium-hidrogénkarbonátos vizek is. A dombok közötti laposokban szikes jellegű, nátrium-hidrogénkarbonátos vizek fordulnak elő. A Ca^{2+} - és Mg^{2+} -ionok karbonátásványokból, míg a Na^+ a földpátok mállásából származik (VARSÁNYI Z.-NÉ 2001). Általánosságban a Bugaci-mintaterületre is érvényesek ezek a megállapítások, de a sűrűbb mintavétel a területi előfordulás pontosabb ismertetését teszi lehetővé (23. ábra).

A talajvíz összetétele függ azoktól a rétegektől, amelyekben mozog. A mintavételi helyeken, a talajvíz ingadozási zónájának anyaga döntően homok, a második leggyakrabban előforduló üledék valamilyen tavi képződmény és ritkábban található homokos lösz, illetve lösz. Ennek a megoszlásnak az is magyarázata lehet, hogy technikai okok miatt csak ott történt mintavétel, ahol viszonylag gyorsan összegyűlt a szükséges mennyiségű talajvíz (általában homokos víztartónál, valamint tavi üledékeknél, ahol magasabb a talajvízállás). A talajvíz kémiai összetétele nagyjából követi a származási réteg földtani felépítése alapján várható összetételt: homoknál $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ és $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$; tavi képződményeknél Na_2SO_4 , NaHCO_3 , $\text{Mg-Na-HCO}_3\text{-SO}_4$, $\text{Mg-HCO}_3\text{-SO}_4$ és a homoknál is megfigyelt Ca- és $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ (ez utóbbi kettő mintában viszont nagy volt a kálium tartalom); homokos lösz és lösz esetében $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ és Mg-Ca-HCO_3 . A Na^+ -ion jelenléte szikesedésre utal, míg a szulfát nagyrészt növényi eredetű mocsaras altalajok, eltemetett fosszilis talajok származéka (RÓNAI A. 1985). A négy kútvízből vett mintából három Ca-Mg-HCO₃-os, míg egy Mg-HCO₃-SO₄-os volt, de a mintavétel jellegéből adódóan a víz származási rétegeről nem kaptunk információt.

A talajvíz kémiai összetételének területi megoszlása összefügg a domborzattal és ezen keresztül a földtani felépítéssel. A buckaközi laposokban elhelyezkedő, gyakran szikes időszakos tavak alatt és közelükben a legváltozatosabb az összetétel, viszonylag kis területen belül: különböző variációban keveredik a Na^+ , Mg^{2+} és Ca^{2+} a HCO_3^- és a SO_4^{2-} . Ahol a felszínen tavi képződmény alakult ki, ott mindig találtunk jellemző ionként Na^+ -ot és/vagy SO_4^{2-} -ot a talajvízben, de ez érvényes e képződmények közvetlen szomszédságára is. A buckák talajvíze egységesebb képet mutat: uralkodó ionként Ca^{2+} , Mg^{2+} és HCO_3^- fordul elő benne.

6.3. A talajvíz összes oldott anyag tartalma

A talajvíz összes oldott anyag tartalmát (mg/l) izovonalas térképen, 500, 1000, 5000 és 10000 mg/l-es határokkal ábrázoltuk (24. ábra).

A Duna-Tisza közeli hátság 1000 mg/l alatti összes oldott anyag tartalommal a jellemző, de a dombok és buckák közötti laposokban azt jóval meghaladhatja, sőt 5000 mg/l fölötti értékek is mérhetők.

A talajvíz összes oldott anyag tartalma nagymértékben függ a mintavétel idejétől, mivel magas talajvízálláskor hígulás, míg alacsony talajvíznél töményedés tapasztalható. Mivel a mintavétel áprilistól augusztusig zajlott (április, május és augusztus, oká 4.5. részben), ezt figyelembe kellett venni a terület jellemzésénél. Mindhárom hónapban az 500–1000 mg/l közötti értékek voltak az uralkodók (60-70%), ezután az 1000–5000 mg/l közötti értékek következtek, de 2000 mg/l fölé ritkán emelkedett az összes oldott anyag tartalom. Egyetlen esetben fordult elő 500 mg/l alatti érték, egy áprilisban vett mintánál.

Az augusztusi minták, egy kivételtől eltekintve a terület É-i, ÉNy-i részét jellemzik. A középső és K-i részt májusban mintáztuk, míg a D-i, DNy-i és DK-i rész adatai áprilisiak. Az augusztusi minták a nagy párolgást és a kevés csapadékot figyelembe véve, feltételezhetően az év közben elért „maximális töménységet” mutatják: a laposokban 1000 mg/l feletti, míg a mintaterület szélein ezen érték alatti az összes oldott anyag tartalom. Valószínűsíthető, hogy az áprilisi értékek nagyobb, a májusiak kisebb mértékben növekednek augusztusig a talajvíz töményebbé válása következtében, de a csapadékatatok ismerete nélkül ez nem vehető biztosnak. A területet a mintavételi időpontok szerint három részben vizsgálva megállapítható azonban, hogy a laposokban, a felszíni tavi képződmények alatt vagy közelükben nagyobb arányú az 1000–5000 mg/l értékek megjelenése, mint a terület többi részén, évszaktól függetlenül.

A talajvíz kémiai típusát összevetve az összes oldott anyag tartalommal kitűnik, hogy

a Na^+ -ot és/vagy SO_4^{2-} -ot tartalmazó minták 75%-a több mint 1000 mg/l oldott anyagot tartalmaz. A csak Ca^{2+} -ot, Mg^{2+} -ot és HCO_3^- -ot tartalmazó minták 75%-a viszont 500–1000 mg/l közötti oldott anyag tartalommal rendelkezett. Megállapítható tehát, hogy uralkodó ionként a Na^+ - és a SO_4^{2-} -ion jelenléte együtt jár a nagy összes oldott anyag tartalommal, míg a Ca^{2+} -, Mg^{2+} - és HCO_3^- -ion jellemző ionként történő megjelenése ennél kisebb mennyiségű oldott anyag tartalomhoz köthető.

6.4. A talajvíz keménysége

A talajvíz keménységét 10, 20, 40 és 100 német keménységi foknál elválasztva ábrázoltuk (25. ábra). A minták majdnem fele a 10–20 NKF tartományba esik, valamivel kevesebb a 20–40 NKF tartományba, két minta 10 alatti értéket mutat, míg egy mintában a keménység a 40 NKF-ot is túllépi.

A két legkisebb értékkel rendelkező mintában mutatták ki a legkisebb Ca^{2+} -ion mennyiséget, kicsi Mg^{2+} -ion tartalom mellett. A mintavétel augusztusi és májusi időpontja miatt a híg talajvízzel nem magyarázható a kis érték, de ha a talajvíz kémiáját is figyelembe vesszük kitűnik, hogy mindkét minta Na-HCO_3 -os víz. Nátrium tartalmú talajokban a nátrium a talajvízben oldatba megy, a mész pedig kicsapódik a talaj szemcséi közt, így a talajvízben alig marad „mész” (RÓNAI A. 1973). A többi nátriumos vizet is megvizsgálva 20 NKF fölötti értékeket találunk, de négyből kettőnél a Na^+ -ion csak a második uralkodó kation, ahol viszont egyetlen domináns, ott nagy az összes oldott anyag tartalom (2000 mg/l fölött) és a keménység is.

Több tényező is arra enged következtetni, hogy a legnagyobb keménység értéket elérő vízminta szennyezett talajvízből származik: áprilisi mintavételkor hígabb talajvíz várható, az egyetlen kiemelkedően nagy kálium tartalmú és nem kútból vett talajvízminta, nagy összes oldott anyag tartalom, lucernaföld szélén — tehát mezőgazdasági területen — mélyült a fúrás. Bizonyos rovarirtó szerek bemosódása okozhatja a talajvíz keménységének és összes oldott anyag tartalmának növekedését (ALFÖLDI, L. 1982) és itt a talajvíz nagyon közel van a felszínhez (<1m). Bár a talaj karbonát tartalma nagyon nagy (>40%), az alapkőzeté jóval kisebb (<10%), ami indokolhat nagy keménységet (felülről való kilúgozás, RÓNAI A. 1971), de nem ilyen mértékűt.

6.5. A talajvíz kálium- és nitrát-tartalma

Az esetleges talajvíz-szennyezés kimutatására megvizsgáltam a talajvíz kálium- és nitrát-tartalmát. Öt vízmintában fordult elő 10 mg/l-nél (5 eé%) nagyobb kálium érték, ami már nagyinak számít, bár szennyezési határérték nincs a káliumnál (Fügedi P. Ubul szóbeli közlése). Ebből négy a már említett kutak vize volt, az ötödik pedig egy lucernaföld közvetlen szomszédságában mélyült fúrásnál került megmintázásra. A legnagyobb értéket mutató minta (419 mg/l) közelében (Ny-ra és D-re), szintén viszonylag nagy (>1 eé%) kálium értéket mutattak ki a talajvízben is, ami oldalirányú áramlásra utal.

Viszonylag sok (13 db) vízmintában mutattak ki 40 mg/l fölötti nitrát értéket (az öt kiemelkedő káliumtartalommal jellemezhető közül, csak három került be ebbe a csoportba is), elsősorban a terület északi és déli szegélyén. A nitráttal leginkább szennyezett mintának (624 mg/l) ugyanaz a kút víz bizonyult, ami a káliumnál is kitűnt nagy értékével. Érdekes azonban, hogy a nitrátszennyezés — a káliumtól eltérően — csak a kútból D-re vett talajvízmintában bukkan fel (és ettől még keletebbre is, a következő mintában), a Ny-ra vettnél nem, pedig mindkét mintavételi hely valamivel alacsonyabban fekszik, mint a szennyezett kút. Azt figyelembe véve, hogy a többlet kálium főleg a szántott rétegben marad (SARKADI

J.–NÉMETH T.–KADÁR I. 1986), míg a visszamaradó nitrogén nitrát-N formában a talaj mélyebb rétegeibe vagy a talajvízbe mosódhat (NÉMETH T. 1998) lehetséges, hogy a nagy kálium értékek egymástól függetlenül alakultak ki, míg a nitrát a talajvízzel terjedt szét. Mindkét típusú szennyeződés oka lehet tehát a túlzott mennyiségű műtrágya használat, melynek eredményeképpen a növényzet által fel nem használt tápanyagokat — elsősorban a nitrátot — a csapadék a talajvízbe mossa. A K-trágyázás kiemelt jelentőségű a meszes homokon, mert nemcsak a talaj hiányosságait pótolja, hanem ellensúlyozza a nemkívánatos Ca-túlsúlyt (KADÁR I. 1998). A természetett növények N-igényének kielégítése is nagyon fontos, bár a homoktalajok nagy hidraulikus vezetőképességük miatt fokozottan érzékenyek a N túladagolásra (CSERNI I.–BAUER F. 1998). Ezt a megállapítást támasztja alá, hogy a nitráttal szennyezett talajvizek döntő többsége mezőgazdasági műveléshez közvetlenül köthető (szántóföld, gyümölcsös, parlag), vagy a közelében lett megmintázva és alacsonyabb térszínhez tartozik, ami lehetővé teheti a talajvíz odaáramlását. A kilúgzás okozta veszteség — a csapadék mennyiségétől, a haszonnövénytől, a felhasznált műtrágya mennyiségétől, az évszaktól és egyéb tényezőktől függően — homokos talajon, a nitrát-nitrogén esetében 27-63%, míg a káliumnál nem haladja meg a 10%-ot (LEHOCKÝ, J. 1982). A kutaknál vagy közvetlenül a vízbe került a műtrágya (felhagyott kút), vagy mellette tárolták és így mosódott be folyamatosan.

7. Agrogeológiai vizsgálatok

Az agrogeológia (LANG I. ed. 2002) a felszínközeli képződmények mindazon geológiai tulajdonságaival és a bennük lejátszódó mindazon geológiai folyamatokkal foglalkozik, amelyek döntő jelentőségűek a mezőgazdasági termelés szempontjából. Ezek közül a szempontok közül mi a karbonátokat, a felszíni-felszínközeli képződmények kalcium-karbonát tartalmát, a belvív-veszélyeztetettség és az öntözhetőséget emeltük ki és vizsgáltuk meg. A belvív-veszélyeztetettséget és az öntözhetőséget ábrázoló térképek szerkesztéséhez egységesítettük a talajvíz szintet (6.1. fejezet) és már a vegetáció alapján pontosított felszíni földtani térképet (47. ábra) vettük figyelembe.

7.1. A karbonátok eloszlása a felszíni-felszínközeli képződményekben

Mint ahogy a kutatástörténeti fejezetből, valamint a felszíni-felszínközeli üledékek ismertetéséből is kitűnik, bizonyított a Duna-Tisza közti hátság futóhomokjának Duna-völgyi eredete (az eddig hivatkozottakon kívül PÉCSI M. ed. 1967). A dunai homoknak eredendően nagy a karbonát tartalma (PÉCSI M. 1959), mivel a kvarcsezemcséken túl több-kevesebb kalcit és dolomit szemcse is található benne. A Duna-Tisza közti hátságra jellemzőek a meszes (és dolomitos) tavi üledékek, a mésziszap, valamint a talajvíz ingadozási zónájában a mészakumulációs szintek kialakulása.

A karbonáttartalom meghatározása, mint ahogy ez a módszertani részben is szerepel, Scheibler-módszerrel történt. Fontos kiemelni, hogy így a gyorsan (döntően kalcium-karbonát) és lassan (döntően magnézium-karbonát) oldódó karbonátok elválasztására van mód, az átmeneti formák csak röntgendiffrakcióval lennének pontosíthatók. Az egyszerűbb követhetőség érdekében a továbbiakban a kalcium-karbonát és magnézium-karbonát kifejezést használom.

7.1.1. Kalcium-karbonát

A felszíni képződmények kalcium-karbonát tartalmát bemutató térképen a 30%-ot meghaladó értékek a kiszáradt tómedrek mésziszapos üledékeit mutatják (27. ábra). A talaj anyaközetének szintjében (C szint, alapközet) néhány helyen szintén található ilyen mennyiségű CaCO_3 ott is, ahol a felszínen nem. Ez azt jelenti, hogy az egykori tómedret a szél már homoklepelével takarta be (28. ábra). A talajvíz ingadozási zónájában megfigyelhető nagy kalcium-karbonát értékek eltemetett tőszintekre utalnak és megmutatják a korábbi felszín laposainak helyét (29. ábra). A talpmélységben, azaz az állandóan talajvízzel borított zónában, a kevés CaCO_3 -ot tartalmazó képződmények középen egy ÉNy-DK irányú sávban jelennek meg, ami a tükörképe a felszínen, ugyanebben a sávban elhelyezkedő karbonátos, tavi képződményeknek (26/a,b ábra). Ennek magyarázata lehet, hogy a buckák irányából szivárgó és a laposok alatt felfelé mozgó talajvíz elszállította a kalcium-karbonátot a felszín közelébe. Ez a tendencia már a talajvíz ingadozási zónájában is megfigyelhető (ugyanebben a sávban kis kalcium-karbonát tartalmú foltok), de a talpmélységben részarányuk növekedést mutat az előző szinthez képest. Nagyon sok karbonátot (több mint 30%) tartalmazó üledék egyáltalán nem található, ami magyarázható a mész kioldódásával, a tavak hiányával, túl mély talajvízszinttel és az ezt okozó szárazabb éghajlattal (30. ábra).

7.1.2. Magnézium-karbonát

A magnézium-karbonát tartalom a talaj szintjében sehol sem haladja meg a 20%-ot, még a tavak területén sem (31. ábra). Az alapkőzet szintjében (32. ábra) két kisebb foltban (középen és délen) 20-30% közötti értéket ért el és a terület közepén lévő előfordulás tavi képződményhez köthető. A talajvíz ingadozási zónájában a 10%-ot meghaladó értékek (Ny és D) löszös homokhoz és löszhöz köthetők, valamint egy helyen előfordul 20% fölötti érték, ami egy mészszipos tavi kifejlődéshez kapcsolódik (33. ábra). Az állandóan talajvízzel borított zónában (talpmélység) az 5% alatti értékek területi aránya erősen megfogyatkozott, csak egy ÉNy-DK-i irányú középső zónára korlátozódik jelenlétük. Ez nagyon hasonlít a CaCO_3 -tartalom alakulására ebben a zónában, ami azt jelentheti, hogy a felfelé mozgó talajvíz a magnézium-karbonátot is elszállította, de oldódásának lassabb üteme miatt kisebb mennyiségben (26/c ábra). A 20% fölötti értékek ebben a szintben löszhöz köthetők (34. és 26/d ábra).

7.1.3. A karbonáttartalom alakulása a talajvíz „mésztartalmának” és keménységének függvényében

RÓNAI A. (1971) szerint a talaj és a talajvíz „mésztartalma” sokszor mutat egymással ellentétes képet, míg más vizsgálatok ezt az észrevételt nem támasztják alá (CSÁGOLY É. 1973). Annak eldöntésére, hogy a mintaterületen van-e összefüggés az üledékek (a BFK-szintekben) és a talajvíz „mésztartalma” között, összehasonlító vizsgálatokat végeztem azoknál a fúrásoknál ahol vízmintavétel történt, a „mésztartalom” és a – talajvíznél ezzel arányos – keménység alakulását szem előtt tartva.

A talajvíz „mésztartalmát” a Ca^{2+} -, Mg^{2+} - és HCO_3^- -ionok összege adja (CSÁGOLY É. 1976), mely érték a minták zöménél jól párhuzamosítható a talajvíz keménységével és az összes oldott anyag tartalommal. Ha a „mésztartalmat” összehasonlítjuk a talajvíz keménységével és az összes oldott anyag tartalommal, 600 mg/l-es „mésztartalomnál” tudunk két csoportot elválasztani úgy, hogy a 600 mg/l-nél kevesebb Ca-Mg- HCO_3^- -ot tartalmazó vizek 90%-a a második csoportban található mind a keménységet (10-20 NKF), mind az összes oldott anyag tartalmat (500-1000 mg/l) tekintve. Ugyanezt mondhatjuk el a 600 mg/l-nél több Ca-Mg- HCO_3^- -ot tartalmazó minták és a harmadik csoportok (keménység: 20-40 NKF és összes oldott anyag tartalom: 1000-5000 mg/l) kapcsolatáról. Egy esetben fordult elő ellentmondásos helyzet, mivel a legkisebb német keménységi fokkal rendelkező minta rendelkezett a legnagyobb Ca-Mg- HCO_3^- tartalommal, de ennek oka a rendkívül nagy HCO_3^- -ion tartalom volt, míg a Ca^{2+} - és Mg^{2+} -ion mennyisége valóban csekélynek bizonyult.

