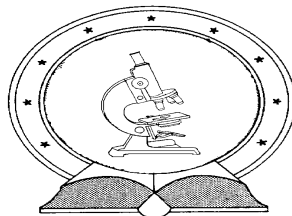


**DE TTK**



**1949**

**BELVÍZ-VESZÉLYEZTETETTSÉG VIZSGÁLATA  
ALFÖLDI MINTATERÜLETEKEN**

Egyetemi doktori (Ph.D.) értekezés

**Balázs Boglárka**

Témavezető: Dr. Lóki József, egyetemi tanár

DEBRECENI EGYETEM  
Természettudományi Doktori Tanács  
Földtudományok Doktori Iskola  
Debrecen, 2015.



*Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Természettudományi Doktori Tanács Földtudományok Doktori Iskola „A lito- és hidroszféra természetes és antropogén folyamatai” programja keretében készítettem a Debreceni Egyetem természettudományi doktori (PhD) fokozatának elnyerése céljából.*

*Debrecen, 2015. április 23.*

*a jelölt aláírása*

*Tanúsítom, hogy Balázs Boglárka doktorjelölt 2008- 2012 között a fent megnevezett Doktori Iskola „A lito- és hidroszféra természetes és antropogén folyamatai” programjának keretében irányításommal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult. Az értekezés elfogadását javasolom.*

*Debrecen, 2015. április 23.*

*a témavezető aláírása*



**BELVÍZ-VESZÉLYEZTETETTSÉG VIZSGÁLATA ALFÖLDI  
MINTATERÜLETEKEN**

Értekezés a doktori (Ph.D.) fokozat megszerzése érdekében  
földtudományok tudományágban

Írta: **Balázs Boglárka**, okleveles geográfus

Készült a Debreceni Egyetem Földtudományok Doktori Iskolája  
(A lito- és hidroszféra természetes és antropogén folyamatai programja) keretében

Témavezető: **Dr. Lóki József**, egyetemi tanár

A doktori szigorlati bizottság:

elnök: Dr. Csorba Péter  
tagok: Dr. Szabó József  
Dr. Lóczy Dénes

A doktori szigorlat időpontja: 2014. szeptember 26.

Az értekezés bírálói:

Dr. Tóth Csaba .....  
Dr. Pásztor László .....

A bírálóbizottság:

elnök: Dr. ....  
tagok: Dr. ....  
Dr. ....  
Dr. ....  
Dr. ....

Az értekezés védésének időpontja: .....



## Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom témavezetőmnek, *Dr. Lóki József* egyetemi tanárnak, hogy munkám során mindvégig bátorított, biztatott. Sokat jelentett, hogy nemcsak szakmailag, hanem emberileg is támogatott. Köszönöm neki azt a rengeteg időt és energiát, amit rám áldozott, és azt, hogy mindig bőszéges válaszokat adott a kérdéseimre, nagyon sokat tanultam tőle.

Köszönet illeti minden *kollégámat*, akikhez mindig bizalommal fordulhattam, és sok teendő terhét vették le a vállamról, hogy ezzel is segítsék dolgozatom mihamarabbi elkészülését.

Hálásan köszönöm *barátaimnak*, hogy türelemmel és megértéssel fordultak felém és hogy a háttérből szurkoltak ezen a hosszú maratonon.

Hálás vagyok családomnak, különösen *szüleimnek*, hogy előteremtették számomra a tanulmányaimhoz szükséges feltételeket, és hogy mindig támogattak, ahogyan csak tudtak. Köszönöm *édesanyámnak* odaadását, *édesapámnak* pedig erőt adó folyamatos lelkesedését.

A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.