Következő lépésként a szedimentológiai összetétel és a talajvíz „mésztartalma” között kerestünk összefüggést, figyelembe véve az eltérő mintavételi időpontokat. Megállapítottuk, hogy ahol mészszip van a felszínen vagy a közelében, ott a szelvény karbonáttartalma (elsősorban a kalcium-karbonát) 10 % alatt marad a talajvíz mozgási zónájában és alatta is. Esetenként a talpmélységben emelkedés tapasztalható, de ez már kevésbé hat a talajvíz „mésztartalmára”, így ez az érték 600 mg/l alatt marad (6 mintára igaz). Kivételt képezett két minta (800 és 1400 mg/l), de mindkét esetben a HCO_3^- -ion nagy értéke volt a nagy „mésztartalom” oka (több szabad CO_2 , ami származhat pl. a szerves anyag intenzívebb bakteriális bomlásából – BALOGH K. 1991), nem pedig a Ca^{2+} -, Mg^{2+} -ionok. Magyarátul szolgálhat továbbá az augusztusi mintavételi időpont (töményebb minták), valamint hogy a talajvíz közelebb volt a mészsziphoz és így a nagyobb mésztartalmú rétegekhez, mint más hasonló földtani helyzetű mintáknál. Nem találtunk összefüggést a mészszip vastagsága és a talajvíz „mésztartalma” között.

A többi esetben, ahol a talajvíz mozgási zónájának szedimentológiai felépítését (homok,

lössös homok, lösz), valamint az esetleges vízzáró réteg elhelyezkedését (talajvíz alatta vagy felette – mint általajvíz helyezkedik el, illetve tavi agyagos képződmény vagy mésziszap) vettük alapul, nem találtunk értékelhető összefüggést. Ennek oka lehet a mintavétel eltérő ideje, az egyes csoportok kis mintaszáma (2-6 minta), valamint olyan összefüggések megléte a talaj-alapközet-talajvíz rendszer karbonát „háztartásában”, amit egyelőre nem ismerünk.

Térjünk át a talajvíz keménysége és az üledékek karbonáttartalmának vizsgálatára. A két legkisebb és a legnagyobb keménység érték előfordulásának magyarázata a talajvizek keménységét tárgyaló részben megtalálható (6. 4. fejezet). Itt a 20 NKF alatti és fölötti értékek (2. és 3. csoport) elválasztása a cél a karbonáttartalom alakulása alapján.

A talajvízben mért, 20 NKF fölötti keménység értékekhez tartozó karbonát előfordulásra jellemző, hogy a talaj szintjében nagyon változatos a kalcium-karbonát tartalom, az alapközet szintjében viszont a 10% alatti értékek, de legalábbis a talajhoz képest csökkent mennyiség a jellemző. A talajvíz ingadozási zónájában és az állandóan talajvízzel borított zónában is a 10% alatti értékek uralkodnak. A magnézium-karbonát tartalom alakulására nem mondható el ugyanez, sem a mennyiséget, sem a tendenciát tekintve. A talajszintben a 10% alatti értékek fordulnak elő leggyakrabban, és ott találunk ennél nagyobb magnézium-karbonát tartalmat, ahol a kalcium-karbonát is nagyobb arányban jelentkezik. Az alapközet szintjében viszont valamivel gyakoribb a 10% feletti érték, mint a kalcium-karbonátnál. A talajvíz ingadozási zónájában a 10% alatti értékek uralkodnak, míg az állandóan talajvízzel borított zónában 60% körüli a 10% fölötti érték. Ezek az eltérések részben magyarázhatók a magnézium-karbonát lassabb oldódásával.

A 20 NKF alatti, talajvízben mért keménység értékek előfordulásának közös vonása az, hogy a kalcium-karbonát mennyisége az alapközetben vagy nagyobb, mint a talajban, vagy ha kisebb, akkor egy nagy talaj-karbonát értéket követ és összességében többször fordul elő 10% fölötti kalcium-karbonát érték az alapközetben, mint a 20 NKF fölötti keménység esetén. A talajvíz ingadozási zónájában és az állandóan talajvízzel borított zónában itt is a 10% alatti értékek uralkodnak. A magnézium-karbonát tartalom egy kivételtől eltekintve nem haladja meg a 10%-ot a talajban, ehhez képest az alapközetben emelkedés tapasztalható (kivéve az egy talajban jelentkező nagy magnézium-karbonát előfordulást). A talajvíz ingadozási zónájában a 10% alatti értékek a leggyakoribbak, míg az állandóan talajvízzel borított zónánál egy-harmad a 10% fölötti érték.

A fenti megállapítások természetesen nem érvényesek minden vízmintára, még ezen a mintaterületen sem. Az eltérések egy része magyarázható például azzal, hogyha a vízminta keménysége a 20 NKF-hoz közeli határértéken mozog, eltemetett tó vagy fosszilis talaj van a szelvényben és vannak esetek, mikor a kérdés nyitva marad és további vizsgálatok szükségesek az összefüggések feltárásához.

7.1.4. Az üledékek egységességének vizsgálata a karbonáttartalom alapján

A vizsgálathoz az üledékeket négy fő csoportba soroltuk: homok, löszös homok, lösz és tavi képződmény (a csoportok jellemzése és elválasztása a 3. Anyag és módszer, valamint a 4.2 Üledékek című fejezetben található). A csoportokon belül a földtani szelvények alapján rétegeket különítettünk el aszerint, hogy hogyan helyezkednek el egymáshoz viszonyítva (pl. az első homokréteg a felszínen található, a második az első löszös homok- vagy löszréteg alatt, a harmadik homokréteg a második löszréteg alatt, stb.). Így kaptunk három homok-, három löszös homok- és három löszréteget, míg a tavi képződményekből csak a kalcium-karbonát tartalom szerint választottuk le a mésziszapokat. Az egyes rétegeket kódszámokkal jelöltük: egyessel kezdődnek a homokrétegek, kettessel a löszös homokré-

tegek, hármassal a löszrétegek kódszámai, míg a négyes a 30% alatti CaCO_3 -tartalommal jellemezhető tavi képződményeket, az ötös kód pedig a mésziszapot jelenti (3. táblázat). A statisztikai vizsgálat célja annak eldöntése volt, hogy a kalcium-karbonát és magnézium-karbonát tartalom alapján valóban külön rétegekről beszélhetünk-e, vagy egységes kifejlődésről van szó.

Mivel a mintacsoportok nem normál eloszlásúak és két független minta összehasonlítása a cél, ezért a nemparaméteres Mann-Whitney U próbát alkalmaztuk (SPSS® Base 8.0 Application Guide 1998). A null-hipotézis ennél a próbánál az, hogy egy csoportról van szó és ha a szignifikancia szint a választott szint fölött van, akkor igaz a null-hipotézis, míg ha alacsonyabb, akkor el kell vetni. A mintaszám az egyes csoportokban nagy intervallumban változott (5–819), de a kapcsolat megítélésében a 25 mintánál többet tartalmazó csoportok eredményeit súlyozottan vettük figyelembe (3. táblázat).

5%-os szignifikancia esetén az eredmények a következők. A három homokréteg sem a kalcium-karbonát, sem a magnézium-karbonát szempontból nem mutat statisztikailag szignifikáns eltérést. A három löszös homokréteg kalcium-karbonát szempontból nem mutat statisztikailag szignifikáns eltérést, a magnézium-karbonátnál a két nagyobb mintaszámú csoport is ugyanezt jelzi, a kis mintaszámú legfelső löszös homokréteg viszont külön csoportnak tűnik. A három löszréteg szintén nem mutat statisztikailag szignifikáns eltérést a kalcium-karbonát és a magnézium-karbonát szempontjából. A kétfajta tavi képződmény kalcium-karbonát szempontból természetesen két csoportot alkot, hiszen egy meghatározott kalcium-karbonát érték jelentette a csoportosítás alapját, átfedés nélkül elválasztva a mésziszapot az egyéb tavi képződményektől (és természetesen ugyanezt az eredményt mutatja a próba is), míg magnézium-karbonát szempontból nem mutat statisztikailag szignifikáns eltérést, de a szignifikancia közel van a választott határértékhez.

Az összehasonlítást elvégeztük a különböző üledékek között is (kivéve a tavi képződményeket), mivel a szemcseösszetétel különbség nem feltétlen jelent különbséget a karbonátok mennyiségében is. A homokrétegeket összevetve a löszös homokokkal és a löszökkel, azt az eredményt kaptuk, hogy a kalcium-karbonát szempontjából szignifikáns eltérés tapasztalható (kivéve három kis mintaszámú csoportot), a magnézium-karbonátnál pedig még erősebb ez a szignifikáns eltérés (kivéve egy kis mintaszámú csoportot). A löszös homokrétegeket a löszökkel vizsgálva úgy találtuk, hogy kalcium-karbonát szempontból nem mutatnak szignifikáns eltérést, míg a magnézium-karbonát szempontjából két csoportot alkotnak (kivéve a kis mintaszámú legfelső löszös-homok réteg). Ez azt jelenti, hogy a homok karbonáttartalmában is különbözik a lösztől és a löszös homoktól, míg a löszös homok és a lösz kalcium-karbonát tartalma alapján nem, de magnézium-karbonát tartalma alapján elválasztható.

Rangkorrelációval megvizsgáltuk továbbá, hogy egymáshoz viszonyítva van-e valamilyen összefüggés a kalcium-karbonát és magnézium-karbonát mennyiségi alakulásában, de ilyet nem találtunk sem általában, sem szemcseösszetételhez kötve, sem a mélység függvényében.

7.2. A felszíni-felszínközeli képződmények kalcium-karbonát tartalma

A növekvő műtrágya-adagokkal párhuzamosan a Duna-Tisza közti homokhátságon is számolni kellett a savanyodás ellen ható tompító képesség csökkenésével, mivel a savanyodás hatására a karbonátok oldódása indul meg először és a karbonátok mennyiségének jelentős csökkenése után jut szerep a többi pufferanyagoknak. Ehhez a folyamathoz a kis kolloidtartalmú homoktalajokon az ammónium-nitrát járul hozzá döntő mértékben, míg a szuperfoszfát-műtrágya alig savanyít (CSEMI I. 1995). Gazdaságossági okokból a műtrágya

yafelhasználás nagyarányú csökkenése tapasztalható (1991-ben a műtrágya-felhasználás szinte a századközépi felhasználásra zuhant vissza), ami kedvező tendencia, mivel a műtrágyázás megszüntetése bizonyos javulást idézhet elő a talaj állapotában másfél évtized alatt (CSERNI I. 1995).

A karbonáttartalom csökkenésének nyomkövetéséhez meg kell ismerni a jelenlegi karbonáttartalmat a talajban és az alapkőzetben és ezek egymáshoz viszonyított mennyisége információt nyújt a már bekövetkezett, vagy a várható változásokról. A karbonáttartalom csökkenésének megállapításához ugyan elegendő a felszíni képződmény, a talaj vizsgálata, de a folyamat okainak tisztázásához vizsgálni kell a felszínközeli képződmények egészét, hiszen csak így tudjuk elkülöníteni a csökkent karbonáttartalmú talajokat, az eredendően kis karbonáttartalmú földtani közegben kialakultaktól. A talajjavításhoz az első esetben sokszor elegendő a karbonáttartalom csökkenését kiváltó okot megszüntetni, míg az utóbbiban más módszerre van szükség.

A karbonátok mennyiségének és típusának (gyorsan oldódó vagy lassan oldódó karbonátok) meghatározása sok mintánál is viszonylag gyors eredményt ad, így alkalmas nagyobb területek „savanyodás-érzékenységének” megállapítására. A talajban lévő karbonátok származhatnak az alapkőzetből, szállítással kerülhetnek bele, illetve ide tartoznak a kis mennyiségben megtalálható meszes vázak is.

A felszíni-felszínközeli képződmények kalcium-karbonát tartalma című térképet a 1,5 méterig feltárt képződmények kalcium-karbonát tartalmából vezettük le (35. és 36. ábra), mivel a területen jellemzően eddig a mélységig már megtalálható az alapkőzet (3. ábra). A kitüntetett mélységekben (0,5, 1 és 1,5 méter) mért CaCO_3 -ot mennyisége alapján három csoportba soroltuk: kicsi (< 5 %), közepes (5–30 %) és nagy (> 30 %). Majd attól függően, hogy a különböző CaCO_3 tartalmú rétegek hogyan helyezkednek el egymáshoz viszonyítva, hét csoportot alkottunk: kicsi karbonát tartalmú, csökkent karbonát tartalmú, csökkenő karbonát tartalmú, mélyben kicsi karbonát tartalmú, felszíni mészkumulációs, mélyégi mészkumulációs és egyenletes karbonát tartalmú területek.

A szerkesztési munka során arra a következtetésre jutottunk, hogy a kalcium-karbonát tartalom csökkenésének megállapítása nem jelenthet mechanikus besorolást, szükség van a szakember egyéni tapasztalatára és döntéskészségére. Ez érvényes a hét említett csoportba való besorolásra is. Nem elegendő csak a karbonát százalékokat és az elhelyezkedésüket figyelembe venni, bizonyos esetekben szükséges az egyéni mérlegelés és átsorolás (pl. ha tizedszázalékos a csoporthatár átlépése, vagy ha a karbonáttartalom 5 és 30 % között van ugyan mindhárom mélységben, de a felszín felé csökkenést mutat – csökkenő karbonáttartalmú, egyenletes karbonáttartalmú földtani közeg helyett).

Az egyes csoportokat a térképen különböző színekkel, területfoltosan ábrázoltuk. A térkép jelkulcsában az egyes csoportokhoz tartozó színkód mellett feltüntettük a CaCO_3 tartalom függőleges tagolódása alapján jellemző szelvény-típusokat is (36. ábra).

Ha a savanyodás-érzékenység és a CaCO_3 tartalom között keresünk összefüggést, megállapítható, hogy általánosságban minél több a karbonát, annál kevésbé érzékeny a terület. Ennek oka, hogy a több karbonát nagyobb pufferkapacitást jelent és a folyamatos sav-semlegesítés miatt pH csökkenés nem, vagy csak jóval később történhet. Az is igaz viszont, hogy a karbonáttartalom is folyamatosan csökken eközben, ami bizonyos értelemben rejtett savanyodásnak minősül, bár a pH még nem változik. A jelenleg bemutatott terület nem érzékeny a savanyodásra, jelentős karbonáttartalmú felszíni-felszínközeli üledékei miatt (VÁRALLYAY GY.–RÉDLY M.–MURÁNYI A.–SZABÓ J. 1993), de a módszer segíthet más, érzékenyebb területek vizsgálatában is.

7.3. Belvíz-veszélyeztetettség

Belvíznek a folyók árterületén kívül, de még sík területen képződő és elöntést okozó vizet nevezik (PÁLFAI I. 1988). Oka lehet a sok vagy hirtelen lehulló csapadék, a magas talajvíz-

állás, a felszíni képződmények vízzáró tulajdonsága vagy a speciális domborzati helyzet. A belvíz talajt és növényzetet károsító hatása az előntés tartósságától függ és a „tűrés határ” átlépése után olyan változások következnek be, amelyek a növények elpusztítása mellett hosszú időre csökkentik a talaj termékenységét (VÁRALLYAY GY. et al. 1981b). A tartósság évszakonként is változik: ugyanakkora előntés nyáron vagy ősszel kb. harmadannyi ideig tart, mint a téli-tavaszi időszakban (PÁLFAI I. 1986).

A Duna-Tisza közti hátság területén belvízveszély gyakorlatilag csak a buckák közötti szikesedett, vagy mészsizapos üledékeket tartalmazó laposokban áll fenn. Itt egyébként is a nedvesebb időszakokban, vagy ameddig a belvízelvezető csatornák le nem csapolták, állandó vagy időszakos tavak voltak (népi nevükön semlyékek). A vizsgált terület felszínén elsősorban homok, kisebb kiterjedésben szikes és mészsizapos tavi üledékek találhatók. A homokok bár belvízképződésre nem hajlamosak, de gyors tavaszi hóolvadáskor, a fagyott talaj miatt előfordulhat rövidebb ideig tartó belvíz (NAGY L. 1982). A dombok közötti laposokban megjelenő kis vízkapacitású szikesek nem engedik vagy lassítják a csapadék beszivárgását, a vízzáró mészsizapok pedig visszaduzzasztják a beszivárgó csapadékvizet, tehát az megreked a felszínen.

A belvízveszély földtani tényezőkön alapuló prognosztizálására szolgáló térképet a felszíni képződmények vízáteresztő képességének, a talajvíz felszín alatti mélységének, a felszín alatt kis mélységben települő vízzáró képződmények jelenlétének figyelembe vételével szerkesztjük (37. ábra). Vízzárónak tekintjük azokat a képződményeket, amelyekben a 0,02 mm átmérő alatti szemcsefrakció aránya meghaladja a 60 %-ot. Hasonlóan vízzárónak tekintjük a mészsizapot és a szikes képződményeket is. A belvízveszély mértékének megítélésénél a felszíni vízzáró rétegeket, a felszín-közeli vízzáró képződményeket (2 m-es mélységig) és a mélyebben elhelyezkedő vízzárókat választjuk el. A talajvizet mélysége alapján felszín közeli (0,0-1,0 m), kis mélységben lévő (1,0-2,0 m), és 2,0 m-nél mélyebben lévő kategóriákra osztva vesszük figyelembe. A két információ alapján eldönthető melyik 1-5-ig terjedő érzékenységi kategóriába tartozik a vizsgált területfolt (4. táblázat).

1: legnagyobb → → → 2 → → → 3 → → → 4 → → → 5: legkisebb belvíz veszélyeztetettség
4. táblázat

talajvíz	vízzáró képződmény		
	felszínen	felszín közelében	2 m-nél mélyebben
< 1 m	1	1	2
1-2 m	2	2	4
> 2 m	2	3	5

7.4. Öntözhetőség

A belvíz-veszélyeztetettség mellett a másik fontos információ a mezőgazdaság számára az öntözhetőség, melynek megállapításakor nem a gazdaságosságot vesszük figyelembe, hanem a termőtalaj védelmét tekintjük elsődleges szempontnak. A víz a növényi élet alapvető feltétele, legyen szó természetes vagy mesterséges vegetációról. A talaj nedvességtartalma nemcsak a növény vízellátását, hanem tápanyagellátását is szabályozza azáltal, hogy jelentős hatást gyakorol a növényi tápanyagok tér- és időbeni dinamizmusára (VÁRALLYAY Gy. 1980c). A homoktalajok fokozott aszályérzékenységének alapvető oka a szerves és/vagy ásványi kolloidok hiánya vagy kis mennyisége (VÁRALLYAY Gy. 1998), ráadásul az aszály előfordulási valószínűsége a Duna-Tisza közti homokon nagyobb, mint a szintén homokos Nyírségben, vagy Somogyban (LÁNG I. 1984). A természetes csapadék minél nagyobb hányadának megőrzése mellett az öntözés teremthet nagyobb biztonságot a mezőgazdaság számára (PÁLFAI I. 1999).

A öntözhetőség térképen az öntözés szempontjából kritikus talajvízmélységet ábrázoljuk a talajvíz mélysége és összes oldott anyag tartalma, valamint a talajvíztartó illetve a kapilláris zóna képződményeinek összefüggésében (38. ábra).

A térkép megszerkesztésének kiinduló alapja a talajvízszint és az összesóttartalom összevetése volt. A talajvízszintet a következő négy mélységközzel vesszük figyelembe: 0,0-1,0 m, 1,0-2,0 m, 2,0-4,0 m és mélyebb, mint 4,0 m. Az összesóttartalmat az 500 és az 1000 mg/l-es határnál választjuk el. A rendszert tovább finomítjuk a talajvíztartó és kapilláris zóna üledékei szemnagyságának figyelembe vételével, ugyanis a szemcsék mérete és a talajban felfelé emelkedő víz magassága között összefüggés van. Ezért az üledékeket szemnagyság szerint három csoportra bontjuk: homok (az uralkodó szemnagyság 0,06 mm fölött), kőzetliszt (az uralkodó szemnagyság 0,02-0,06 mm között), agyag (uralkodó szemnagyság 0,02 mm alatt; itt az agyag és finom kőzetliszt frakciót összevontuk). A három információ kombinációt táblázatban tüntetjük fel, öntözhetőségi kategóriákat mellérendelve: (5. táblázat). A: nem öntözhető, B: feltételesen öntözhető, C: öntözhető

5. táblázat

TALAJVÍZ	<500 mg/l			500-1000 mg/l			>1000 mg/l		
	HOMOK	KŐZETLISZT	AGYAG	HOMOK	KŐZETLISZT	AGYAG	HOMOK	KŐZETLISZT	AGYAG
<1 m	B	A	A	A	A	A	A	A	A
1-2 m	C	A	B	B	A	B	A	A	A
2-4 m	C	B	C	C	B	C	B	B	B
>4 m	C	C	C	C	C	C	C	C	C

Egy 1998-as adat szerint (PÁLFAI I. 1999) az Alföldön a mezőgazdaságilag művelt területek csupán 8%-át öntözik. Ennek oka lehet a vízdíj, az öntözés meglehetősen nagy beruházási igénye és üzemeltetési költségei, valamint az esetleges káros mellékhatások (szikesedés, láposodás) (VÁRALLYAY Gy. 1980c), valamint a megfelelő minőségű öntözővíz hiánya (pl. túl sós talajvíz).

8. Környezetföldtani vizsgálatok

A környezetföldtani vizsgálataink az átteresztőképességre és a szennyezés-érzékenységre terjedtek ki.

8.1. Áteresztőképesség-számolási eljárások összehasonlító vizsgálata

Az átteresztőképesség a talajnak és az alatta elhelyezkedő laza üledéknek is az egyik legfontosabb fizikai tulajdonsága, mely megmutatja, hogy milyen sebességgel képes a víz a pórusok között mozogni. Ez az információ több szempontból is hasznos lehet. A talajvíz felszín alatti mélységének, az átteresztőképességnek, a párolgás mértékének és a lehullott csapadék mennyiségének ismeretében megállapítható, hogy a csapadék eléri-e a talajvizet. Ennek ismerete nem csak a talajvíz utánpótlódásánál lényeges, hanem egy esetleges szennyezés bekövetkezésekor is nélkülözhetetlen információ. Az átteresztőképesség ismerete tehát környezetvédelmi szempontból is fontos, de emellett a kérdéses terület vízgazdálkodását is befolyásolja. A beszivárgás sebessége nem csak a szennyezés-érzékenységet jellemzi, de az öntözhetőségnek és a belvív-veszélyeztetettségnek is fontos összetevője. Mint a földtani közeg és a talaj egyéb fizikai tulajdonságai, az átteresztőképesség is hatással van a megtelepedő növényzetre, hiszen a talaj vízállapota függ a beszivárgástól és meghatározza a növények által felvehető tápanyagok mennyiségét. Egy erősen vízzáró réteg (pl. mészpadka) fizikai akadály is lehet a gyökerek fejlődésének, a gyökerek viszont növekedésükkel lazítják a talajt. Ez a folyamat csakúgy, mint az elhalt gyökerek által képzett „csatornácskák”, jelentősen növelhetik az átteresztőképességet.

A vízáteresztő képesség nagyon sok tényezőnek a függvénye. Ezek közül legfontosabb a szemcsék nagysága, de ide tartozik még a szivárgó folyadék minősége és állapota, a hézag-tényező, a szemcsék és pórusok alakja és elrendeződése (KÉZDI Á. 1960).

Az átteresztőképesség legelterjedtebb és legelfogadottabb mérőszáma a szivárgási tényező, röviden k tényező. A hidrogeológiától a mérnöki gyakorlaton át a talajmechanikáig sokfelé alkalmazzák. A legtágabb határok között mozgó talaj- és laza üledék-fizikai jellemző (értéke 10^2 cm/sec-tól 10^{-12} cm/sec-ig terjedhet). Számszerű meghatározását végezhetjük laboratóriumi kísérlettel, terepi méréssel és elméleti vagy tapasztalati képlettel. Ez utóbbi módszer a leginkább elfogadott és a mérnökgeológiai gyakorlatban elterjedt, mivel a laboratóriumi kísérlet, vagy a terepi mérés sem képes a valóságos talaj és üledékviszonyok modellezésére, viszont nehezen kivitelezhető, eszközigényes és drága. A képletek alkalmazása mellett szól az is, hogy lehetővé teszik nagy tömegű minta gyors feldolgozását. Sokféle számítási módszer létezik és az egyes eljárások nemcsak képletükben, de alkalmazhatóságukban is eltérnek (van pl. olyan módszer, ami csak homokon alkalmazható).

A bonyolult számítások miatt, a MÁFI Agrogeológiai és Környezetföldtani Osztályán kísérletet tettek különböző új módszerek kidolgozására, amik felválthatják a k tényező alkalmazását. Az 1960-as években Rónai András alkalmazta először az általa kidolgozott agyagossági fok meghatározását, mint az átteresztőképesség számszerű jellemzőjét (RÓNAI A. 1969). Aztán az 1990-es évek elején Kuti László tett kísérletet a homok-agyag arány ilyen célú használatára két mintaterületen (KUTI L.–FARKAS P.–MÜLLER T. 1990). Mindeztől kezdve nem készült elemzés a két utóbbi módszer használhatóságáról, összevetve a k tényező számításával kapott eredményekkel, ezért kísérletem meg összevetésüket.

A szivárgási tényező (k tényező) számítását az E. A. Zamarin által kifejlesztett eljárással (MAKSZIMOV, V. M. ed. 1967) végeztem, mivel ez a módszer az egész szemcseeloszlási tartományt figyelembe veszi. Zamarin eljárása szerint az integrál szemcseeloszlási görbét kis

szakaszokra kell osztani és a szemcsenagyság intervallumainak megfelelő, Zamarin által felállított exponenciális függvény-értékkel megszorozva kapunk jellemző értékeket. Ezeket az egész szemcseeloszlási görbe mentén összegezve, majd átlagolva, adódik ki a mértékadó szemcseátmérő reciproka (JUHÁSZ J. 1976).

Az agyagosság fok (Rónai) az agyag (0-0,005 mm) és iszap (0,005-0,02 mm) együttes súlyszázalékos arányát jelenti. A homok-agyag arány pedig a homok (0,06-2,0 mm) és agyag szemcsetartományba eső szemcsék súlyszázalékának hányadosa.

Az összehasonlításhoz az adatokat a Bugaci-mintaterület 87 fúrásából származó 1095 db minta szedimentológiai vizsgálata szolgáltatta. A statisztikai értékelésben Fügedi P. Ubul és Ó. Kovács Lajos segített. A statisztikai számításokhoz és a grafikus ábrázoláshoz az SPSS for Windows 10.1-et és az Excel 97-et használtam.

Első lépésként ki kellett számolni a mintákra érvényes értékeket mindhárom módszer szerint, majd az eloszlásgörbe megszerkesztése következett annak eldöntésére, normál-e az eloszlás, mivel az eloszlás határozza meg a használható statisztikai számítások körét. A gyakoriságok oszlopdiagramján a homok-agyag aránynál (12. melléklet) és a k tényezőnél (13. melléklet) egyértelműen látszik, hogy nem normál az eloszlás (két maximum), az agyagosság foknál ugyanennek bizonyítására normalitás vizsgálat is készült (14. és 15. melléklet). Miután egyik adatsor sem bizonyult normál eloszlásúnak, az esetleges kapcsolatok feltárására rangkorrelációt végeztünk, Kendall és Spearman képletét használva (SPSS Base manual; FÜGEDI, U. 1999) (6. táblázat). Azért használtunk kétféle képletet, mert egyrészt a két hasonló eredmény megerősíti a kapcsolat meglétét vagy hiányát, másrészt a feltűnő különbség a két képlettel kapott eredménynél adathibára vagy csoportképzési hibára utal. Az eredmény azt mutatta, hogy a k tényező az agyagosság fokkal erős negatív, míg a homok-agyag aránnyal erős pozitív korrelációban van, az agyagosság fok és a homok-agyag arány egymással még erősebb negatív korrelációt mutat, mint a k tényezővel. Az oszlopdiagramokon az is látszott, hogy nem egységes adatállományról van szó, hanem a minták két csoportot alkotnak. Ennek bizonyítására párosával, közös koordináta rendszerben ábrázoltam a három módszerrel kapott eredményeket, vagy azok logaritmusát, ha a jobb átláthatóság úgy kívánta (16., 17., 18. melléklet).

Célszerűnek tűnt az adatsorokat a homok-agyag arány alapján kétfelé bontani, mivel ennek az adatsornak a legnagyobb a szórása és megállapítható volt, hogy a szakadási hely a hisztogramon a 100-as értéknél található. Megállapításunkat úgy is ellenőriztük, hogy a két csoportot külön is ábrázoltuk az egyes értékek gyakoriságát alapul véve és így a csoportok egységesek lettek (19., 20. melléklet), tehát nem volt szükség további csoportbontásra. Ezután megint az adatok korrelációs vizsgálata következett, de már a két csoporton külön elvégezve. Mindkét módszerrel hasonló eredményt kaptam, bár Spearman képletével mindig nagyobb eredmények születtek. A csoportbontás után is érvényes maradt a korreláció mind <100 illetve >100 homok-agyag aránynál, mindhárom áteresztőképesség számolási módszert tekintve, de nem egyformán. 100 alatti homok-agyag aránynál a legerősebben az agyagosság fok korrelált a k tényezővel, ezután a k tényező és a homok-agyag arány következett, majd kis különbséggel homok-agyag arány és az agyagosság fok zárta a sort. 100 fölötti homok-agyag arány esetében a legerősebben az agyagosság fok korrelált a homok-agyag aránnyal, ezt követte az agyagosság fok és a k tényező kapcsolata és ez utóbbival majdnem megegyező értékek adódtak, ha a k tényezőt és a homok-agyag arányt egymáshoz viszonyítva vizsgáltuk.

A korrelációk erőssége lehetővé teszi, hogy a kapcsolatokat függvényel is felírjuk. A 100-nál kisebb homok-agyag arány egy esetben lineáris kapcsolatot mutat (homok-agyag arány és agyagosság fok), míg a másik két esetben a kapcsolat csak harmadfokú egyenlettel írható le (21., 22., 23. melléklet). A 100-nál nagyobb homok-agyag aránynál egy harmadfokú függvényt (agyagosság fok és k tényező) és két lineáris kapcsolatot kaptunk eredményül (24., 25., 26. melléklet).

A vizsgálatok végeredménye tehát, hogy a k tényező mind az agyagossági fokkal (negatív), mind a homok-agyag aránnyal (pozitív) erős korrelációban van, az egész adatsort és a két csoportot tekintve is, sőt ugyanez vonatkozik az agyagossági fok és a homok-agyag arány kapcsolatára is. Elképzelhető, hogy e három módszer fel is cserélhető egymással, de csak bizonyos feltételek meglétével. 100 alatti homok-agyag aránynál az agyagossági fok jobb korrelációt mutat a k tényezővel, mint a homok-agyag arány, így ezt célszerű használni. Más a helyzet, ha a homok-agyag arány 100 fölötti, mivel ebben az esetben az agyagossági fok és a homok-agyag arány k tényezővel való kapcsolata alig mutat különbséget, tehát bármelyik használható (bár logikusabb egyféle módszert alkalmazni az egész mintatömegben).

Az eddig ismertett eredmények alátámasztására és a függvénykapcsolat pontosítására további vizsgálatokat kell végezni, eltérő földtani felépítésű területeket is bevonva a kutatásba. Javaslom a vizsgálatok megismétlését nagyobb mintaszám esetén is. Bár a k tényező kiszámítása a széles körben legelfogadottabb és legbővebb irodalommal rendelkező módszer az áteresztőképesség számításra, de az ismertett vizsgálatokból kitűnik, hogy az agyagossági fok kiszámítása is (sőt esetenként a homok-agyag arány is) éppolyan jó eredményre vezethet. A mintaterület áteresztőképességi viszonyainak ismertetésére a BFK-szintekből készült térkép az agyagossági fokot figyelembe véve (39.-42. ábra). Az utóbbi módszerek egyszerűbb számolhatósága miatt javaslom gyakoribb használatukat és remélem, ha a további vizsgálatok is kedvező eredményt hoznak, szélesebb körben is elterjednek.

8.2. Szennyezés-érzékenység

A környezet- és természetvédelem hatékony működésének egyik feltétele a védendő terület vagy természeti érték mind jobb megismerése. A megismerési folyamat része az érzékenység vagy sérülékenység megállapítása (a két fogalom közti különbség magyarázata a 10. fejezetben található), ami nemcsak a szennyező anyag, de a szennyeződő közeg tulajdonságaitól is függ. Különböző mértékben szennyeződhet a talaj, az alapkőzet és a talajvíz is, de az alábbiakban bemutatásra kerülő térkép ez utóbbi érzékenységét mutatja.

A szennyezés-érzékenység térkép szerkesztéséhez először el kell készíteni a vízáteresztő képesség (összesítve a talajvízig terjedő összletre) című térképet (43. ábra). Ehhez a térképhez a talajvízig terjedő rétegösszletet kétjegyű kódszámmal kell ellátni a következők szerint:

- I. Vízáteresztő felszín (homok, <20% agyag)
 - 11. Vízáteresztő a talajvízig
 - 12. Vízáteresztő alatt víztartó
 - 13. Vékony vízzáró réteg a szelvényben (0-2 m-ig)
 - 14. Vastag vízzáró réteg a szelvényben
 - 15. Több vízzáró réteg a szelvényben
- II. Víztartó felszín (20-60% kőzetliszt)
 - 21. Víztartó a talajvízig
 - 22. Víztartó alatt vízáteresztő
 - 23. Vékony vízzáró réteg a szelvényben (0-2 m-ig)
 - 24. Vastag vízzáró réteg a szelvényben
 - 25. Több vízzáró réteg a szelvényben
- III. Vízzáró felszín (>60% agyag, mészszipa)
 - 31. Vízzáró a talajvízig
 - 32. Vastag vízzáró réteg a szelvényben

33. Vékony vízzáró réteg a szelvényben (0-2 m-ig)

34. Több vízzáró réteg a szelvényben

A kódszámokat négy áteresztőképességi kategóriába vontuk össze (43. ábra):

- vízáteresztő: 11, 12, 21, 22
- gyengén vízzáró: 13, 23, 33
- közepesen vízzáró: 14, 15, 24, 25
- erősen vízzáró: 31, 32, 34

Az így kapott négy csoportot a talajvíz mélységével kombinálva táblázatot készíthetünk az érzékenységi kategóriák feltüntetésével (7. táblázat) és az érzékenységi kategóriákat ábrázoljuk aztán a térképen (44. ábra).

1: nem érzékeny → → → 2 → → → 3 → → → 4 → → → 5: nagyon erősen érzékeny

7. táblázat

TALAJVÍZ MÉLYSÉG (M)	VÍZÁTERESZTŐ	GYENGÉN VÍZZÁRÓ	KÖZEPESEN VÍZZÁRÓ	ERŐSEN VÍZZÁRÓ
<1	5	4	4	3
1-2	5	4	3	2
2-4	4	3	2	1
>4	3	2	1	1

A szennyezés-érzékenységet ábrázoló térkép szerkesztéséhez egységesítettük a talajvízszintet (6.1. fejezet) és már a vegetáció alapján pontosított felszíni földtani térképet (47. ábra) vettük figyelembe.

A homok és a közvetlenül alatta illetve benne tározódó talajvíz önmagában, a homok jó vízvezető képessége következtében érzékenynek minősül a különböző szennyeződésekkel szemben. Ez a megállapítás nem minden esetben ilyen egyértelmű, mivel liziméteres kísérletek rámutattak, hogy a homoktalajok (Duna-Tisza köze, Kecskemét környéke) jelentős szennyvíztisztító képességgel is rendelkezhetnek már 1 méteres átszivárgási-réteg esetén is (VERMES L.-KLIMÓ E.-FEKETE B. 1990, 1991). A kérdés tisztázására érdemes lenne további vizsgálatokat végezni.

9. Ökogeológia

Előjáróban néhány ökológiai fogalmat kell röviden áttekinteni, ami az ökogeológia feladatainak pontosabb értelmezéséhez nélkülözhetetlen. Az általános indikátorelv megfogalmazza, hogy a Természet állandóan jeleket ad le, jelez. Minden igazán lényeges ökológiai hatás „jelenti magát” az észleleteinkben, mindabban, amit a természetben ténylegesen megfigyelhetünk (JUHÁSZ-NAGY P. 1984). A jel mindig valamilyen elem. Az élővilág elemei a populációk, amelyek csoportosulása és eloszlása jellemző. Ez a szerkezet, vagy mintázat. Mondhatjuk, hogy a vadvirágos tarka rét valamilyen mozaik, ami különböző jellegű és nagyságú „foltokból” tevődik össze. Ha ezt a rétet valamilyen perturbáció éri, például túllegettetés vagy a talajvíz szintjének mélyre süllyedése, akkor azt tapasztaljuk, hogy a legüdébb foltok összezsugorodnak, a szárazabb, igénytelenebb foltok viszont kiterjeszkednek (JUHÁSZ-NAGY P.–ZSOLNAI L. 1992). A növényzet tehát jelzi az életfeltételekben bekövetkező változásokat, ami számunkra akkor érdekes, ha földtani változásról van szó. Ezek elkülönítése a kutatás egyik lehetséges iránya.