<b>1.</b>	<b>BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS .....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>A BELVÍZ KIALAKULÁSÁT BEFOLYÁSOLÓ TERMÉSZETI ÉS ANTROPOGÉN TÉNYEZŐK.....</b>	<b>8</b>
2.1.	FÖLDTANI TÉNYEZŐ .....	8
2.2.	TALAJVISZONYOK.....	8
2.3.	DOMBORZAT.....	10
2.4.	ÉGHAJLATI ADOTTSÁGOK – CSAPADÉK, HŐMÉRSÉKLET, PÁROLGÁS .....	10
2.5.	HIDROLÓGIA (TALAJVÍZ, FELSZÍNI VÍZ).....	11
2.6.	VEGETÁCIÓ.....	12
2.7.	ANTROPOGÉN TÉNYEZŐK .....	12
2.7.1.	Területhasználat módja.....	12
2.7.2.	Vízrendezés .....	13
2.7.3.	Vízrendezést befolyásoló egyéb tényezők.....	13
2.8.	A MINTATERÜLETEK BEMUTATÁSA A BELVIZET BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK TŰKRÉBEN .....	14
2.8.1.	Szolnok–Túri-sík.....	14
2.8.2.	Rétköz .....	15
2.8.3.	Dél–Nyírség .....	16
<b>3.</b>	<b>A VÍZRENDEZÉS SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉSE .....</b>	<b>17</b>
3.1.	BELVÍZRENDEZÉS TÖRTÉNETE .....	17
3.1.1.	Belvízrendezés a mintaterületeken .....	20
3.2.	BELVÍZI ADATGYŰJTÉS ÉS VESZÉLYTÉRKÉPEZÉS .....	23
3.2.1.	Belvízi adatgyűjtés .....	23
3.2.2.	Belvízi veszélytérképezés.....	27
3.3.	TUDOMÁNYOS MUNKÁK A BELVIZEK TÉMAKÖRÉBŐL .....	31
<b>4.</b>	<b>ANYAG ÉS MÓDSZER .....</b>	<b>36</b>
4.1.	TEREPI ADATGYŰJTÉS.....	36
4.1.1.	Terepbejárás .....	38
4.1.2.	A belvízfoltok geodéziai felmérése .....	38
4.1.3.	Terepi talajmintavétel és laboratóriumi feldolgozás.....	40
4.2.	TÉRKÉPI ADATBÁZISOK .....	44
4.2.1.	A Kárpát-medence vízborította és árvízjárta területei az ármentesítő és lecsapoló munkálatok megkezdése előtt.....	44
4.2.2.	Belvízfoltok a harmadik katonai felmérésen .....	46
4.2.3.	A 10 000-es méretarányú EOTR topográfiai térképek alapján készült adatbázis .....	47
4.3.	FÖLDTANI ADATOK.....	49
4.4.	TALAJTANI ADATBÁZIS.....	50
4.5.	HIDROMETEOROLÓGIAI ADATBÁZIS.....	51
4.6.	FELSZÍNBORÍTÁSI ADATOK .....	55
4.7.	TÁVÉRZÉKELÉSI ADATGYŰJTÉS .....	57
<b>5.</b>	<b>EREDMÉNYEK.....</b>	<b>66</b>
5.1.	TEREPI ADATGYŰJTÉSŐL SZÁRMAZÓ EREDMÉNYEK .....	66

5.1.1.	Geodéziai felmérés eredményei .....	68
5.1.2.	Laborvizsgálat eredményei .....	73
5.2.	TÉRKÉPES ADATBÁZISOK ELEMZÉSÉBŐL SZÁRMAZÓ EREDMÉNYEK .....	74
5.2.1.	A Kárpát-medence vízborította és árvízjárta területeinek adatai a mintaterületeken (az ármentesítő és lecsapoló munkálatok megkezdése előtti térkép alapján).....	74
5.2.2.	A harmadik katonai felmérés szerint vízzel borított területek a Szolnok–Túri-síkon .....	75
5.2.3.	A 10 000-es topográfiai térképek alapján készült adatbázis.....	76
5.3.	HIDROMETEOROLÓGIAI ADATOK FELDOLGOZÁSÁNAK EREDMÉNYEI.....	78
5.3.1.	A csapadék mennyiségének tér- és időbeli eloszlása a mintaterületeken .....	78
5.3.2.	A talajvíz és a felszíni vizek hatása a belvízképződésre a Szolnok–Túri-síkon .....	87
5.3.3.	A talajvíz és a felszíni vizek hatása a belvízképződésre a Rétközben.....	95
5.3.4.	A talajvíz és a felszíni vizek hatása a belvízképződésre a Dél–Nyírségben.....	98
5.3.5.	A talajvíz térbeli eloszlásának vizsgálata.....	99
5.4.	SEKÉLYFÖLDTANI JELLEMZŐK A MINTATERÜLETEKEN.....	109
5.4.1.	Szolnok–Túri-sík.....	109
5.4.2.	Rétköz .....	109
5.4.3.	Dél–Nyírség .....	110
5.5.	TALAJTANI TULAJDONSÁGOK ALAKULÁSA A BELVÍZZEL BORÍTOTT TERÜLETEKEN .....	111
5.5.1.	Szolnok–Túri-sík.....	111
5.5.2.	Rétköz .....	112
5.5.3.	Dél–Nyírség .....	114
5.6.	A FELSZÍNBORÍTÁS ALAKULÁSA A BELVÍZZEL BORÍTOTT TERÜLETEKEN .....	115
5.6.1.	Szolnok–Túri-sík.....	115
5.6.2.	Rétköz .....	116
5.6.3.	Dél–Nyírség .....	117
5.7.	A MŰHOLDAS TÁVÉRZÉKELÉSI ADATOK ELEMZÉSÉBŐL SZÁRMAZÓ BELVÍZBORÍTÁSI TÉRKÉPEK.....	118
5.7.1.	Szolnok–Túri-sík távérzékelés alapú belvíztérképe .....	118
5.7.2.	A Rétköz távérzékelés alapú belvíztérképe.....	120
5.7.3.	Dél–Nyírség távérzékelés alapú belvíztérképe.....	122
5.8.	A BELVÍZRE HATÓ TÉNYEZŐK ÖSSZEHOSONLÍTÓ VIZSGÁLATA .....	123
5.8.1.	Szolnok–Túri-sík.....	123
5.8.2.	Rétköz .....	125
5.8.3.	Dél–Nyírség .....	126
5.8.4.	A mintaterületek statisztikai összehasonlító elemzése .....	128
<b>6.</b>	<b>ÖSSZEFOGLALÁS .....</b>	<b>129</b>
<b>7.</b>	<b>SUMMARY .....</b>	<b>134</b>
	<b>IRODALOMJEGYZÉK .....</b>	<b>139</b>
	<b>PUBLIKÁCIÓS LISTA .....</b>	<b>155</b>

## 1. Bevezetés, célkitűzés

Az Alföld természeti képét és gazdasági helyzetét a folyószabályozási és ármentesítési munkálatok előtt meghatározták a rendszeresen bekövetkező árvizek, melyek több mint 20 000 km<sup>2</sup>-nyi területet ragadtak el a mezőgazdasági műveléstől. A vízrendezés után az árvízi elöntések ritkábbá váltak, azonban a töltéseken kívül megjelent egy újabb probléma, a *belvív*.