A mintázat változhat térben és időben is, ezért beszélünk téridőmintázatról (JUHÁSZ-NAGY P. 1993). Ezek kialakulását az ökológia kutatja. A téridőmintázat kialakításában részt vesznek abiotikus és biotikus tényezők is. Az abiotikus tényezők közé tartozik például a földtani környezet. Tehát az ökogeológia egyik feladata, hogy felfedje azokat a földtani környezeti viszonyokat, amelyek hatnak az élőlények előfordulásának téridőmintázatára. Az ökogeológia másik feladata az általános indikátorelvet figyelembe véve feltárni a kapcsolatot a földtani környezet és a terület növényzete között az élőhelytípusokat felhasználva (KERÉK B.–KUTI L. 2002). Az elkezdett ökogeológiai kutatás során olyan bekövetkező változások lehetőségét vizsgáltuk a felszíni-felszínközeli képződményekben, amelyek hatással lehetnek a növényzetre. Az első lépéseket a Kiskörös nevű agrogeológiai térképlapot lefedő terület „savanyodás-érzékenysége” (a felszíni-felszínközeli képződmények kalcium-karbonát tartalma) és biotóp típusainak vizsgálata jelentette (KERÉK B. 2000).

A későbbiekben világossá vált, hogy a vizsgálat módszereit kisebb területen lehet csak kidolgozni, így esett a választás a Bugaci-mintaterületre (melyet a kiskörösi lap magába foglal). Elsősorban a növények alkalmasak a kezdeti vizsgálatok elvégzésére, mivel helyhez kötött életmódjuk miatt szoros kapcsolatban állnak a talajjal, így közvetve az alapkőzettel. Az élő és élettelen természeti tényezők szoros kapcsolata kölcsönös hatások sorozatát jelent, amelyben a talaj és a növényzet feltétele egymás jelenlétének. A növény vizet és tápanyagokat igényel, melyet a talajból, a csapadékból és/vagy a talajvízből tud megszerezni. Az elhalt növényi részek lebomlásával viszont a talaj szervesanyag készlete nő, de a növényzet védelmet is nyújt például az erózió ellen.

A növényökológia egyik alapelve, a termőhely legjobb jelzői maguk a növények, illetve a belőlük felépülő növényzet (SIMON T.–SEREGÉLYES T. 1998). A növények képesek megmutatni termőhelyük sajátosságait, mivel az adott alapkőzet, talaj és vízháztartási viszonyok (kiegészülve természetesen az éghajlattal, domborzattal és más tényezőkkel) meghatározzák az ott megtelepedő élőlények, így a növények típusát és így tulajdonságait is (pl. szárazságtűrő, mészkedvelő, stb.). Ez az ismeret „felhasználhatóvá” teszi a vegetációt, például agrogeológiai térképezés céljaira is. Fúrásháló segítségével csak pontszerű információhoz jutunk és ezt egészítjük ki terepbejárással, valamint szakmai tapasztalattal, hogy az egész területre kiterjedő térképet rajzolhassunk. A növényzet segíthetne a felszíni összlet kőzetkifejlődésének területi pontosításában, mivel az azonos, vagy hasonló vegetáció azonos, vagy hasonló talaj és alapkőzet viszonyokat feltételez. A fúrásminták anyagvizsgálatából nyert információkat (természetesen csak a növényeket befolyásoló mélységig) ki lehet terjeszteni az ott tipikus vegetáció elterjedéséig.

Az eddig ismertetett elvek a természetes növénytakaróra vonatkoznak, a mezőgaz-

daságilag művelt területek más kategóriába tartoznak. A kultúrnövényeknek is van termőhely igénye és jellemzőek a terület talaj- és nedvesség viszonyaira, de az eredeti körülményeket az emberi tevékenység jelentősen módosítja. A mezőgazdasági művelés, a talajgazdálkodás és a növényvédelem megváltoztatja a természetes viszonyokat (szerkezet, vízháztartás, kémhatás, elemháztartás, szerves anyag tartalom, stb.), így a talajképző közet meghatározó szerepe is csökken. Ebben az esetben viszont a földtani ismeret (agrogeológia és ökogeológia) segíthet a növénytermesztésben. A talaj-alapkőzet-talajvíz rendszer pontosabb ismerete, azon belül is a növények számára kiemelt fontosságú talaj-alapkőzet-talajvíz tulajdonságok meghatározása, lehetővé teszi a környezetkímélő, természeti adottságokhoz alkalmazkodó, ésszerű mezőgazdasági termelést. Különbséget tudunk tenni, például a természetben törvényszerűen bekövetkező és az emberi tevékenységhez köthető változások között (pl. savanyú talaj savanyú alapkőzeten természetes folyamatok eredménye, míg semleges vagy bázikus alapkőzeten antropogén hatás), így az esetleg szükséges rehabilitáció is jobban tervezhető.

Az elméleti fejtegetésből a gyakorlatban eddig a geobotanikai kutatás valósult meg, vagyis a felszíni földtani térképet igyekeztem pontosítani a vegetáció alapján. Ehhez a munkához természetesen botanikusok segítségére is szükség volt. A vegetációtérképet és a hozzá tartozó jelkulcsot Biró Marianna készítette és szakmai segítséget nyújtott még Molnár Zsolt (MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet).

A növények nem kimondottan a földtani közeget jelölik, ezért csak vegetációtérkép alapján nem lehet földtani térképet szerkeszteni. A már meglévő felszíni földtani térkép pontosítását azonban el lehet végezni, mivel (a botanikai felmérés jellegéből adódóan) egy élőhelytérkép sokkal több információt tartalmaz az adott területről (45. ábra). A fúrások adatai, a domborzat és a terepi megfigyelés elegendő adatot szolgáltat a térképszerkesztéshez, de ha rendelkezésre áll a terület vegetációtérképe, pontosabb folthatárokat rajzolhatunk. Ez a módosítás azonban nem minden esetben végezhető el, mivel a jelenkori növényzet, földtörténeti léptékkal mérve, sokkal fiatalabb, mint a földtani képződmények. Az ember által megbolygatott felszín növényei már nem minden esetben utalnak az alattuk elhelyezkedő földtani képződményre. Például egy kiszáradt láp elhelyezkedéséből még következtetni lehet az agyagos képződmény kiterjedésére, a zavart homoki növényzet is homokot borít, de a szántóföld, vagy a telepített fenyves önmagában nem segít a felszíni földtani térkép pontosításában. Persze ez nem azt jelenti, hogy egy szántóterület, vagy egy fenyves alatt bármilyen képződmény előfordulhat, de a melioráció és az erdőgazdálkodás képes a felszíni közeget saját igényei szerint teljesen átformálni. Ilyenkor meg kell elégedni az eddig is használt módszerrel.

Ami a gyakorlati kivitelezést illeti, először is egyszerűsíteni kell a botanikusok által kidolgozott jelkulcsot, vagyis ésszerű összevonásokat kell végrehajtani. Ez nem csak az egyszerűbb használhatóságot szolgálja, hanem indokolt is, mivel a földtani képződmény szempontjából egyenlőség jel tehető pl. a „zavart lápi növényzet”, a „kiszáradt lápok és láprétek”, valamint a „részben beszántott, zavart láp” élőhely típusok között. A három típus közötti különbség okozója az eltérő vízborítottság és az antropogén hatások, de ezek egyike sem áll fenn olyan régen, hogy szedimentológiai változást idézhetett volna elő a földtani közegben.

A botanikusok által megadott 40 kategóriát (8. táblázat) 7 csoportba foglaltam össze (9. táblázat) és így alakult ki egy egyszerűsített vegetációtérkép (46. ábra), ami már segítségünkre lehet a felszínen található földtani képződmények elhatárolásában. A telepített erdő, a szántó és a felhagyott szántó az erőteljes antropogén hatás miatt nem alkalmas erre a feladatra. A tőzeg, mint önálló kategória szerepel az agrogeológiai térképezési gyakorlatban, tehát a vegetációtérképről pontosan átvehető (a vegetációtérkép alapján egy kis tőzegfolt el is volt különíthető a terület keleti szélén, az 1081-es számú fúrás közelében). A nyárasok megjelölés csak az őshonos borókás, galagonyás és nyílt homoki

nyárasokat takarja (a telepített fehér, szürke és nemesnyár állományok a telepített erdők-höz lettek besorolva) és ez az élőhely homokot jelöl a felszínen. A gyepek címszó alatt szereplő élőhelytípusok szintén szárazabb területet jelölnek, inkább homokhoz köthetők. Végül a rét és szik csoport valamilyen tavi képződményt, finom üledéket, időszakos vízborítottságot és nagy karbonáttartalmat jelölhet. Ez utóbbi két élőhelytípus érdemel kiemelt figyelmet területünkön, mivel a korábban – csak a fúrások és a terepbejárás alapján – elkészített felszínföldtani térkép a homokon kívül mészsizapot és tavi képződményeket mutatott (6. ábra). A szikes és réti növényzet tehát kijelöli azokat a foltokat, ahol érdemes tovább vizsgálni és terepi mintavételezéssel igazolni vagy cáfolni a feltételezett felszíni tavi üledékek meglétét.

A növényzet és a felszíni földtani felépítés kapcsolatának vizsgálatára 2002. áprilisában és novemberében került sor. Az első kézfúróval lemélyített fúrások (17 db) maximum 60 cm-es mélységet értek el és 11 fúrásból mintát is vettünk (36 minta) szedimentológiai elemzésre. A vizsgálatok folytatásakor kézfúróval 9 db maximum 1 méteres sekélyfúrást mélyítettünk és mindegyikből mintát vettünk (30 minta) szedimentológiai elemzés céljából. A második fúrássorozatban 6 olyan fúrás szerepel, amelyet az első vizsgálatkor is lemélyítettünk, de 4-ből akkor nem vettünk mintát, 2-nél pedig mélyebbre fúrtunk mint korábban. Az összes minta szedimentológiai elemzése alapján elmondhatjuk, hogy a 20 fúrásnál 5 esetben fordult elő más szedimentológiai összetétel (tavi képződmény helyett homok), mint ami a növényzet által feltételezhető volt. További két esetben a 20-30 cm-es lepelhomok alatt bukkantunk tavi képződményre illetve mészsizapra a növényzet segítségével, ami ugyan ezeken a pontokon nem változtat a felszíni földtani térképen, de megerősíti a növényzet földtani felépítést jelző szerepét. Azoknál a fúrásoknál, ahol egy méterig homokot tártunk fel és a vegetációtérkép valamilyen lápi növényzetet mutatott, valószínűleg olyan vízzáró réteg van a felszín közelében, ami visszatartja a csapadékvizet és/vagy időnként a talajvíz is elég magasan van ahhoz, hogy elérje a kapilláris zónát. Az is elképzelhető – figyelembe véve a nagyfokú mozaikosságot (FÜLEKI GY.–LESZTÁK M.–TAKÁCS M. 1998) – hogy pontosan a lemélyített fúrás fölött már nem is réti a növényzet (a botanikai adatok egyharmada valós, a többi interpretálás – Biró Marianna szóbeli közlése).

A felszíni földtani térképet a kapott eredmények alapján ott módosítottam a vegetációt figyelembe véve, ahol a szedimentológiai vizsgálatok is megerősítették a feltételezéseket (47. ábra). Az eddig elvégzett vizsgálatokból azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a növényzet alkalmas a felszín földtani felépítésének pontosítására, de nem önmagában, mintavételezés nélkül. Egy földtani alapú vegetációtérkép segít kijelölni azokat a területeket, ahol további vizsgálatokat érdemes végezni. A kis mélység (maximum 1 méter) lehetővé teszi a kézfúró használatát, amellyel a mintavételezés gyorsan és olcsón kivitelezhető.

10. Területértékelés

Egy terület agrogeológiai kutatásánál nagyon sok információhoz jutunk. Feltárjuk a felszíni és felszínközeli rétegek földtani felépítését, megismerjük a talajvíz elhelyezkedését és összetételét, képet kapunk a karbonátok térbeli mennyiségi viszonyairól. A földtani felépítés esetében ábrázoljuk a maximum 10 méteres összlet egészére jellemző típusokat (5. fejezet), de az egyes BFK-szintek (3. fejezet) jellemzésére is készülnek térképek. Ezekre az adatokra alapozva jellemezhetjük a területet: öntözhetőség, belvív-veszélyeztetettség, szennyezés-érzékenység, felszíni-felszínközeli képződmények kalcium-karbonát tartalma, erózió- vagy defláció-érzékenység szempontjából. Az első három esetben a szemcseösszetétel ismeretére (homok, közetliszt és agyag mennyisége) a talajvíz szintjéig, valamint a talajvíz felszín alatti elhelyezkedésére van szükség. Ehhez az alaphoz kapcsolódik az összes oldott anyag mennyiségének ismerete az öntözhetőségnél. A terület szennyezés-érzékenységének megismeréséhez először a talajvíz feletti üledékösszlet vízáteresztő képességét állapítjuk meg, majd ehhez hozzárendeljük a talajvíz jelentkezési mélységét. A felszíni-felszínközeli képződmények kalcium-karbonát tartalmának meghatározásához a felszínközeli összlet (itt a 0,5; 1 és 1,5 m-ben mért értékeket értjük, 7.2. fejezet) kalcium-karbonát tartalmának ismeretére van szükség.

Az előzőekben felsorolt összes térkép és adat mind ugyanazt a területet jellemzi, de hogyan lehet ezt a kiterjedt és szerteágazó ismerethalmazt egységes képpé formálni, vagyis agrogeológiai szempontból értékelni? Nagyobb területen, tájegységen (ÉK Alföld) már kísérletet tettünk részterületek leválasztására az egyes alap geológiai (földtani felépítés, talajvíz) információk és a levezett térképek alapján, pontokkal értékelve ez egyes jellemzőket (KERÉK B.–KUTI L.–VATAI J. 2001). Ezenkívül a Duna-Tisza közének agrogeológiai értékelését végeztünk el két szempontot figyelembe véve (területhasználat és öntözhetőség), valamint a terület szennyezés-érzékenységét is megállapítottuk (KERÉK, B.–KUTI, L. 2003). Kisebb területnél még nem történtek ilyen jellegű értékelések, és gondot jelenthet a nagyobb területhez képest jelentkező viszonylagos homogenitás is (pl. a Bugaci-mintaterület felszínén és annak közelében elsősorban futóhomok, valamint tavi képződmények találhatóak, ezért a szennyezés-érzékenység megállapításához szükséges a 14 áteresztőképességi típusból csak 8 fordul elő, 8.2. fejezet és 43. ábra).

A területértékelés mindig attól függ, hogy milyen szempontból értékelünk. Az agrogeológiai területértékelés alapját a földtani felépítés jelentheti, amit legteljesebben a fúrások talpmélységéig feltárt összlet kőzetkifejlődése mutat meg. A Bugaci-mintaterületen öt, többé-kevésbé egységes részterület különíthető el kőzetkifejlődési típusa alapján (5. fejezet), ami lehetőséget ad az öt terület külön-külön történő jellemzésére, az alap- és levezetett térképek alapján.

Értékelhetünk mezőgazdasági szempontból is, annak ellenére, hogy a területen jellemzően különféle homoktalajok fordulnak elő, melyek nem tartoznak a leggazdaságosabban művelhető típusok közé, de nagy részarányuk miatt (a hátságon 551 ezer hektár a homok- és homokos vályogtalaj aránya) vizsgálatuk indokolt. Az értékelésnél azokat az agrogeológiai információkat használhatjuk fel, amelyek a termékenységet és művelhetőséget (GÓCZÁN L. 1980) befolyásolják. A termékenységet befolyásoló tényezők közé sorolható a fizikai talajféleség, a talajvíz mélysége és összetétele (elsősorban összesó és nátrium tartalom), az öntözhetőség (ami magába foglalja a fizikai talajféleségre, a talajvíz mélységére és az összes oldott anyag tartalomra vonatkozó információkat), a humusztartalom és esetleg a humuszos réteg vastagsága, valamint a karbonáttartalom. A művelhetőségnél figyelembe kell venni a kötöttséget, a felszínközeli nehezen feltörhető mészszipot és az erózió-veszélyeztetettséget (a terület jellegéből adódóan itt defláció-veszélyeztetettséget jelent). A belvív-veszélyeztetettség mind a termékenységet, mind a művelhetőséget befolyásolja, de

a vizsgált mintaterületen (és a homokhátság egész területén is) inkább a talajvízszint süllyedése és az aszály jelent megoldandó problémát (NOVÁK J. 2002). Ennél az értékelés típusnál a talajvíz mélységét véleményem szerint csak a vegetációs periódusban kell figyelembe venni (a talajvíztükör sokéves felszín alatti közepes szintje a vegetációs periódusban), mivel ezen az időszakon kívül nincs növényborítottság a művelt területeken.

A térkép elkészíthető az egész mintaterületre attól függetlenül, hogy jelenleg ténylegesen folyik-e mezőgazdasági művelés, vagy nem, mivel ez a kép időről-időre változhat. A vizsgált térség agrár szempontból nem tartozik a kedvező adottságú területek közé, mivel az itt uralkodó homoktalajok szélsőségesen könnyű mechanikai összetétele talajtermékenységét gátló tényezőnek számít. Ennek oka az igen nagy vízáteresztő és gyenge víztartó képesség, a kis hasznosítható vízkészlet, az aszály és szélrózsió-érzékenység, csekély természetes tápanyagkészlet (SZABOLCS I.–VÁRALLYAY GY. 1980), valamint a kis agyag, szervesetlen kolloid- és szervesanyag-tartalom, amihez társul a mesterségesen kijuttatott tápanyagok fokozott kilugzódásának veszélye (VÁRALLYAY GY. 1984). A homoktalajok hőgazdálkodási tulajdonságai (rossz hővezető képesség és kicsi hőkapacitás) viszont kedvezőek a korai vetésnek és a korai zöldségtermesztésnek, mivel a többi talajtípushoz képest korábban melegszik fel és kedvező időjárási viszonyok között melegebb is marad (ZENTAY T. 1993). Megfelelő mechanikai és/vagy biológiai talajjavítással, valamint átgondolt növényfaj és fajta választással gazdaságos termelés folytatható. A domborzati viszonyok és a mélyen elhelyezkedő talajvíz a homokdűnéken megakadályozza a földművelést, de erdőtelepítésrel még hasznosítható a terület.