Mivel a jelenséget a folyószabályozási munkálatokkal hozzák párhuzamba, országos érdekessévé is csak a 19. század második felében vált. Az Alföld tekintélyes részét érintették rendkívüli belvizek, például 1879-81; 1940-42 években, az 1960-as évek második felében, majd egy szárazabb periódus után 1979-ben. Az 1990-es évek második felében megnövekedett csapadékmennyiség, amely szintén szélsőséges hidrológiai helyzeteket eredményezett (Szlávik L. 2003).

Az időjárásunkban tapasztalható szélsőségek erősödnek, az egyre gyakrabban bekövetkező ár- és belvizek napjaink egyik megoldásra váró problémakörét adják, ami magyarázza a témaválasztás aktualitását.

A belvizet általában a megelőzés, kárfelmérés szemszögéből közelítik meg. Ez magában foglalja azoknak a területeknek a felmérését, vagy előrejelzését, ahol előfordulhat a jelenség. A minél nagyobb pontosságra, ugyanakkor költséghatékonyságra törekvő monitorozást, vagy az okozott károk becsléséhez szükséges vizsgálatokat még nem végezték el.

A kutatásainkhoz három, különböző aspektusú kistájat, a Szolnok–Túrisíkot, a Rétközt és a Dél–Nyírséget választottunk ki. Céljaink között szerepelt, hogy ezeken a területeken regionális szinten megvizsgáljuk a belvizet kialakító tényezők tulajdonságait, különös tekintettel a természetföldrajzi tényezőkre. Igyekeztünk az adatgyűjtés és –feldolgozás módszereinek minél szélesebb spektrumát alkalmazni, újszerű eljárásokat bevezetni.

A belvízképződés háttérének vizsgálatához, típusainak meghatározásához és jellemzéséhez mindenekelőtt szükséges megfogalmazni, mit értünk belvív alatt, hogyan különböztük el a különböző hidrológiai jelenségektől. A továbbiakban a fogalom tárgyalására kerül sor.

Az árvízi töltések szaporodásával a felszínen összegyűlt víz egyre kevesebb természetes lefolyást talált magának a gátak közé zárt folyókhoz, a mesterségesen kialakított, gyorsan elzárható nyílások, átereszek pedig nem voltak elegendőek. A gátak mögött ragadt víz hónapokig is megmaradt a laposokban, felszíni depressziókban. E jelenség kapcsán született meg a *belvív* fogalma, melyet többféle nézőpontból is meghatározhatunk.

Az elmúlt másfél évszázad alatt számos, változatos megközelítésű definíció született. A különböző tudományterületek a belvív képződésének, hatásának más-más elemeit tartják a fogalom meghatározásánál kiemelendő tényezőknél.

A jelenséget elsőként az 1856-ban megjelent Gazdasági Lapok írja le, ahol *állóvízként* kerül említésre. A szerző tulajdonképpen a belvív mai komplex értelmezését foglalja össze. Az „okszzerű gazdaszat” ellenségeként utal a mezőgazdaságra gyakorolt káros hatására, megfogalmazásában megjelenik a belvív kialaku-

lásának talajtani és domborzati kapcsolata is: „*oly földön gyűlnek össze, melynek alrétege a hó- és esővizet át nem bocsátja, vagy pedig ahol a földnek, a folyók felé kellő lejtőssége nincs, s a hó- és esővíz a magasabb helyekről az alantabb fekvőkre lefolyt*”. A definícióban a hosszú időn át tartó vízborítás egészséget veszélyeztető voltára is felhívja a figyelmet.

A **törvényalkotásban** először a vízszabályozási társulatokról szóló 1871. évi XXXIX. tv. 23. §-ban jelenik meg:

*„Ármentesítő társulatok a belvizek által érdekelttel egyetértve, hatáskörükbe vonhatják azok által borított területek mentesítését is; arról pedig minden esetben gondoskodni tartoznak, hogy a belvizeknek lefolyása munkálataik által ne akadályoztassék, és azok számára ugyanennyi és oly biztos lefolyást, a mennyi s a minő a szabályozás előtt volt, biztosítani kötelesek.”* (IH-1 2012).