A másik felszíni képződmény a mésziszap és a különféle finom tavi üledékek, amelyek a nedvességviszonyok függvényében értékelhetőek. Mivel a már korábban is időszakos vízborítottsággal jellemezhető tavak a talajvízszint süllyedésével összefüggésben egyre ritkábban és rövidebb időre kerülnek víz alá, így lehetőség van olyan gyepterület kialakulására, ami legeltetésre is alkalmas. Ez a lehetőség természetesen egy nedvesebb periódus beköszöntésével, vagy hirtelen nagymennyiségű csapadék lehullásával időszakosan vagy tartósan megszűnhet.

Az agrogeológiai területértékelést megközelíthetjük környezetvédelmi szempontból is. A talaj-alapkőzet-talajvíz rendszer nyílt rendszer, tehát környezetével anyag- és energiacsere-t végez. Az anyag- és energiabevitel lehet természetes vagy antropogén eredetű és ez utóbbi okozza a környezetvédelmi gondok túlnyomó részét (KERÉNYI A. 1989). A talaj-alapkőzet-talajvíz rendszer mindhárom eleme szennyeződhet és sérülhet, vagyis az agrogeológia és a környezetföldtan feladata ezzel kapcsolatban a veszélyeztetettség megadása földtani szempontból, tehát a terület érzékenységevel kapcsolatos információkat kell felhasználnia. A hazai és nemzetközi környezetföldtani szóhasználatban a „érzékenység” (sensitivity) és a „sebezhetőség” (vulnerability) nem azonos tartalmú fogalmak (ALFÖLDI L. 1994). Az érzékenység a kérdéses talaj, alapkőzet illetve vízadó réteg összetételét, típusát veszi figyelembe, míg a sebezhetőség a térbeli helyzetüket és környezetüket is értékeli. Például egy homokréteg, illetve a benne elhelyezkedő talajvíz érzékeny, de csak akkor sebezhető is, ha a felszínen vagy valahol a réteg fölött nincs vízzáró képződmény ami megvédhetné. Az emberi beavatkozás mondjuk egy kút létesítésével ezt a védettséget is megszüntetheti. A fentieket figyelembe véve az általunk kidolgozott térkép bár „szennyezés-érzékenység” címmel került bemutatásra eddig, inkább sebezhetőséget jelenít meg.

A kapcsolódó földtani információk közé tartozik az áteresztőképesség és a talajvíz mélysége (szennyezés-érzékenység), a felszíni-felszínközeli képződmények kalcium-karbonát tartalma, a defláció- és erózió-veszélyeztetettség. Ezenkívül lehetőség van a már meglévő szennyezések feltérképezésére a laza üledékben és a talajvízben, valamint a területre jellemző háttér-koncentrációk megadására is, segítve az esetleges későbbi szennyezés mértékének megadását. A szennyezés-érzékenység megállapításához az évi átlagos legmagasabb talajvízállások figyelembevételét javaslom (a talajvíztükör sokéves felszín alatti leg-

magasabb szintje), mivel ekkor kapjuk meg a szennyezés szempontjából „legérzékenyebb” periódusban a terület állapotát.

Az ismertetett három területértékelési szempont közül, a rendelkezésre álló térképek alapján az öt közetkifejlődési típus (5. fejezet) által lefedett területek jellemzésére van lehetőség. Az értékeléshez agrogeológiai térképeket (felszíni-felszínközeli képződmények kalcium-karbonát tartalma, belvív-veszélyeztetettség, öntözhetőség, 7. fejezet) és környezetföldtani térképeket (agyagossági fok az áteresztőképesség jellemzésére, szennyezés-érzékenység, 8. fejezet) használtam fel.

Homok-típus: egy középső, ÉNy-DK-i sávban található. Az áteresztőképesség nagyon nagy. A felszíni-felszínközeli képződmények kalcium-karbonát tartalma alapján megállapítható, hogy a terület legnagyobb része kis karbonát tartalmú földtani közeg, megközelítőleg ugyanakkora az egyenletes karbonát tartalmú terület nagysága, valamivel kisebb a csökkent karbonát tartalmú csoport és egy helyen találtunk csökkenő karbonát tartalmú területet. A belvív-veszélyeztetettségről elmondható, hogy a terület két-harmada a legkisebb, míg egy-harmada a kicsi veszélyességi csoportba tartozik. A típus területének fele feltételesen öntözhető, míg negyed-negyed rész jut az öntözhető és nem öntözhető kategóriákra. A szennyezés-érzékenység területi megoszlását tekintve a terület fele erősen érzékeny, a közepesen és nagyon erősen érzékeny részek nagysága közel egyenlő (egy kis folt tartozik a kissé érzékeny csoportba).

Homok/löss-típus: a középső sávtól ÉK és DNy felé foglal el nagy területet. Az áteresztőképesség nagyon nagy, főleg a felszíni homokrétegnél. A felszíni-felszínközeli képződmények kalcium-karbonát tartalmánál itt is a kis karbonát tartalmú földtani közeg a legáltalánosabb. Valamivel több, mint a terület negyede tartozik az egyenletes karbonát tartalmú csoportba, kevesebb, mint a negyede pedig a csökkent karbonát tartalmúba. A fennmaradó részen osztozik a csökkent karbonát tartalmú, a mélyben kis karbonát tartalmú és a mészakumuláció a felszín alatt csoport. A belvív-veszélyeztetettségről megállapítható, hogy a terület három-negyede a legkisebb, míg egy-negyede a kicsi veszélyességi csoportba tartozik (egy helyen nagy a veszélyeztetettség). Az öntözhetőséget vizsgálva megállapítható, hogy a terület ugyanakkora része öntözhető, mint feltételesen öntözhető és ezekhez képest feleakkora terület tartozik a nem öntözhető csoportba. A típus területének fele erősen érzékeny, míg negyed-negyed rész jut a közepesen és nagyon erősen érzékeny kategóriára.

Homok/tavi képződmény-típus: kis foltokban fordul elő (egy kivételtől eltekintve) a homok-típus sávján belül. Az áteresztőképesség a tavi képződményekig nagyon nagy. A felszíni-felszínközeli képződmények kalcium-karbonát tartalma szempontjából heterogén típus, mivel hasonló kiterjedésben fordul elő a kis karbonát tartalmú, az egyenletes karbonát tartalmú, a csökkent karbonát tartalmú, a mélyben kis karbonát tartalmú és a mészakumuláció a felszín alatt csoport. A terület ugyanakkora hányada tartozik belvív szempontjából a legkisebb, a kicsi és a közepes veszélyességi kategóriába. Az öntözhetőségnél fele-fele arányban osztozik a területen az öntözhető és a feltételesen öntözhető csoport (egy kis folt nem öntözhető). Szennyezésre a terület egyik fele erősen érzékeny, a másik pedig közepesen (egy kis folt tartozik a nagyon erősen érzékeny csoportba).

Homok/tavi képződmény/löss-típus: kisebb és nagyobb foltokban fordul elő a homok/löss-típus területén belül és a homok-típussal határos szélein. Az áteresztőképesség a tavi képződményekig itt is nagyon nagy, bár a tavi képződményekhez kapcsolódó foltoknál azért kisebb, a nagyobb agyagtartalom miatt. A felszíni-felszínközeli képződmények kalcium-karbonát tartalmánál itt is a kis karbonát tartalmú földtani közeg a legjellemzőbb, de ezután a csökkent karbonát tartalmú csoport következik (több mint fele az előző kategóriának), majd a mészakumuláció a felszín alatt és végül előfordul még egy-két helyen egyenletes karbonát tartalmú és csökkent karbonát tartalmú csoport is. A terület egyértelműen

a legkisebb érzékenységi típusba tartozik a belvív-hajlam szempontjából, mivel kevesebb, mint a fele sorolható a közepes veszélyeztetettséghez, míg egy-egy kis folt kicsi illetve nagy veszélyeztetettségű. Az öntözhetőséget vizsgálva megállapítható, hogy a terület valamivel kisebb része öntözhető, mint feltételelesen öntözhető (egy kis folt nem öntözhető). A szennyezés-érzékenység területi megoszlásáról megállapítható, hogy a terület három-negyede közepesen érzékeny, míg egy-negyede erősen.

Tavi képződmény/homok-típus, tavi képződmény/homok/löss-típus: elsősorban a mintaterület középső sávjában, ÉNy-DK irányban elhelyezkedő kiterjedt hosszúkás foltok. Egy részük mészsizapos, míg mások agyagosak és ez az elválás tükröződik tulajdonságaikban. Az áteresztőképességet tekintve gyengén vízzárók vagy a nagy mészsizaptartalom, vagy az agyagtartalom miatt. A többi típushoz képest a felszínen nagy a kalcium-karbonát és magnézium-karbonát tartalmuk is. A mészsizapos foltok a felszíni-felszínközeli képződmények kalcium-karbonát tartalma szempontjából a mészsizakkumuláció a felszínen csoportba tartoznak, míg a többi folt mélyben kis karbonát tartalmú, egyenletes karbonát tartalmú vagy mészsizakkumuláció található a felszín alatt. A legnagyobb a belvív-veszélyeztetettség a mészsizapos foltoknál, az agyagos felszínek a nagy kategóriába tartoznak (egy-egy kisebb folt tartozik a közepes és a legkisebb veszélyességi csoportba). A típus jellemzően nem öntözhető, két foltban feltételeesen, míg egyben öntözhető (ahol a legkisebb volt a belvív-veszély). A terület nagyon erősen szennyezés-érzékeny a magas talajvízállás miatt, de két folt így is a közepes, egy pedig a kissé veszélyeztetett csoportba került.

11. Összefoglalás

Bevezetés

A doktori értekezés a Magyar Állami Földtani Intézet Agrogeológiai és Környezetföldtani Osztályán készült, szorosan illeszkedve az osztály kutatási feladataihoz. Az Agrogeológiai és Környezetföldtani Osztály Bugaci-mintaterülete a Duna-Tisza közti hátság tipikus viszonyait tükrözi. A mintaterület részletes feltárása közelebb visz a térség problémáinak (gyakori aszály, könnyű mechanikai összetételű talajok, szennyezés- és defláció-érzékenység, valamint a talaj puffer kapacitásának csökkenése) megismeréséhez, okainak feltárásához és segíti megoldásukat. Lehetőség van új módszerek kidolgozására és kis területen való kipróbálásukra (vegetáció és felszínföldtan kapcsolata). A Duna-Tisza köze mezőgazdasági szempontból nem a legkedvezőbb adottságokkal rendelkezik, de bizonyos részei megfelelő agrotechnikával azért gazdaságosan hasznosíthatók. A gazdasági hasznot nem hajtó területek azonban más szempontból nagyon fontosak lehetnek, mint védett vagy védendő természeti értékek (endemikus növény és állatfajok, egyedülálló társulások, sajátos tájkép, vizes élőhelyek). Mind a gazdasági hasznosításhoz, mind a védelemhez szükség van a terület alapos földtani és agrogeológiai szempontú megismerésére.

Dolgozatom erről a megismerési folyamatról szól, s annak eredményeit az alábbiakban foglalja össze:

Eredmények

1. Tíz méteres mélységű fúrásokkal feltártam a területet és részletesen megvizsgáltam a mintaterület földtani felépítését. A területen a vizsgált mélységig (10 m) a homok az uralkodó üledék, ezt követi a lösz, majd a tavi üledékek és végül a löszös homok. A felszínt döntően futóhomok borítja, az egykori szikes tavak mára már kiszáradt medreiben agyagos finomkőzetliszt, finomkőzetlisztes agyag és mészszip forduló el. A felszínközeli képződmények uralkodóan eolikus üledékek, futóhomok, lösz és ezek különböző arányú keverékei, valamint eltemetett tavi képződmények. A felszínközeli földtani felépítés (tíz méteres összlet kőzetkifejlődési típusai) alapján a vizsgált területet öt részre osztottam és egy-egy típus fúrás alapján jellemeztem az ásványtani összetételt, valamint az üledékek képződésének környezeti viszonyait (osztályozottság, mozgási energia nagysága és ingadozása). Megállapítottam, hogy az egyes képződmények nemcsak szedimentológiai, de ásványtanilag is különböznek. A homokminták szedimentológiai értékelése alapján megállapítottam, hogy lerakódásukkor az idők folyamán nőtt a szél sebessége, amit az is alátámaszt, hogy az osztályozottság a felszínhez közeledve javul.
2. Megvizsgáltam a talajvíz mélységét, mely a mintaterületen rendkívül változatos. A laposokban és az egykori tavak helyén 1-2 méter közötti, a nagy vastagságú homokkal borított területeken 4 méter alatti, sőt délnyugaton jelentős nagyságú területeken 10 méternél mélyebben van, az év szárazabb időszakában. Igazoltam, hogy a talajvíz szintje az 1980-as évek elejétől 1995-ig ezen a területen is jelentős mértékben csökkent, azóta pedig évente emelkedik. A májusban, júniusban és augusztusban, a fúrásokban mért talajvíz értékeket átszámoltam egy valószínűsíthető áprilisi értékre úgy, hogy kiszámoltam — a talajvízmegfigyelő kút adatait felhasználva — a három hónap minden mérési adatának és a megfelelő áprilisi adatnak a különbségét, majd a különbség sokévi átlagát hozzáadtam a fúrásokban mért értékekhez. A kapott adatokból egységes talajvíztérképet szerkesztettem, amit felhasználtam a belvíz-veszélyeztetettséget, az öntözhetőséget és a szennyezés-érzékenységet bemutató térkép megszerkesztéséhez. A vízkémiai típusokat vizsgálva megfigyeltem, hogy ahol a felszínen tavi képződmény

alakult ki, ott mindig előfordul jellemző ionként Na^+ -és/vagy SO_4^{2-} -ion a talajvízben, a homokbuckák alatt uralkodó ionként Ca^{2+} -, Mg^{2+} - és HCO_3^- -iont találtam. A talajvíz összes oldott anyagát vizsgálva a laposokban, a felszíni tavi képződmények alatt vagy közeliükben nagyobb arányú az 1000–5000 mg/l értékek megjelenése, mint a terület többi részén, évszaktól függetlenül. Megállapítottam, hogy a területen is együtt jár a Na^+ - és a SO_4^{2-} -ion uralkodó ionként való jelenléte a nagy összes oldott anyag tartalommal, míg jellemző ionként a Ca^{2+} -, Mg^{2+} - és HCO_3^- -ion megjelenése ennél kisebb mennyiségű oldott anyag tartalomhoz köthető.

3. Feltártam a karbonátok vízszintes és függőleges tagolódását a mintaterületen. Megállapítottam, hogy a kalcium-karbonát és a magnézium-karbonát tartalomnál két tendencia figyelhető meg: a mélyebb ÉNy-DK-i sávban alulról felfelé nő, míg a magasabb részekben csökken a karbonát tartalom, ami abból adódik, hogy a buckák felől a mélyedésekhez áramló talajvíz felfelé szállította a karbonátokat. A magnézium-karbonátnál az oldódás lassabb, ezért kisebbek az értékek, ezenkívül a talpmélység felé növekvő magnézium-karbonát tartalom a lösz megjelenéséhez is kötődik. Megállapítottam, hogy a homok karbonáttartalmában is különbözik a lösztől és a löszös homoktól, míg a löszös homok és a lösz kalcium-karbonát tartalma alapján nem, de magnézium-karbonát tartalma alapján elválasztható.
4. Összehasonlítottam egy elfogadott és alkalmazott áteresztőképesség számítási módszert (szivárgási tényező vagy k tényező) két, az áteresztőképesség jellemzésére, az Agrogeológiai és Környezetföldtani Osztályon kidolgozott eljárással (agyagossági fok és homok-agyag arány). Az agyagossági fok az agyag és iszap együttes súlysúlyszázalékos arányát jelenti, míg a homok-agyag arány a homok és agyag szemcsetartományba eső szemcsék súlysúlyszázalékának hányadosa. Megállapítottam, hogy a k tényező az agyagossági fokkal erős negatív, míg a homok-agyag aránnyal erős pozitív korrelációban van. Igazoltam, hogy az agyagossági fok (és 100-nál nagyobb homok/agyag arány esetén a homok/agyag arány) kiszámítása helyettesítheti a szivárgási tényező (k tényező) használatát és alkalmazható az áteresztőképesség jellemzésére homokos területen.
5. Megfogalmaztam az öko-geológia általános feladatait: egyik feladata, hogy felfedje azokat a földtani környezeti viszonyokat, amelyek hatnak az élőlények előfordulásának téridőmintázatára, másik feladata az általános indikátorelvét figyelembe véve és az élőhelytípusokat felhasználva feltárni a kapcsolatot a földtani környezet és a terület növényzete között (geobotanikai kutatás). Földtani alapon egyszerűsítettem a botanikusok által készített vegetációtérképet és segítségével pontosítottam a mintaterületen a felszíni földtani térképet (speciális alkalmazás).
6. Agrogeológiai és környezetföldtani térképeket (felszíni-felszínközeli képződmények kalcium-karbonát tartalma, belvíz-veszélyeztetettség, öntözhetőség, agyagossági fok az áteresztőképesség jellemzésére, szennyezés-érzékenység) készítettem a terület használhatóságának megítélésére. Javaslatot tettem három területértékelési szempontra (a felszínközeli földtani felépítés típusa, mezőgazdaság, környezetvédelem) és az értékeléshez felhasználható agrogeológiai és környezetföldtani térképek típusára. Fentiek szerint értékeltem a mintaterület öt – a tíz méteres összlet kőzetkifejlődési típusai alapján kijelölt – részterületét.

Szeretném, ha az elért eredmények széles körben ismertek és a gyakorlatban is használhatók lennének, ezért a disszertációt eljuttattam a Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóságához is.

12. Summary

Introduction

The doctoral dissertation was prepared at the Department of Agrogeology and Environmental Geology in the Geological Institute of Hungary, closely linked up with the research tasks of the department. The Bugac model area of the Department of Agrogeology and Environmental Geology represents a typical area of the Danube-Tisza Hilly Region. The detailed exploration of the model area brings us closer to the recognition of the problems of the territory (frequent drought, light (sandy) soils, vulnerability to contamination and to deflation, decrease of buffer capacity of soils) and helps to find out the relevation of the reasons and also helps in the solution of the problems. It is possible to develop new methods and experiment on a smaller area (connection between the geology on the surface and the vegetation). The major part of the Danube-Tisza Interfluve does not have the best conditions from an agricultural point of view, but certain areas can be economically used with sufficient agricultural engineering. Unprofitable areas, on the other hand, could be very important like protected and possibly protected natural worth (endemic plants and animals, unique associations, specific landscape wetland habitat). Thorough agrogeological knowledge is necessary both for economic utilisation and protection.