Az 1871. évi törvény definíciót nem tartalmaz, csupán felületesen említi meg a belvizet, annak levezetését pedig az ármentesítő társulatok egyik feladatául határozza meg. A szabályozás nem bizonyult elég hatékonynak. Ezt a hiányosságot egy újabb törvény megalkotásával (1874. évi XI. tv.) kívánták pótolni, mely kiterjed ugyan a belvíz fogalmára is, de a megfogalmazás pontatlan, túl széleskörű értelmezést tesz lehetővé. E szerint belvíz minden feneklő, vagy felfakadó, egyes földterületeket állandóan, vagy időszakonként elborító víz. Ez alapján hazánk állóvizeit is belvizek kellene tekintenünk.

A definíciót *a vízjogról szóló 1885. évi törvény* kommentárjában (Dános M. 1905) Kovácsy S. – Kvassay J. bírálják, továbbá tisztázzák, mi értendő belvíz alatt. Írásukban megkülönböztetik az ármentesített területen keletkező és azon kívül, a környező területekről gravitációs úton érkező vizeket. Ez utóbbit a belvítől különválasztva, *külvíznek* definiálják. A megkülönböztetésre azért volt szükség, mert a jogalkotónak az ármentesítő társulatok feladatkörének meghatározása volt a célja, azonban az alapfeladatok ellátása csak a társulatok illetékességi területére – a mentett ártérre – terjedt ki.

Nem a jogi szabályozáshoz kapcsolódóan, a XX. század elején még mindig születtek a belvizet és külvizet kettéválasztó meghatározások (Kenessey B. 1931; Németh E. 1942). Ez a megkülönböztetés az 1940-es évektől, a vízügy átstrukturálásával kezd feloldódni, mely az 1965-ös Országos Vízgazdálkodási Kerttervben is érezhető.

Napjainkban már nem teszünk különbséget a mentett ártéren és azon kívül keletkezett vizek között. A *mezőgazdasági termelést érintő időjárás és más természeti kockázatok kezeléséről szóló 2011. évi CLXVIII. törvény* (IH-3 2012) a következőképpen definiálja a belvizet:

*„a medrükben maradt folyók, patakok, valamint a felszíni vizek elvezetésére szolgáló mesterséges, nyíltcsatornák magas vízállásából eredő átszivárgások, buzgárok, talajvízszint-emelkedés, valamint a lefolyástalan vagy nem kellően kiépített vízelvezető művekkel rendelkező területek csapadékvizeiből származó felszíni vízborítás”*

A jogi meghatározás különbséget tesz a belvív keletkezési formái között (átszivárgás, feltörő talajvíz, vagy összegyülekezés), nagy hangsúlyt fektet a vízelvezető művek kiépítettségére, szinte annak elégtelenségével magyarázza a csapadékból származó víztöbblet kialakulását. A törvényalkotás általában véve nem tér ki a belvív természetföldrajzi, talajtani, vagy hidrobiológiai vonatkozásaira, ami azzal magyarázható, hogy a jogalkotó a vízgazdálkodás rendszerének problémamentes működtetésére törekszik az egyes szervezetek teendőinek pontos meghatározásával.

A **talajtani és agrotechnikai** szemléletmód általában együttesen jelentkezik a definíciókban azoknak szoros kapcsolata miatt. Salamin P. (1942) terjeszti ki a belvív fogalmát a termőtalaj vízbőségére is, ami akadályozza és károsítja a mezőgazdasági tevékenységet. Kreybig L. (1956) ezzel összhangban szintén talajtani és agrotechnikai kontextusban ír a belvízről, bár a szó használatát elkerüli. Leírásában kiemeli a víztöbblet talajra gyakorolt kedvezőtlen hatásait, továbbá utal arra, hogy a talaj hézagaiban megjelenő „földes víz” gátolja a növényzet fejlődését.

Napjainkig nem született állásfoglalás a tekintetben, hogy a talaj túlnedvesedett állapotát is belvíznek kell-e tekinteni vagy sem. Úgy vélem, nem lehet és nem is érdemes éles határt húzni a tényleges, sekély vízborítás és a vízzel túltelített talaj között, mert a terepen a vízborítás helyzete az időjárás függvényében (is) akár egy napon belül is megváltozhat.

Az agrár- és talajtani szakemberek értelmezésében viszont a belvív nemcsak a felszínen összegyülekező vízmennyiség, hanem az a többletvíz is, mely a talaj termőrétegében felhalmozódik és a növényzet fejlődését akadályozza (Salamin P. 1955; Kreybig L. 1956; Kienitz G. 1968; Lupkovics B. 1969; Petrasovits I. – Balogh J. 1969; Török L. 1976). Megjelenését a talaj bizonyos fizikai tulajdonságai – kötött felső talajréteg – is okozhatják (Oroszlány I. 1965; Fehér et al. 1986).

A **közgazdaságtani szemlélet**, mely a belvív által okozott károkat, azoknak mértékét veszi górcső alá, először talán Salamin P. (1955) írásában szerepel. Szerinte belvízkár minden olyan víztöbblet – beleértve a felszínen és a talaj hézagaiban lévő – mely a növények és az emberi létesítmények számára káros. A „károkozás” megemlítése a definíciók többségének szerves része. Török I. Gy. (1997) a belvív fogalmát három aspektusból közelíti meg: műszaki, agrár és közgazdaságtani. Véleménye szerint közgazdaságtani értelemben akkor beszélhetünk belvízről, ha az elöntések miatti termés kiesés meghaladja a vízborítástól mentes területek nyereségét. Ez az okozott károk számszerűsítését feltételezi.