Materials and methods

In 1988 87 pieces of 10 m-depth shallow boreholes were deepened along a regular grid, than between 1998–99 the boreholes were deepened again and 3 more boreholes were drilled along the original grid for the survey of the model area. The material of the boreholes was described and sampled on the basis of the macroscopic description. The reached level and the hydrostatic level of the groundwater were measured and when it was possible water samples were also taken from the groundwater. To find out the processes in a larger time interval the data of a groundwater observation well (number 002364) situated on the N boundary of the model area was also used (the detection of the values was started in 1933). For the characterisation of the rock development of the formations as far as 10 metres, five standard boreholes were chosen, deepened again, and sampled in detail. In the laboratory of the Geological Institute of Hungary sedimentary, X-ray, thermoanalytical, and geochemical analysis (for groundwater) were carried out. For searching the connection between the superficial formations and the vegetation shallow boreholes were deepened with hand drilling equipment. Detailed geological and pedological research-history concerning the Danube-Tisza Interfluve belong to the dissertation.

Results

1. The model area was surveyed by 10 m-depth shallow boreholes and the geological building-up was examined in details. The sediments as far as the searched depth in the area are in order of frequency: sand, loess, lacustrine sediments and loessy sand. The surface is mainly covered by sand and in the dried beds of former salt-affected ponds clayey fine silt, fine-silty clay, and lime mud are situated. The near-surface formations are dominantly eolian sediments: wind-blown sand, loess, the differently proportioned mixture of them, and buried lacustrine sediments. Based on the characterisation of the rock development of the formations as far as 10 metres, the model area was divided into five subterritories. These smaller parts were described on the basis of five standard boreholes, each chosen from one part, from a mineralogical composition point of view and the relations to the environment of formation were also analysed using the sort-

ing, the volume and fluctuation of kinetic energy coming from grain-size distribution graph. It was proved that the formations are different, not just from a sedimentary point of view, but also mineralogically. Based on the sedimentary analysis of sand samples it was established, that in the course of time the speed of the wind was increasing and this outcome is supported by the fact that the sorting get better to the surface.

2. The depth of the groundwater was also measured which is very variable at the model area. Under low areas (former ponds) the level of the groundwater is between 1-2 metres, under thick sand layers it is below 4 metres, and SW under a relatively big area it is below 10 metres during the dryer period of the year. It is proved that the level of the groundwater decreased significantly from the beginning of the eighties to 1995 and since then the level has increased year by year. The groundwater values, measured in the boreholes in May, June and August, were over-counted into a "probable April-value". The method of the calculation was that the difference was counted between each value of the mentioned months (May, June, and August) and the convenient values in April, using the data of the observation well. The many years' mean of the difference was added to the values measured in the boreholes. From the received data a unified map was created, which was used to the drawing up of different maps: vulnerability to excess water inundation, irrigableness, vulnerability to contamination. Examining the chemical type of the groundwater, it is noticeable that where there is lacustrine sediment on the surface there are always Na^+ - and/or SO_4^{2-} -ions as dominant ions in the groundwater and under the sand dunes Ca^{2+} -, Mg^{2+} - and HCO_3^- -ions were characteristic. In the case of the total soluble salt content there are values between 1000–5000 mg/l more often and on a larger scale in flat areas, under or near lacustrine sediments, than in other areas, independently from the season. It is verified that the presence of Na^+ - and SO_4^{2-} -ions as dominant ions are linked to the presence of a high total soluble salt content, and the appearance of Ca^{2+} -, Mg^{2+} - and HCO_3^- -ions as characteristic ions are connected to a lower soluble salt content in this territory too.
3. The horizontal and vertical division of the carbonates was revealed at the model area. Two tendencies can be recognised in the case of calcium carbonate and magnesium carbonate: the carbonate content increase from the depth to the surface in the lower NW-SE zone and decrease in the higher areas. The reason for that is the groundwater coming from the dunes and going to the flat areas carried up the carbonates close to the surface. The solution of the magnesium carbonate is slower, so the values are smaller than in the case of calcium carbonate and the increasing magnesium carbonate content to the depth is also connected to the appearance of loess. I pointed out that regarding the carbonate content, sand is different from loess and loessy sand, while loess and loessy sand can be divided based on magnesium-carbonate content but cannot based on calcium carbonate content.
4. An accepted and adapted method for counting the permeability (infiltration factor or k factor) was compared to two other methods ("clay-degree", "sand-clay ratio") developed at the Department of Agrogeology and Environmental Geology for characterising the permeability. The clay-degree means the total clay and mud weight-percentage ratio, and the sand-clay ratio means the ratio of the weight-percentage of the grains belonging to the sand-range divided by the weight-percentage of the grains belonging to the clay-range. It was established that the k factor with the clay-degree has a strong negative, while with the sand-clay ratio has a strong positive correlation. I proved that the calculation of clay-degree (and also the sand-clay ratio if it is higher than 100) can substitute for the k factor and it is applicable for the characterisation of the permeability in sandy areas.
5. The general questions of ecogeology were composed: one task is to uncover those geological environmental circumstances what have an effect on the "space-time pattern" of

the appearance of living creatures; the other task is to find out the connection between the geological formations and the plantation of the area (geobotanical research) using the habitat-types and taking the "general indicator principle" into consideration. The vegetation map created by botanists was simplified based on geology and with the help of the new map the surface geology map of the model area was corrected (special application).

6. Agrogeological and environmental geological maps were created (calcium carbonate content of the surface-near surface formations, vulnerability to excess water inundation, irrigableness, clay-degree for the characterisation of the permeability, vulnerability to contamination) for estimating the utility of the area. I made a proposal about three viewpoints of territory-evaluation (the type of the geological setting, agriculture, and environmental protection) and also about the agrogeological and environmental geological map-types usable for the evaluation. The five subterritories of the model area – marked on the bases of the characterisation of the rock development of the formations as far as 10 – were evaluated in detail.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton is szeretném megköszönni a doktori disszertáció elkészítésében nyújtott segítséget tanárainak, kollégáimnak és mindazoknak, akik gondolataikkal, kérdéseikkel és ötleteikkel segítették munkámat.

Témavezető: dr. Szöőr Gyula (Debreceni Egyetem)

Munkahelyi témavezetők: dr. Kuti László, dr. Szentpétery Ildikó (MÁFI)

dr. Molnár Béla (Szegedi Egyetem), dr. Várallyay György, dr. Tóth Tibor (TAKI), dr. Kalmár János (MÁFI)

MÁFI: Fügedi P. Ubul, dr. Kovács-Pálffy Péter, dr. Viczián István, Vatai József, Müller Tamás, dr.

Ó. Kovács Lajos, dr. Korpás László, Róth László, Rotárné Szalkai Ágnes, Dudás Imre
Bíró Marianna és Molnár Zsolt (MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet), dr. Iványosi Szabó András (Kiskunsági Nemzeti Park), dr. Pásztor László (TAKI)

dr. Csorba Péter és dr. Kerényi Attila (Debreceni Egyetem)

Tecnikai segítség: Benkő Levente, Kutasi Géza, Szlifka Judit, Madarász Istvánné, Ivanka Lovrencic, Helena Beros

A MÁFI Könyvtárának és Laboratóriumának munkatársai

Ujházi Péter és egész családom

Felhasznált irodalom

- ALFÖLDI L. 1982: Movement and interaction of nitrates and pesticides in the vegetation cover-soil ground water water-rock system — General report, International Symposium "Impact of agricultural activities on ground water", Prague, pp. 5-33
- ALFÖLDI L. 1994: Észrevételek a felszín alatti vizek szennyeződés-érzékenységi kérdéseire — Hidrológiai Közlöny 74/1, pp. 15-21
- ALTBÄCKER V. 1998: Növényevő emlősök és a vegetáció kapcsolatának vizsgálata homoki társulásokban — in Fekete G. (ed): A közösségi ökológia frontvonalai — Scientia Kiadó, Budapest, pp. 125-143
- ANTAL J.–EGERSZEGI S.–PENYIGEI D. 1966: Növénytermesztés homokon — Mezőgazdasági kiadó, Budapest, 249 p.
- ARANY S. 1956: A szikes talaj és javítása — Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, pp. 374-376
- BAGI I. 1995: A JATE Növénytani Tanszéke cönológiai és botanikai kutatásai a KNP-ben, 1984-1995 — in Tóth K. (ed): 20 éves a Kiskunsági Nemzeti Park 1975-1995 — Kiskunsági Nemzeti Park, Kecskemét, pp. 133-145
- BAKACSI, Zs.–KUTI, L. 1998: Agrogeological investigation on Salt Affected Landscape in the Danube Valley, Hungary — *Agrokémia és talajtan* 47/1-4, pp. 29-38
- BAKACSI Zs. 2001: Agrogeológiai és talajtani elemzések Apajpusztán, a feltételezett talajvíz-szint-változások várható következményei — doktori értekezés, MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézete, Budapest, 139 p.
- BALOGH K. 1991 in BALOGH K. (ed): *Szedimentológia I.* — Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 45
- BARRA I. 1839: Pest-Pilis és Solt törv. egyesített vármegyéknek természettudományi leírása, Budapest, 8 p.
- BARTHA A.–FÜGEDI U.–KUTI L. 1989: Agrogeológiai vizsgálatok Szarvas térségében — *Agrokémia és talajtan* 38, pp. 280-282
- BARTHA A.–FÜGEDI U.–KUTI L. 1991: Determination of mobile nutrient microelements in younger loose sedimentary rocks — XXVII. Colloquium Spectroscopicum Internationale (poster session), Bergen, Norway
- BERNÁTSKY J. 1911: A magyar Alföld pusztai és erdei növényzetéről — *Földrajzi Közlemények* XXXIX/6, pp. 261-277
- BÉRCZI I. 1971: A szemcseeloszlás vizsgálatok statisztikus kiértékelése — A Magyarhoni Földtani Társulat Alföldi Területi Szakosztálya és az Ifjúsági Bizottság által 1971. áprilisában Szegeden rendezett tanfolyam előadásai, pp. 59-122
- BILKÓ Á. 1995: Növényevők hatása a szukcessziós folyamatokra a Bugac-bócsai ősborkásiban — in Tóth K. (ed): 20 éves a Kiskunsági Nemzeti Park 1975-1995 — Kiskunsági Nemzeti Park, Kecskemét, pp. 180-192
- BIONDA, D. 2001: Carbonate diagenesis of Holocene lacustrine sediments in the Danube-Tisza interfluvium, central Hungary — kézirat, 19 p.
- BIRÓ M. 2003: Pillantás a múltba: A Duna-Tisza közti homokbuckások tájtörténete az elmúlt kétszázötven évben — in Molnár Zs. (ed): *A Kiskunság száraz homoki növényzete* — TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest, pp. 71-82
- BODROGKÖZY GY. 1960: Phytozoologische und bodenökologische Untersuchungen an den Sumpfwiesen im Süden des Gebietes Kiskunság (Klein Kumanien) — *Acta Botanica Acad. Sci. Hung.* VI/3-4, pp. 171-207
- BODROGKÖZY GY. 1962: Die standortökologischen Verhältnisse der halophiten Pflanzengesellschaften des Pannonicum I.: Untersuchungen an den Solonchak-Szikkböden des Südlichen Kiskunság — *Acta Botanica Acad. Sci. Hung.* VIII/1-2, pp. 1-37
- BOROS Á. 1952: A Duna-Tisza köze növényföldrajza — *Földrajzi Értesítő* I/1, pp. 39-53

- BORSY Z. 1965: Görgetettségi vizsgálatok a magyarországi futóhomokokon — Földrajzi Értesítő XIV/1, pp. 1-16
- BORSY Z. 1974: Folyóvízi homok vagy futóhomok? — Földrajzi Közlemények XXII (XCVIII)/1, pp. 1-13
- BORSY Z.–FÉLSZERFALVI J.–LÓKI J. 1982: A Jánoshalmi MÁFI alapfúrás homoküledékeinek elektronmikroszkópos vizsgálata — Acta Geographica Debrecina XX, pp. 35-50
- BORSY Z. 1989: Az Alföld hordalékkúpjainak negyedidőszaki fejlődéstörténete — Földrajzi értesítő XXXVIII/3-4, pp. 211-224
- BULLA B. 1939: Die periglazialen Bildungen und Oberflächengestaltungen des Ungarischen Beckens — Földrajzi Közlemények pp. 268-281
- BULLA B. 1951: Kis-Kunság kialakulása és felszíni formái — Földrajzi Könyv és Térképtár Értesítő 2/10-12, pp. 101-116
- BULLA B. 1953: Az Alföld felszínének kialakulása — Alföldi Kongresszus, Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 59-67
- CHOLNOKY J. 1910: Az Alföld felszíne — Földrajzi Közlemények XXXVIII/10, pp. 413-436
- CHOLNOKY J. 1928: Alföldünk morfológiai problémái — Földrajzi Közlemények LVI/V–VI, pp. 87-93
- CHOLNOKY J. 1940: A futóhomok elterjedése — Földtani Közöny IX, pp. 258-294
- CSÁGOLY É. 1976: A hódmezővásárhelyi térképlap felszínközeli rétegének mésztartalma — A MÁFI Évi Jelentése az 1973. évről, pp. 167-180
- CSERNI I. 1995: Az ökológiai adottságokhoz alkalmazkodó gazdálkodás távlatai a Duna-Tisza közén — Agrokémia és talajtan 44/3-4, pp. 539-544
- CSILLAG, J.–TÓTH, T.–RÉDLY, M. 1995: Relationship between soil solution composition and soil water content of Hungarian salt-affected soils — Arid Soil Research and Rehabilitation 9, pp. 245-260
- EGERSZEGI S. 1958: A réteges homokjavítás — Agrártudomány 10/2-3, pp. 1-7
- EGERSZEGI S. 1960: A homoktalajok termőrétegének mélyítése — Magyar Mezőgazdaság 15/9, pp. 12-13
- EGERSZEGI S. 1961: Homoktalajok termékenységének növeléséről — Magyar Mezőgazdaság 32, pp. 10-11
- ERDÉLYI M. 1967a: A Duna-Tisza közének vízföldtana — Hidrológiai Közöny 6, pp. 331-340
- ERDÉLYI M. 1967b: A Duna-Tisza közének vízföldtana — Hidrológiai Közöny 8, pp. 357-365
- FRANYÓ F. 1964: A futóhomok és a lösz települési viszonyai a Duna-Tisza köze középső részén — A MÁFI Évi Jelentése az 1961. évről II, pp. 31-45
- FÜGEDI, U. 1999: The incorrect calculation of rank correlation by some statistical programs — Ann. Rep. of the Geological Institute of Hungary 1992-1993/II, pp. 159-161
- FÜLEKI GY.–LESZTÁK M.–TAKÁCS M. 1998: Talajviszonyok és hagyományos talajhasználat a Duna-Tisza közti homokhátságon — Tudományos tanácskozás a „Homoktalajok hasznosításának időszerű kérdései a hazai homokkutató tükrében” témakörben, Kecskemét 1997. aug. 28. KÉE Kertészeti Főiskolai Kar konferencia kiadványa, Kecskemét, pp. 45-52
- GALLÉ L. 1995: Hosszú távú ökológiai vizsgálatok, állapotfelmérés és monitoring a Kiskunsági Nemzeti Parkban — in Tóth K. (ed): 20 éves a Kiskunsági Nemzeti Park 1975-1995 — Kiskunsági Nemzeti Park, Kecskemét, pp. 165-179
- GECSEI É. 1988: A Zemplénagárd–Nyírábrányi sekélyfúrás szelvény szedimentológiai vizsgálata — Diplomaterv, Miskolc, pp. 31-43
- GEREI L.–REMÉNYI M.–NÉ–ZENTAY T. 1983: A Duna-Tisza köze déli része homoktalajai tápanyag-

- hordozó ásványainak vizsgálata a homokterületek hasznosítása, meliorálhatósága szempontjából — Földrajzi Értesítő XXXII/3-4, pp. 509-510
- GÓCZÁN L. 1980: Mezőgazdasági területek agroökogeográfiai kutatása, tipizálása és értékelése — Földrajzi tanulmányok 18, Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 15, 21
- GÜLL V. 1904: Agrogeológiai jegyzetek Kúnszentmiklós és Alsódabas vidékéről — A Magyar Királyi Földtani Intézet Évi Jelentése 1903-ról, pp. 208-214
- GÜLL V. 1907: Agrogeológiai jegyzetek az Irsa, Czegléd és Örkény közötti területről — A Magyar Királyi Földtani Intézet Évi Jelentése 1906-ról, pp. 187-196
- GÜLL V. 1909: Agrogeológiai jegyzetek a Nagykörös, Lajosmizse és Tatárszentgyörgy közötti területről — A Magyar Királyi Földtani Intézet Évi Jelentése 1907-ről, pp. 185-191
- GYÖRFFY I. 1943: A nagybugaci erdő borókásairól — Természettudományi Közlöny 229-232 pótfüzete az 1943 évi LXXV kötethez, pp. 127-136
- GYURICZA GY.–MÜLLER T.–VALKAI L. 1999: Development of the SAGUS program system and its potential uses in applied geology — MÁFI Évi jelentése 1992-1993 II, pp. 145-157
- HAHN I.–SZABÓ M. 1995: Az ELTE Növényrendszertani és Ökológiai Tanszékének botanikai kutatásai a KNP-ben — in Tóth K. (ed): 20 éves a Kiskunsági Nemzeti Park 1975-1995 — Kiskunsági Nemzeti Park, Kecskemét, pp. 146-159
- HALAVÁTS GY. 1895: Az Alföld Duna-Tisza közötti részének földtani viszonyai — A Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve XI, pp. 101-173
- HARMATI I. 1998: A talajvíz jelentősége a Duna-Tisza közi homokhátság növénytermesztésében — Tudományos tanácskozás a „Homoktalajok hasznosításának időszerű kérdései a hazai homokkutatás tükrében” témakörben, Kecskemét 1997. aug. 28. KÉE Kertészeti Főiskolai Kar konferencia kiadványa, Kecskemét, pp. 53-62
- HARMATI I. 2000: A duna-völgyi szikes talajok és ezek talajvízének sótartalma — Agrokémia és Talajtan 49, pp. 383-399
- HERKE S. 1934: Szeged-Kiskunhalas környéke belvizes és szikes területeinek talajviszonyai — in Sajó E.–Trummer Á. (ed): A magyar szikesek (különös tekintettel vízgazdálkodás útján való hasznosításukra — a Magyar Királyi Földművelésügyi Minisztérium Kiadványai 2, Vízügyi Műszaki csoport, Budapest, pp. 35-97
- HERKE S. 1983: Szikes talajok javítása és hasznosítása a Duna völgyében — Akadémiai Kiadó, Budapest, 190 p.
- HORUSITZKY F. 1932: A „mocsárlösz” terminológiájáról — Földtani Közlöny LXII, pp. 213-220
- HORUSITZKY H. 1905: Előzetes jelentés a Nagy-Alföld diluviális mocsárlöszéről — Földtani Közlöny XXV, pp. 403-404
- HORUSITZKY H. 1929: Az agrogeológia múltja és feladatai hazánkban — Földtani Közlöny LIX, pp. 13-25
- IVÁNYOSI SZABÓ A. 1994: A Duna-Tisza közi hátságon bekövetkezett talajvízszint süllyedés hatása természetvédelmi területeinkre — in Pálfai I. (ed): A Duna-Tisza közi hátság vízgazdálkodási problémái — A Nagyalföld Alapítvány Kötetei 3, Békéscsaba, pp. 77-85
- IVÁNYOSI SZABÓ A. 1995: A KNP természetföldrajzi környezete — in Tóth K. (ed): 20 éves a Kiskunsági Nemzeti Park 1975-1995 — Kiskunsági Nemzeti Park, Kecskemét, pp. 17-36
- JÁRAINÉ KOMLÓDI M. 1966: Adatok az Alföld negyedkori klíma és vegetációtörténetéhez I. — Botanikai Közlemények 53/3, pp. 191-201
- JÁRAINÉ KOMLÓDI M. 1995: Az MTA Növénytárának kutatásai a KNP területén — in Tóth K. (ed):