Közgazdász szemmel a belvív keletkezésének körülményei nem relevánsak, inkább az esemény bekövetkezése esetén keletkező – számokban kifejezhető – károk, károkozás nevesítése a mérvadó. Vámosi S. (2002) meghatározása, mi szerint „... „belvív”, egy tipikusan antropocentrikus szó (fogalom), amely arra a vízkészletre utal, amely már káros a civilizált ember számára.” rendkívül tág értelmezését adja a belvíznek, minden olyan vízkészletet magába foglal, mely károsíthatja az emberi tevékenységet, létesítményeket, tehát a hangsúly ebben az esetben is az okozott károkon van.

Szócs J. (1967) definíciójában ötvözi a **hidrológiai**, az **agrotechnikai** és **műszaki** nézőpontot. Szerinte „... *belvíz alatt általában a síkvidéki vízgyűjtők felszínén keletkező, vagy ritkábban a talajvíz emelkedése révén ott jelentkező vizet értjük. Ez a víz – természetes összegyülekezése vagy lassú lefolyása miatt – általában kárt okoz, aminek elhárításához részben állandó jellegű technikai berendezések, részben pedig esetenkénti műszaki, szervezési tevékenységek szükségesek.*”

A **műszaki megközelítés** a vízügyi szakemberek által fontos elemeket tartalmazza, úgymint a kezelésükben lévő vízgazdálkodási berendezések működtetése, a csatornahálózat állapota, stb. Török I. Gy. (1997) korábban már említett értelmezésében is szerepel a műszaki szemlélet, mely alapján akkor jelentkezik belvíz, ha a belvízelvezető rendszerekben megemelkedik a vízszint, és a belvízgazdálkodás műszaki létesítményeinek üzemeltetése válik szükségessé. Vágás I. (1999) szintén a szivattyús átemelés megkezdéséhez köti a fogalmat.

Az újabb keletű definíciók többsége a korábbi szempontokat szintetizálja, egyszerűsíti. Pálfai I. (1993) egyszerűen „*sík területen keletkezett árvíz*”-nek tekinti a belvizet. Kozák P. (2004) összefoglalva az eddigieket „... *a sík területeken elöntéseket okozó, vagy a felszíni talajrétegeket telítő, természetes úton el nem távozó vizeket*” sorolja a belvizek közé.

A mai napig nem született egységes, egyértelmű definiálás. Olyan meghatározást nem találunk, melyben minden szakterület számára lényeges szempont egyszerre szerepel. Megfogalmazása mindig attól függ, milyen aspektusból közelítjük meg a kérdést. Mind lehet megfelelő az adott vizsgálat, szakember nézőpontjából.

A főbb szakterületek számára lényeges elemeket az *1. táblázat* foglalja össze.

A példaként említett definíciókban is találhatunk természetföldrajzi vonásokat, mindenképp nem a belvíz által okozott károk, és azok mértéke a releváns, sokkal inkább a kialakulására vonatkozó megállapítások élveznek elsőbbséget.

**Vizsgálataim során ezt a nézőpontot kívántam követni. A belvíz olyan felszíni vízborítás, vagy a talaj túlnedvesedett állapota, mely vagy közvetlenül csapadékból, vagy feltörő talajvízből származik, kialakulásában jelentős szerepet játszik a talaj felső zónájában a beszivárgást akadályozó rétegek elhelyezkedése.**

A belvíz fogalmát tehát többféle nézőpont szerint határozhatjuk meg. Összetett folyamat lévén több szempont létezik a belvíz különböző típusainak elkülönítésére is. A csoportosítást végezhetjük a kialakulás helye, ideje szerint, aszerint, hogy a formálódását okozó víztöbblet honnan származik, vagy mértani alakjuk, geometriájuk szerint is (ami összefügg az adott táj domborzati viszonyaival).

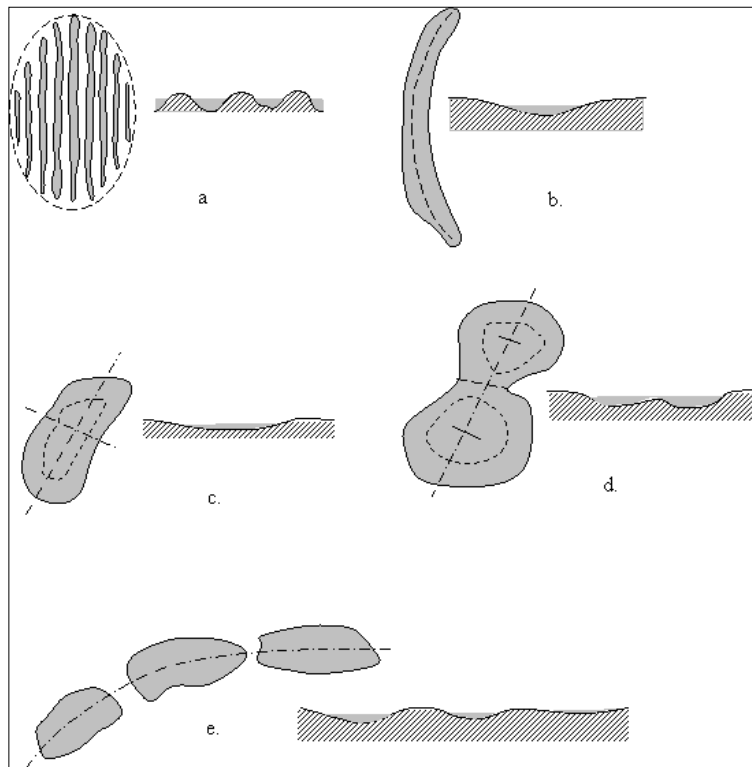
1. táblázat A belvíz definiálásának főbb szempontjai

<b>megközelítés</b>	<b>A belvíz</b>
<b>hidrológiai</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- (a folyók töltései által akadályozott) lefolyástalan víztömeg</li> <li>- csapadékból, vagy a felszín alól feltörő vizekből származik</li> </ul>
<b>hidrobiológiai</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a növényzet fejlődését akadályozó víztöbblet</li> </ul>
<b>talajtani</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a talaj felső vízzáró rétege</li> <li>- vagy túltelített állapota</li> </ul> <p>miatt a víztöbblet nem tud beszivárogni, és a felszínen reked</p>
<b>agrotechnikai, mezőgazdasági</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a mezőgazdasági kultúra számára káros víztöbblet</li> </ul>
<b>mérnöki/műszaki</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a belvízelvezető csatornák vízszintje eléri a belvízgazdálkodás műszaki létesítményeinek üzembe helyezési szintjét</li> <li>- a csatornahálózat elégtelen kiépítettsége, vagy rossz műszaki állapota miatt a felszínen rekedt víztömeg</li> </ul>
<b>közgazdaságtani</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- az elöntések miatti terméskiesés meghaladja a vízborítástól mentes területek nyereségét</li> <li>- káros az ember és környezete számára</li> </ul>
<b>törvényhozás</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a belvíz vagy csapadékból, vagy feltörő vízből származó lefolyástalan víztömeg</li> <li>- az árvízmentesítő társulatok feladatkörének meghatározása</li> <li>- a vízelvezetés hangsúlyozása</li> </ul>
<b>természetföldrajzi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- általában sík vidékek sajátos hidrológiai jelensége</li> <li>- felszíni vízborítás, vagy a talaj túlnedvesedett állapota</li> <li>- csapadékból, vagy talajból feltörő vizekből származik</li> <li>- a talaj fizikai tulajdonságai és a jellemző sekélyföldtani adottságok befolyásolják létrejöttét</li> <li>- a felszín konvergens részein gyűlik össze</li> </ul>

Az 1985-ben megjelent Mérnöki Kézikönyv három fő típust különít el aszerint, hogy az év mely időszakában keletkezett: *télvégi*, *tenyészidőn belüli* és *őszi belvíz*. Az összes többi *egyéb* kategóriába sorolja. A belvíz-helyzet kialakulásának ilyen fajta, évszakonkénti megkülönböztetése főleg a keletkezési körülményekben, valamint az okozott károkból megnyilvánuló eltéréseket mutatja.

A belvizeket a víz eredete szerint három kategóriára lehet bontani. Egyik esetben a víz származhat *közvetlenül csapadékból*, mely összetett ok-okozati tényezők miatt a felszínen marad. Rakonczi J. et al. (2003) ezt a kategóriát ezért *összegyülekezési típusú* belvizeknek nevezik. A második esetben a víz közvetett úton érkezik. Beszélhetünk *feltörő talajvízről*, amennyiben a nyomás alatt álló talajvíz utat talál magának ott, ahol a felszín alatti vízvezető rétegek elhelyezkedése, futásiránya ezt lehetővé teszi. Ebben az esetben tehát a víz alulról, vagy oldalról érkezik. A harmadik típus a gátak, töltések mellett kialakuló *fakadóvizeket (buzgárokat)* jelenti. Az előzőhöz hasonlóan szintén közvetett módon jut el a megáradt folyó vize a későbbi belvíztest helyére. A megemelkedett felszíni víz nyomása átréseli a vizet a töltések, gátak hézagain, jobb vízáteresztő képességű, vagy átázott részeken, így általában oldalirányú a vízáramlás.

A belvizeket Patay és Montvajszki (2011) tipizálta geometriai szempontból. A szerzők 5 alaptípust különböztettek meg (1. ábra).



1. ábra Geometriai belvíztest típusok (forrás: Montvajszki M. et al, 2011)  
a: barázda-típus; b: árok-típus; c: medence-típus; d: ikermedence-típus; e: fűzér-típus

A *barázda-típusú* belvizek (1. ábra) a mezőgazdasági táblák jellegzetes típusai, melyek keskeny csíkokban jelennek meg a mélyebb fekvésű részeken. Mélységük általában 5-15 cm közötti. További csapadék hatására, kiterjedt folttá válnak.



Az *árok-típusú* belvízfolt (*1. ábra*) hosszanti mélyedések vonalában alakul ki. Ez lehet természetes és antropogén képződmény maradványa is, úgymint elhagyott folyómedrek, buckaközi mélyedések, régi csatornák, vízelvezető árkok. Mélységük a forma mélységétől is függ, több deciméter.