- 20 éves a Kiskunsági Nemzeti Park 1975-1995 — Kiskunsági Nemzeti Park, Kecskemét, pp. 121-132
- JUHÁSZ-NAGY P. 1984: Beszélgetések az ökológiáról — Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, p. 57
- JUHÁSZ-NAGY P. 1985: „Juniperus project” tematikája — in Tóth K. (ed): Tudományos kutatások a Kiskunsági Nemzeti Parkban 1975-1984 — Kiskunsági Nemzeti Park, Kecskemét, pp. 142-146
- JUHÁSZ-NAGY P.–ZSOLNAI L. 1992: Az ökológia reménytelen reménye — Humánökológia sorozat, ELTE TTK, Budapest, p. 42
- JUHÁSZ-NAGY P. 1993: TERMÉSZET és ember — Gondolat Kiadó, Budapest, p. 115
- JUHÁSZ J. 1976: Hidrogeológia — Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 264, 265
- KÁDÁR I. 1998: Műtrágyázási tartamkísérletek tanulságai homoktalajokon — Tudományos tanácskozás a „Homoktalajok hasznosításának időszerű kérdései a hazai homokkutatás tükrében” témakörben, Kecskemét 1997. aug. 28. KÉE Kertészeti Főiskolai Kar konferencia kiadványa, Kecskemét, pp. 66-72
- KÁDÁR L. 1935: Futóhomok-tanulmányok a Duna-Tisza közén — Földrajzi Közlemények LXIII, pp. 4-15
- KÁDÁR L. 1938: Die periglazialen Binnendünen des Norddeutschen und Polnischen Flachlandes — Comptes Rendus du Congr. Intern. De Geographie, Amsterdam, pp. 167-183
- KÁDÁR L. 1956: A magyarországi futóhomok-kutatás eredményei és vitás kérdései — Földrajzi Közlemények LXXX/2, pp. 143-163
- KELEMEN J. (ed) 1997: Irányelvek a füves területek természetvédelmi szempontú kezeléséhez — A KTM Természetvédelmi hivatalának tanulmánykötetei 4., TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest, pp. 123-125
- KERÉK B. 2000: Ökogeológiai vizsgálatok a Duna-Tisza közeli hátság nyugati peremén — Földtani Közlöny 130/4, pp. 611-622
- KERÉK B.–KUTI L.–VATAI J. 2001: Az Északkelet-Alföld felszíni-felszínközeli képződményeinek és a bennük mozgó talajvíznek az agrogeológiai-környezetföldtani jellemzése — Acta Geographica ac Geologica et Meteorologica Debrecina XXXV, pp. 103-116
- KERÉK B.–KUTI L. 2002: Ökogeológiai vizsgálatok a Bugaci mintaterületen — Földtani Közlöny 132/különszám, pp. 311-316
- KERÉK, B.–KUTI, L. 2003: The environmental and agrogeological evaluation of the sandy steppe at the Danube-Tisza Hilly Region, Hungary — Bulletin of the Fifth International Conference on the Middle East, 2003. January, Cairo, Egypt, pp. 409-416
- KERÉNYI A. 1989: Néhány gondolat a táj kutatás és a környezetvédelem kapcsolatáról — Földrajzi Értesítő XXXVIII/3-4, pp. 347-352
- KÉZDI Á. 1960: Talajmechanika I. — Tankönyvkiadó, Budapest, p. 175
- KOCH S.–SZTRÓKAY K. 1967: Ásványtan I.-II. — Tankönyvkiadó, Budapest, II, p. 734
- KRETZOI M. 1953: A negyedkor taglalása a gerinces fauna alapján — Alföldi Kongresszus, Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 89-97
- KREYBIG L. 1937: A M. Kir. Földtani Intézet talajfelvételi, vizsgálati és térképezési módszere — A Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve XXXI/2, pp. 147-216
- KRIVÁN P. 1953a: A pleisztocén földtörténeti ritmusai. Az új szintézis — Alföldi Kongresszus, Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 5-15
- KRIVÁN P. 1953b: Die Bildung der Karbonatsedimente im Zwischengebiet von Donau und Theiss — Acta Geologica Hungarica 2/1-2, pp. 91-108
- KROLOPP E.–SÜMEGI P.–KUTI L.–HERTELENDI E.–KORDOS L. 1995: Szeged-Öthalom környéki löszkép-

- zödmények keletkezésének paleoökológiai rekonstrukciója — Földtani Közlöny 125/3-4, pp. 309-361
- KUTI L. 1977: Agrogeológiai vizsgálatok Kecskemét környékén — Egyetemi doktori értekezés, JATE Földtani és Őslénytani Tanszék, 58 p.
- KUTI L. 1978: Talajvíztípusok a dabasi térképlapon — A MÁFI Évi Jelentése az 1975. évről, pp. 127-136
- KUTI L.–KÖRÖSSY L.–SZEPESHÁZY K. 1981: Az Alföld földtani atlasza. Kecskemét — MÁFI, Budapest, 11p., [19] térkép
- KUTI L. 1986: Magyarország agrogeológiai kutatási programja — kézirat, MÁFI, Agrogeológiai és Környezetföldtani Osztály, Budapest, 5p.
- KUTI L.–KÖRÖSSY L. 1986: Az Alföld földtani atlasza. Dabas — MÁFI, Budapest, 11p., [19] térkép
- KUTI L.–KÖRÖSSY L. 1989a: Az Alföld földtani atlasza. Dunaújváros–Izsák — MÁFI, Budapest, 11p., [19] térkép
- KUTI L. 1989b: A fiatal laza üledékek és a bennük tárolódó talajvíz tulajdonságainak kölcsönhatása — A MÁFI Évi Jelentése az 1987. évről, pp. 441-454
- KUTI L.–FARKAS P.–MÜLLER T. 1990: A talajsavanyodás agrogeológiai vizsgálata — Környezetünk savanyodása c. országos konferencia, IV. szekció, Talaj, konferencia kiadvány
- KUTI L.–KÖRÖSSY L. 1991: Az Alföld földtani atlasza. Kiskunhalas — MÁFI, Budapest, 11p., [19] térkép
- KUTI L.–KALMÁR J.–GECSEI É.–SZENDREINÉ KÖREN E. 1993: Agrogeológiai mintaterület az ERTI Gödöllői Arborétumában — Erdészeti Kutatások, Az Erdészeti Tudományos Intézet Közleményei 1990-91/82-83/II, pp. 57-73
- KUTI L.–TULLNER T. 1994: Distribution of nutrient elements in the soil of the Szarvas area, Hungary — ITC Journal, 1994/1, pp. 40-43
- KUTI L.–GEREI L.–ZENTAY T.–VATAI J. 1997: Az ásványi összetétel szerepe a Fülöpi- és Bugaci-mintaterületek homoktalajaiban — Agrokémia és talajtan 45/3-4, pp. 249-259
- KUTI L.–VATAI J.–MÜLLER T. 1998: A talajvíz felszín alatti mélysége változásának vizsgálata a Duna–Tisza közti hátságban az 1950–1996 között készült térképek alapján — a Magyar Hidrológiai Társaság XVI. Országos Vándorgyűlésének kiadványa 1, pp. 90-100
- KUTI L.–TÓTH T.–PÁSZTOR L.–FÜGEDI U. 1999: Az agrogeológiai térképek és a szikesedés kapcsolata az Alföldön — Agrokémia és talajtan 48/3-4, pp. 501-517
- KUTI L.–KERÉK B.–MÜLLER T.–VATAI J. 2002a: Az Alföld agrogeológiai–környezetföldtani térképei — Földtani Közlöny 132/különszám, pp. 299-309
- KUTI, L.–KERÉK, B.–TÓTH, T.– ZÖLD, A.–SZENTPÉTERY, I. 2002b: Fluctuation of the Groundwater Level, and Its Consequences in the Soil-Parent Rock-Groundwater System of a Sodic Grassland — Agrokémia és Talajtan 51/1-2, pp. 253-262
- KUTI L.–ZENTAY T.–KERÉK B. 2002c: A Bugaci- és Fülöpi-mintaterületek felszín-közeli üledékeinek kalcium-karbonát tartalma — MÁFI Évi jelentés 1997-1998-ról, pp. 107-117
- LÁNG I. 1984: Homoktalajok termőképességének fokozása — Agrokémia és talajtan 33/1-2, pp. 145-158
- LÁNG I. (ed) 2002: Környezet- és Természetvédelmi Lexikon I.-II. — Akadémiai Kiadó, Budapest, 664 p. és 588 p.
- LEHOCKÝ, J. 1982: Dynamics of plant nutrients and some pesticides movement within the system soil-water — International Symposium "Impact of agricultural activities on ground water", Memoires volume XVI. Part 2 Preceedings, Prague, pp. 203-214
- LENGYEL E. 1931: Alföldi homokfajták ásványos összetétele — Földtani Közlöny LX, pp. 67-75

- MAKSZIMOV, V. M. (ed) 1967: Szpravocsnoje rukovodstvo gidrogeologa 2. — Nyedra Kiadó, Leningrád, 71-77 pp.
- MIHÁLYINÉ LÁNYI I. 1953: A magyarországi löszváltozatok és egyéb hullóporos képződmények osztályozása — Alföldi Kongresszus, Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 5-15
- MIHÁLTZ I. 1938: A Duna-Tisza közi futóhomok — Földtani Értesítő III/4, 8 p.
- MIHÁLTZ I.–M. FARAGÓ M. 1945: A Duna-Tisza-közi édesvízi mészképződmények — különnyomat, Alföldi Tudományos Intézet 1944–1945-i Évkönyve, 14 p.
- MIHÁLTZ I. 1953a: A Duna-Tisza köze déli részének földtani felvétele — A MÁFI Évi Jelentése az 1950. évről, pp. 113-138
- MIHÁLTZ I. 1953b: Az Alföld negyedkori üledékeinek tagolódása — Alföldi Kongresszus, Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 101-110
- MIHÁLTZ I.–UNGÁR T. 1954: Folyóvízi és szélfújta homok megkülönböztetése — Földtani Közlöny LXXXIV, pp. 17-26
- MIHÁLTZ I. 1967: A Dél-Alföld felszínközeli rétegeinek földtana — Földtani Közlöny XCVII, pp. 136-144
- MOESZ G. 1940: A Kiskunság és a Jászság szikes területeinek növényzete — Acta Geobotanica Hungarica III, pp. 100-112
- MOLNÁR B. 1961: A Duna-Tisza közi eolikus rétegek felszíni és felszín alatti kiterjedése — Földtani Közlöny XCI, pp. 300-315
- MOLNÁR B. 1963: A délföldi pliocén és pleisztocén üledékek tagolódása nehézasvány-összetétel alapján — Földtani Közlöny XCIII, pp. 97-107
- MOLNÁR B. 1965: Adatok a Duna-Tisza köze fiatal harmadidőszaki és negyedkori rétegeinek tagolásához és származásához nehézasvány-összetétel alapján — Földtani Közlöny XCV, pp. 217-225
- MOLNÁR B. 1966: Pliocén és pleisztocén lehordási területváltozások az Alföldön — Földtani Közlöny XCVI, pp. 403-413
- MOLNÁR B. 1970: A dél-alföldi szikes tavak keletkezése — Hidrológiai Tájékoztató 10, pp. 124-130
- MOLNÁR B. 1973: Az Alföld harmadidőszak-végi és negyedkori feltöltődési ciklusai — Földtani Közlöny CIII, pp. 294-310
- MOLNÁR B.–M. MURVAI I. 1976: A Kiskunsági Nemzeti Park fülöpházi szikes tavainak kialakulása és földtani története — Hidrológiai Közlöny 56/2, pp. 67-77
- MOLNÁR B. 1977: A Duna-Tisza köze felsőpliocén (levantei) és pleisztocén földtani fejlődéstörténete — Földtani Közlöny CVII, pp. 1-16
- MOLNÁR B.–KUTI L. 1978a: A Kiskunsági Nemzeti Park III. sz. területén található Kistréti-, Zabszék- és Kelemenszék-tavak keletkezése és limnogeológiai története — Hidrológiai Közlöny 58/5, pp. 216-228
- MOLNÁR B.–KUTI L. 1978b: A Kiskunsági Nemzeti Park III. sz. területén található Kistréti-, Zabszék- és Kelemenszék-tavak környékének talajvízföldtani viszonyai — Hidrológiai Közlöny 58/8, pp. 347-533
- MOLNÁR B. 1979: A nemzeti park tavainak kialakulása és vízföldtani fejlődéstörténete — in Tóth K. (ed): Nemzeti park a Kiskunságban — Natura Kiadó, Budapest, pp. 136-154
- MOLNÁR B.–SZÓNOKY M.–KOVÁCS S. 1981: Recens hiperszalin dolomitok diagenetikus és litifikációs folyamatai a Duna-Tisza közén — Földtani Közlöny 111/1, pp. 119-144
- MOLNÁR B. 1980: Hiperszalin tavi dolomitképződés a Duna-Tisza közén — Földtani Közlöny 110/1, pp. 45-64
- MOLNÁR B. 1981: Szedimentológia I. — József Attila Tudományegyetem, TTK, Földtani és Ásványtani Tanszék, Szeged, egyetemi jegyzet, pp. 50-55

- MOLNÁR B. 1983: A Duna-Tisza közti tavak keletkezése, fejlődéstörténete és hasznosítása — akadémiai Doktori Értekezés, Szeged, 143 p., [13+93] ábra
- MOLNÁR B. 1994: Vízátározók létesítésének vízföldtani adottságait a Duna-Tisza közti Hátságán — Hidrológiai Közlöny 74/6, pp. 341-352
- MOLNÁR B.–FÉNYES J.–KUTI L. 1994: A Kiskunsági Nemzeti Park töserdei területének vízföldtana — Hidrológiai Közlöny 75/4, pp. 212-224
- MOLNÁR B. 1985: Földtani kutatások — in Tóth K. (ed): Tudományos kutatások a Kiskunsági Nemzeti Parkban 1975-1984 — Kiskunsági Nemzeti Park, Kecskemét, pp. 29-58
- MOLNÁR, B.–R. BOTZ 1996: Geochemistry and stable isotope ratio of modern carbonates in natron lakes of the Danube-Tisza Interfluvium, Hungary — Acta Geologica Hungarica 39/2, pp. 153-174
- MOLNÁR B. 2000: Az 1999. évi belvíz okai a Duna-Tisza köze DK-i részén — Hidrológiai Közlöny 80/3, pp. 129-137
- MOLNÁR, B.–U. SCHNEIDER-LÜPKES 2001: Az időszakos Péteri-tó (KNP) keletkezése és üledékképződése — Földtani Közlöny 131/3-4, pp. 475-497
- MOLNÁR B.–KUTI L. 2001: A Kiskunsági Nemzeti Park miklapusztai területének földtani és vízföldtani viszonyai — Hidrológiai Közlöny 81/1, pp. 14-20
- MOLNÁR E. 1995: Talaj- és környezetvédelmi kutatások a KNP területein — in Tóth K. (ed): 20 éves a Kiskunsági Nemzeti Park 1975-1995 — Kiskunsági Nemzeti Park, Kecskemét, pp. 110-114
- MOLNÁR Zs. (ed): A Kiskunság száraz homoki növényzete — TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest, 159 p.
- Az MTA Ökológiai Bizottságának állásfoglalása néhány fogalom definíciójáról 1987: Álljunk meg néhány szóra... — Magyar Tudomány 32/XI, pp. 894-897
- MUCSI M. 1963: Finomrétegtani vizsgálatok a kiskunsági édesvízi karbonátképződésekben — Földtani Közlöny XCIII, pp. 373-386
- MUCSI M. 1965: A soltvadkerti Petőfi-tó földtani viszonyai — Földtani Közlöny XCV, pp. 240-248
- MUCSI M. 1966: A soltvadkerti Petőfi-tó földtani viszonyai II. — Földtani Közlöny XCVI, pp. 453-459
- NAGY L. 1982: A növénytermesztést gátló belvízveszélyes területek elhelyezkedése hazánkban — Földrajzi Értesítő XXXI/2-3, pp. 331-338
- NÉMETH T. 1998: Nitrogén trágyázási tartamkísérlet homoktalajon — Tudományos tanácskozás a "Homoktalajok hasznosításának időszzerű kérdései a hazai homokkutatás tükrében" témakörben, Kecskemét 1997. aug. 28. KÉE Kertészeti Főiskolai Kar konferencia kiadványa, Kecskemét, pp. 98-105
- NORUSIS, M. J.(ed) 1990: SPSS/PC +4.0 Base Manual — SPSS Inc., Chicago, pp. B127-133
- NOVÁK J. 1987: Talajvízszint ingadozásának szerepe a homok vízháztartásában — Beszámoló az 1985-ben végzett tudományos kutatásokról, Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, pp. 118-128
- NOVÁK J. 1988: A talajvízszint ingadozásának becslése klimatológiai adatok alapján Kecskemét-Katonatelepre — Agrokémia és talajtan 36-37, pp. 5-14
- NOVÁK J. 2002: Éghajlati tendenciák a Homokhátság vízháztartásában — a kecskeméti obszervatórium vezetője által az Iványosi Szabó András (Kiskunsági Nemzeti Park igazgatóhelyettese) részére készített jelentés, 5 p.
- PÁLFAI I. 1986: Síkvidéki területeink hidrológiai vizsgálata — Hidrológiai Közlöny 66/2, pp. 65-72
- PÁLFAI I. 1988: A belvizek hidrológiai jellemzése — Hidrológiai Közlöny 68/6, pp. 320-329
- PÁLFAI I. 1994: Összefoglaló tanulmány a Duna-Tisza közti talajvízszint-süllyedés okairól és a vízhiányos helyzet javításának lehetőségeiről — in Pálfa I. (ed): A Duna-Tisza közti