A *medence-típusú* belvíz a felszín tál alakú mélyedéseiben jelenik meg, a legmélyebb része tengelyvonalainak metszéspontjában található (*1. ábra*).

Ha egymás mellett medence-típusú folt összeér, és egybefüggő vízfelületet alkot, már *ikermedence-típusról* beszélünk (*1. ábra*).

Különálló medence típusú belvíztestek sorozata a *fűzér-típus*, általában régi folyómedrek, holtágak vonalában alakul ki (*1. ábra*).

**Kutatásaim során célul tűztem ki a kiválasztott mintaterületeken belvízzel veszélyeztetett területek meghatározását, a belvíz kialakulására ható természeti tényezők és azok összefüggéseinek tanulmányozását, valamint a belvíz kialakulására gyakorolt hatásuk vizsgálatát. Cél volt továbbá a mintaterületek belvíz-veszélyeztetettségi térképének elkészítése, illetve a vizsgált kistájak hasonlóságainak, különbözőségeinek feltárása a belvíz-hatótényezők tükrében.**

## **2. A belvíz kialakulását befolyásoló természeti és antropogén tényezők**

A belvíz kialakulásában egymással szoros kapcsolatban álló, komplex rendszert alkotó tényezők játszanak szerepet, melyeket két fő csoportra oszthatunk. A természeti tényezők közé soroljuk a *földtani felépítést, a talajtani tulajdonságokat, a domborzati-geomorfológiai adottságokat, a hidro(geo)lógiai és éghajlati tényezőket, a felszínborítást*. A másik csoportot az antropogén tényezők képezik, úgymint a *vízrendezés, a területhasználati mód, valamint a vízháztartási viszonyokat meghatározó egyéb tevékenységek (szennyvízelvezetés, vízkitermelés, öntözőcsatornák, stb.)*.

### **2.1. Földtani tényező**

A földtani adottságok regionális mértékben meghatározzák a belvízképződésre ható tényezők egy részét. Szoros kapcsolatban állnak a talajtani tulajdonságokkal, mivel a talajok legalsó „C” szintje maga a talajképző kőzet. A vízzáró- és vízáteresztő rétegek mélysége, elhelyezkedése szintén befolyásolja a beszivárgó víz mozgását, áramlási irányát, a talajvíz mélységét. Hazánkban főleg a felszín közeli pleisztocén rétegek segítik a csapadék elvezetését (Sümeghy J. 1954).

Az Alföld felszínfejlődéséből adódóan a területet elhagyott folyómedrek sűrű hálózata szövi át, melyek egyedi morfológiai, földtani felépítéssel rendelkeznek. Ez a hálózat jobb vízvezető képességű üledékeivel meghatározza a víz felszín alatti horizontális áramlási irányát, illetve felszínre jutását. Gyakran találkozhatunk olyan belvizes foltokkal, melyek elhagyott medrekben jelennek meg.

A különböző területeken (akár egymástól nagy távolságra is) hullott csapadék, vagy a megemelkedett talajvíz bizonyos hányada az elhagyott medrekben, mint vezetőkben összegyűlik, és elöntésként megjelenhet a felszínen. A folyók magas vízállása esetén szintén víztöbblet keletkezik azokban a medrekben, melyek valamilyen kapcsolatban állnak a folyóval.

### **2.2. Talajviszonyok**

A talaj Magyarország egyik legfontosabb természeti erőforrása, melynek tulajdonságai nagymértékben meghatározzák a belvíz kialakulását.

A felszínre hulló csapadéknak az a része, amely a talajba nem tud beszivárogni, vagy lefolyik, vagy a sík területeken a kisebb mélyedésekben gyűlik össze. Ezeknek a felszíni depresszióknak a talaja többnyire kötöttebb, tömörebb, ami azt jelenti, hogy vízbefogadó-képessége rosszabb. A belvíz kialakulását elősegíti továbbá, hogy a mélyebb fekvésű területeken a felszínhez közelebb elhelyezkedő talajvízszint gyorsabb telítődést eredményez (Pálfai I. 1994).

Természetesen a talaj vízgazdálkodási tulajdonságait nem csupán a geomorfológiai adottságok határozzák meg, hanem a talajképződési és az abban végbemenő anyag- és energiaforgalmi folyamatok is (Várallyay Gy. 1985).

Síkvidéki területeink általában 4 fő talajtípusba sorolhatók: homok, vályog, agyag és szikes talajok. Legkedvezőtlenebb vízgazdálkodásúak a szikesek és a réti agyagtalajok. Vízvezető képességük csekély. Rossz vízgazdálkodású kötött

talajokon 180-200 mm őszi-téli csapadék már tavaszi belvízképződéshez vezet. Vályogtalajokon még szélsőségesen nagy őszi csapadékok sem jelentenek belvíz-veszélyt.