- hátság vízgazdálkodási problémái — A Nagyalföld Alapítvány Kötetei 3, Békéscsaba, pp. 111-126
- PÁLFAI I. (ed) 1994: A Duna-Tisza közi hátság vízgazdálkodási problémái — A Nagyalföld Alapítvány Kötetei 3, Békéscsaba, 126 p.
- PÁLFAI I. 1999: A víz szerepe az Alföld fejlődésében — Hidrológiai Közlöny 79/2, pp. 67-68
- Pécsi M. 1959: A magyarországi Duna-völgy kialakulása és felszínalaktana — Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 218
- Pécsi M. (ed) 1967: A Dunai Alföld — Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 218
- Pécsi M. 1993: Negyedkor és löszkutatás — Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 375
- RAKONCZAY Z.–TÖLGYESI I.–VAJDA Z. 2001: A Kiskunságtól Bácsalmásig – A Kiskunság természeti értékei — Mezőgazda Kiadó, Budapest, 387 p.
- RAPPNÉ SÍK S.–TOLNAY V. 1964: A Duna-Tisza közi felszínközeli vizek és víztartó rétegek geokémiai vizsgálata — A MÁFI Évi Jelentése az 1962. évről, pp. 467-477
- RÉVÉSZ I.–SZABÓNÉ DRUBINA M.–TÓTH K.–VICZIÁN I.–BALOGH K. (ed): Szedimentológia II. — Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 212
- ROHRINGER S. 1936: Talajvízszín tanulmányok a Duna-Tisza-közén — Vízügyi Közlemények 1, pp. 31-46
- RÓNAI A. 1953a: Újabb adatok a Duna-Tisza közi talajvizekről — Hidrológiai Közlöny 33/5-6, pp. 211-226
- RÓNAI A. 1953b: Alföldi talajvízproblémák — Alföldi Kongresszus, Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 41-43
- RÓNAI A.–BOCZÁN B.–KILÉNYI É.–SZÉLES M.–WEIN Gy. 1969: Az Alföld földtani atlasza. Szolnok — MÁFI, Budapest, 9 p., [21] térkép
- RÓNAI A. 1973: Megfigyelések a mézst tartalom eloszlásáról a talajban és a talajvízben — A MÁFI Évi Jelentése az 1971. évről, pp. 123-139
- RÓNAI A. 1977: Negyedidőszaki kéregmozgások a Magyar-medencében — Földtani Közlöny CVII, pp. 431-436
- RÓNAI A. 1985: Az Alföld negyedidőszaki földtana — Geologica Hungarica series Geologica 21, Budapest, 446 p.
- RÓNAI A. 1986: A magyarországi kvarter képződmények kifejlődése és szerkezeti helyzete — Földtani Közlöny 116/1, pp. 31-43
- RÓNAI A. 1991 in BALOGH K. (ed): Szedimentológia II. — Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 172
- SARKADI J.–NÉMETH T.–KÁDÁR I. 1986: A talaj könnyen oldható tápanyag tartalmának heterogenitása — Agrokémia és talajtan 35, pp. 295-306
- SCHERF E. 1935: Alföldünk pleisztocén és holocén rétegeinek geológiai és morfológiai viszonyai és ezeknek összefüggése a talajalakulással, különösen a sziktalajképződéssel — A Magyar Királyi Földtani Intézet Évi Jelentése az 1925-1928 évekről, pp. 265-273
- SIGMOND E. 1906: Alföldünk szikeseinek válfajairól — Földtani Közlöny XXXVI, pp. 389-403
- SIGMOND E. 1926: A tervezett mélybevágású Duna-Tisza csatorna mentén elterülő szikések ismertetése és javítási lehetőségei — székfoglaló értekezés, a Szent István Akadémia Mennyiségtan-, Természettudományi Osztályának felolvasásai I/2., 40 p.
- SIGMOND E. 1934: A magyar Alföld szikeseinek jellemzése és osztályozása — in Sajó E.–Trummer Á. (ed): A magyar szikések (különös tekintettel vízgazdálkodás útján való hasznosításukra — a Magyar Királyi Földművelésügyi Minisztérium Kiadványai 2, Vízügyi Műszaki csoport, Budapest, pp. 3-20
- SIMON T.–JUHÁSZ-NAGY P. 1974: Talajtan mint a növényökológia alapja — egységes jegyzet, Természettudományi Karok, Tankönyvkiadó, Budapest, 122 p.

- SIMON T. 1979: A Duna-Tisza köze növénytakarójának történeti kialakulása — in Tóth K. (ed): Nemzeti park a Kiskunságban — Natura Kiadó, Budapest, pp. 165-171
- SIMON T. 1985: Geobotanikai és szünökológiai vizsgálatok a Kiskunsági Bioszféra Rezervátum területén, kutatási célkitűzések — in Tóth K. (ed): Tudományos kutatások a Kiskunsági Nemzeti Parkban 1975-1984 — Kiskunsági Nemzeti Park, Kecskemét, pp. 140-141
- SIMON T.–SEREGÉLYES T. 1998: Növényismeret — Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, p. 11
- SMAROGLAY F. 1939: Bugac szikes tavai — Doktori Értekezés, Budapest, 34 p.
- SOMOGYI S. 1965: A szikesek elterjedésének időbeli változásai Magyarországon — Földrajzi Közlemények XIII/1, pp. 41-56
- SOÓ R. 1931: A magyar puszta fejlődéstörténetének problémája — Földrajzi Közlemények LIX/1-3, pp. 1-15
- SOÓ R. 1964: A magyar flóra és vegetáció rendszertani-növényföldrajzi kézikönyve I. — Akadémiai Kiadó, Budapest, 589 p.
- SPSS® Base 8.0 Application Guide 1998 by SPSS Inc., USA, Chicago
- STEFANOVITS P. 1963: Magyarország talajai — Akadémiai Kiadó, Budapest, 442 p.
- STEFANOVITS P.–SZÜCS L. 1961: Magyarország genetikus talajtérképe — Orsz. Mezőg. Minőségvizsgáló Int. Genetikus talajtérképek 1/1, Budapest, 75 p.
- STEFANOVITS P.–FILEP GY.–FÜLEKI GY. 1999: Talajtan — Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 470 p.
- SÜMEGHY J. 1950: Hidrológiai tanulmány a Duna-Tisza köze ipari- és ivóvíz ellátásának kérdéseiről — Hidrológiai Közöny XXX/7-8, pp. 280-284
- SÜMEGHY J. 1953: A Duna-Tisza-közének földtani vázlata — A MÁFI Évi Jelentése az 1950. évről, pp. 233-264
- SÜMEGHY J. 1955: A magyarországi pleisztocén összefoglaló ismertetése — A MÁFI Évi Jelentése az 1953. évről II, pp. 395-403
- SÜMEGI P.–KROLOPP. E. 1995: A magyarországi würm korú löszök paleoökológiai rekonstrukciója Mollusca-fauna alapján — Földtani Közöny 125/1-2, pp. 125-148
- SZABÓ J. 1862: Egy continentális emelkedés és süllyedésről Európa délkeleti részén — 1860. Akadémiai Közgyűlés Évkönyvek X, 47 p.
- SZABÓ J. 1888: A jégkorszak hatása Magyarországon — Földtani Közöny XVIII, pp. 367-372
- SZABÓ L. 1927: A homoktalajok megkötése és feljavítása — Köztelek 37/75, pp. 1419-1420
- SZABÓ L. 1928: Homoktalajok feljavítása — Köztelek 38/7, pp. 115-116
- SZABÓ P. 1955: A Duna-Tisza köze felső-pleisztocén homokrétegek származása ásványos összetétel alapján — Földtani Közöny LXXXV, pp. 442-455
- SZABOLCS I.–JASSÓ F. 1961: A szikes talajok genetikus típusai és elterjedésük törvényszerűségei a Duna-Tisza közén — Agrokémia és talajtan 10/2, pp. 173-194
- SZABOLCS I. 1979: A nemzeti park talajviszonyai — in Tóth K. (ed): Nemzeti park a Kiskunságban — Natura Kiadó, Budapest, pp. 93-107
- SZABOLCS I.–VÁRALLYAY GY. 1980: A talajok termékenységét gátló tényezők Magyarországon — Földrajzi Közlemények 28/1-2, pp. 345-352
- SZODFRIDT I.–FARAGÓ S. 1968: Talajvíz és vegetáció kapcsolata a Duna-Tisza köze homokterületén — Botanikai Közlemények 55/1, pp. 69-75
- SZODFRIDT I. 1969: Borókás-nyárasok Bugac környékén — Botanikai Közlemények 56/3, pp. 159-165
- SZODFRIDT I. 1979: Erdei növénytársulások — in Tóth K. (ed): Nemzeti park a Kiskunságban — Natura Kiadó, Budapest, pp. 212-221
- SZODFRIDT I. 1993: Az erdő és a talajvizek kapcsolata a Duna-Tisza közeli hátságon — Hidrológiai Közöny 73/1, pp. 44-45
- SZUJKÓNÉ LACZA J. 1985: Virágos növények — in Tóth K. (ed): Tudományos kutatások a Kis-

- kunsági Nemzeti Parkban 1975-1984 — Kiskunsági Nemzeti Park, Kecskemét, pp. 103-108
- TIMKÓ I. 1935: A Kiskunság és a Jászság szikes talajai — Magyar Királyi Földtani Intézet Évi Jelentései az 1925-28 évekről, pp. 251-263
- TÓTH T. 1999: Dynamics of salt accumulation in salt-affected soils (Apaj, Zabszék) — in E. KOVÁCS-LÁNG–E. MOLNÁR–GY. KRÖEL-DULAY–S. BARABÁS (ed): Long term ecological research in the Kiskunság — az MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete, Vácrátót, 64 p.
- TÓTH T.–KUTI L. 2002: A talaj sótartalom-változás tényezői a kiskunsági Apajon — in Kátai J.–Jávor A. (ed): Talaj és környezet — Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen, pp. 106-116
- TÖLGYESI I. 1979: A nemzeti park növényvilágának mai képe — in Tóth K. (ed): Nemzeti park a Kiskunságban — Natura Kiadó, Budapest, pp. 179-212
- TREITZ P. 1898: Szikes talajok Magyarországon — Természettudományi Közlöny XLV-XLVIII pótfüzete az 1898 évi XXX kötethez, pp. 121-128
- TREITZ P. 1901: Jelentés az 1899-ik év nyarán végzett talajfölvételi munkálatokról — a Magyar Királyi Földtani Intézet Évi Jelentése 1899-ről, pp. 95-104
- TREITZ P. 1903: A Duna-Tisza közének agrogeológiai leírása — Földtani Közlöny XXXIII, pp. 297-316
- TREITZ P. 1908: Sós földek a Nagy-Alföldön — Földtani Közlöny XXXVIII, pp. 6-31
- TREITZ P. 1910: Az agrogeológia feladatai — Földtani Közlöny XL, pp. 461-480
- TREITZ P. 1917a: Homok vizsgálatok — A Magyar Királyi Földtani Intézet Évi Jelentése 1916-ról, pp. 591-618
- TREITZ P. 1917b: Jelentés az 1916. évben végzett agrogeológiai munkálatról, II. rész: A székestalajok szerkezete Kiskunfélegyháza határában — A Magyar Királyi Földtani Intézet Évi Jelentése 1899-ről, pp. 499-510
- TREITZ P. 1925: Az agrogeológia múltja és feladatai hazánkban — Földtani Közlöny LV, pp. 20-25
- TREITZ P. 1934: Csonka-Magyarország sós és szikes talajai — in Sajó E.–Trummer Á. (ed): A magyar szikesek (különös tekintettel vízgazdálkodás útján való hasznosításukra) — a Magyar Királyi Földművelésügyi Minisztérium Kiadványai 2, Vízügyi Műszaki csoport, Budapest, pp. 177-206
- VARSÁNYI Z-NÉ 2001: A Dél-Alföld felszín alatti vizei; hidrogeokémiai folyamatok és vízföldtani következtetések — Akadémiai Doktori Értekezés, Szeged, 126 p., (30) melléklet
- VÁRALLYAY GY. 1966a: A Dunavölgyi talajok sófelhalmozódási folyamatai, sóforgalma és sómérlegei — Kandidátusi értekezés, Budapest, 218 p., [36] melléklet
- VÁRALLYAY GY. 1966b: A Duna-Tisza közti talajok sómérlegei I., Sómérlegek természetes (öntözés nélküli) viszonyok között — Agrokémia és talajtan 15/3-4, pp. 423-452
- VÁRALLYAY GY. 1967a: A Duna-Tisza közti talajok sómérlegei II., Sómérlegek öntözött viszonyok között — Agrokémia és talajtan 16/1-2, pp. 27-56
- VÁRALLYAY GY. 1967b: A dunavölgyi talajok sófelhalmozódási folyamatai — Agrokémia és talajtan 16/3, pp. 327-349
- VÁRALLYAY GY.–SZÜCS L.–MURÁNYI A.–RAJKAI K.–ZILAHY P. 1979: Magyarország termőhelyi adottságait meghatározó talajtani tényezők 1:100000 méretarányú térképe I. — Agrokémia és talajtan 28/3-4, pp. 363-384
- VÁRALLYAY GY.–SZÜCS L.–MURÁNYI A.–RAJKAI K.–ZILAHY P. 1980a: Magyarország termőhelyi adottságait meghatározó talajtani tényezők 1:100000 méretarányú térképe II. — Agrokémia és talajtan 29/1-2, pp. 35-68

- VÁRALLYAY GY.–SZÜCS L.–RAJKAI K.–ZILAHY P.–MURÁNYI A. 1980b: Magyarországi talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak kategóriarendszere és 1:100000 méretarányú térképe — *Agrokémia és talajtan* 29/1-2, pp. 77-112
- VÁRALLYAY GY. 1980c: A talajvíz szerepe a talaj vízgazdálkodásában és a növény vízellátásában — *Tudomány és mezőgazdaság* XVIII/5, pp. 22-29
- VÁRALLYAY GY.–SZÜCS L.–MURÁNYI A.–RAJKAI K.–ZILAHY P. 1981a: Magyarország agroökológiai potenciálját meghatározó talajtani tényezők 1:100000 méretarányú térképe — *Földrajzi Értesítő* XXX/2-3, pp. 235-250
- VÁRALLYAY GY.–MURÁNYI A.–ZILAHY P.–DEZSÉNYI Z. 1981b: A belvízképződésre ható talajtani tényezők Magyarország síkvidéki területein — *VITUKI Közlemények* 35, Budapest, pp. 12-14
- VÁRALLYAY GY. et al. 1983: A KNP Bócsa-Bugac buckavilága és a homokpuszta területének termőhelyi viszonyai — Jelentés a KNP részére 1983-ban végzett munkálatokról, MTA Talajtani és Agrokémiai Intézete, Budapest, 72 p., [53] melléklet
- VÁRALLYAY GY. 1984: Magyarországi homoktalajok vízgazdálkodási problémái — *Agrokémia és talajtan* 33/1-2, pp. 159-174
- VÁRALLYAY GY.–MOLNÁR E.–RAJKAI K. 1985: Talajtani kutatások — in Tóth K. (ed): *Tudományos kutatások a Kiskunsági Nemzeti Parkban 1975-1984* — Kiskunsági Nemzeti Park, Kecskemét, pp. 59-92
- VÁRALLYAY GY. 1988: Homoktalajok vízgazdálkodásának növénytermesztési és környezetvédelmi vonatkozásai — *Tudományos tanácskozás a „Homoktalajok hasznosításának időszerű kérdései a hazai homokkutatás tükrében” témakörben*, Kecskemét 1997. aug. 28. KÉE Kertészeti Főiskolai Kar konferencia kiadványa, Kecskemét, pp. 106-125
- VÁRALLYAY, GY. 1993a: Soils in the Region between the Rivers Danube and Tisza (Hungary) — in Szujkó-Lacza, J.–Kováts, D. (ed): *Natural History of the National Parks of Hungary 6, The flora of the Kiskunság National Park* — Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, pp. 21-42
- VÁRALLYAY GY.–RÉDLY M.–MURÁNYI A.–SZABÓ J. 1993b: Map of the Susceptibility of Soils to Acidification in Hungary — *Agrokémia és talajtan* 42/1-2, pp. 35-42
- VENDL A.–TAKÁTS T.–FÖLDVÁRI A. 1934: A budapestkörnyéki löszről — „Magyar Tudományos Akadémia Matematikai és Természettudományi Értesítője” LII, Budapest, pp. 713-787
- VERMES L.–KLIMÓ E.–FEKETE B. 1990: Homoktalajok szennyvíztisztító képességének liziméteres vizsgálata Kecskeméten — *Hidrológiai Közlöny* 70/5, pp. 296-306
- VERMES L.–KLIMÓ E.–FEKETE B. 1991: Homoktalajok szennyvíztisztító képességének liziméteres vizsgálata Kecskeméten (II. rész) — *Hidrológiai Közlöny* 71/2, pp. 104-113
- WESTSIK V. 1928: Futóhomoki gazdaság vetésforgója — *Köztelek* 38/62-63, pp. 1312-1313
- WESTSIK V. 1929: Sivár futóhomokon folytatható üzemszerű rendszer — *Köztelek* 39/40, pp. 929-930
- ZENTAY T. 1985: A Duna–Tisza közti homoktalajok és talajképző közeteik tápanyaghordozó ásványainak vizsgálata — *Földrajzi Értesítő* XXXIV/1-2, pp. 11-24
- ZENTAY T. 1993: *Agrogeológia* — Miskolci Egyetem, Bányamérnöki Kar tankönyve, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 453 p.

Mellékletek