A belvízképződés szempontjából lényeges a talaj **szerkezete, fizikai állapota**. Legjobb vízgazdálkodásúak a morzsás szerkezetű talajok. A növények számára létfontosságú víz és levegő aránya a kapilláris hézagokban itt a legkedvezőbb. A vízborítás szétiszapolja a morzsákat, kiszorítja a levegőt a talajból és az így keletkezett oxigénmentes környezet olyan redukációs kémiai és anaerob biológiai folyamatokat indít el, melyek végül tönkreteszik a talajok szerkezetét.

A **talaj vízgazdálkodási tulajdonsága**, ahogy az korábban említésre került, egyik fontos tényezője a belvizek képződésének. Várallyay Gy. (1980, 1985, 2001, 2007; 2008; 2009) rámutatott arra, hogy ez az adottság hatással van a talaj többi sajátságára, úgymint a levegő- és hógazdálkodásra, biológiai tevékenységre, következésképpen annak tápanyag-gazdálkodási tulajdonságaira. Ettől függ az alkalmazott agrotechnológia időpontja, gépigénye, módja, a talaj környezeti hatásokkal szembeni ellenálló képessége és a túlterhelés okozta károk hatásának mértéke, időtartama is. A talajdegradációs folyamatok közvetlen, vagy közvetett formában szintén kapcsolódnak a talaj vízgazdálkodásához, így a talaj termékenységének növelésére irányuló meliorációs beavatkozások is főleg erre irányulnak (Várallyay Gy. 1985, 2002, 2004).

A talaj **vízbefogadó képessége** annál nagyobb, minél nagyobb a talaj szabad hézagterfoglata. Emiatt legkedvezőbbek a vastag termőrétegű, félig kötött vályogtalajok, valamint a laza homoktalajok, kedvezőtlenek viszont az erősen kötött agyagos, szikes talajok (Várallyay Gy. et al. 1981).

A talaj **víznyelési sebessége, vízvezető képessége** főképp nagy intenzitású csapadékok bekövetkezésekor játszik nagy szerepet, amikor a hirtelen lehullott vízmennyiség nagyobb, mint amit a talaj be tud fogadni. Az infiltrációt és a felületi lefolyás mértékét Klimes-Szmik A. (1957) szerint a felső talajréteg, ugyanakkor a vízáteresztést a legkötöttebb talajréteg tulajdonságai határozzák meg. A vízáteresztés tehát szorosan összefügg a fizikai talajféleséggel. Az iszap és agyag szemcsék akadályozzák a víz mélyebb rétegekbe jutását, míg a homok frakció elősegíti azt.

A homoktalajok a fenti okok miatt nem hajlamosak a felszíni vízborításra, ennek ellenére intenzív esőzések hatására kialakulhat ezeken a területeken is elöntés, mint például 1999 nyarán.

A vízáteresztést a talajban található **vízzáró rétegek elhelyezkedése**, a talaj rétegzettsége szintén befolyásolja, akadályozhatja. Az Alföld tiszántúli területein a mélyben sós talajrétegek okozhatnak ilyen jellegű problémát.

Magyarország talajait kilenc vízgazdálkodási kategóriába sorolták (Várallyay Gy. 1980, 2001, 2007), mely szerint összességében az ország talajainak 43%-a kedvezőtlen, 26% közepes és 31%-a jó vízgazdálkodású.

A vízgazdálkodási tulajdonságok fontosságát hangsúlyozza az a tény is, hogy a komplex belvíz-veszélyeztetettségi mutató meghatározásánál (Pálfai et al. 2004) is a talaj vízgazdálkodási kategóriáit vették alapul.

Azonban meg kell jegyezni, hogy a növényborítás jelentősen módosíthatja a talaj vízháztartását. Erre utalt tanulmányában Várallyay Gy. (1985) is.

### **2.3. Domborzat**

A felszín esése az Alföldön igen csekély. Nagy kiterjedésű területeken ritka a 4-5 métert meghaladó szintkülönbség. A talajtípusok függőleges tagozódásában is megmutatkozik a domborzat szerepe, a magasabb térszínekre a vályog, közepes magasságban a szikes és alacsonyabb fekvésű helyeken az agyagos talajok jellemzőek.

A kis esésű térszíneken a csapadék lefolyását a mikrodomborzat dönti el, hogy hol gyűlik össze a talajba már beszivárogni nem tudó víztöbblet. Ez leggyakrabban lefolyástalan felszíni depressziókban, mélyedésekben történik, melyek talajtani adottságaiban is tükröződik a folyamat. A vízáteresztő-, vízvezető képességük rosszabb, kötöttebbek és a közelebbi talajvízszint miatt nedvesebbek környezetük-nél, mely gyorsabb telítődést eredményez.

A terep lejtésviszonya a felszíni lefolyás gyorsaságának meghatározásában játszik nagy szerepet. Kis esésű vízgyűjtőn a lefolyás lassabb, melyet a területi víztározás is tovább lassít.

A lejtők kitettsége befolyásolja a felszín felmelegedésének ütemét. Ez a hőmérsékleti-, hőgazdálkodási különbség elsősorban télen és tavasszal érvényesül erőteljesebben, mely meghatározza a hóolvadás kezdetét, ütemét, továbbá a párolgást is.

A terület tengerszint feletti magassága szintén fontos tényező, ha csupán azt vesszük alapul, hogy az ország területének egyharmada a folyók árvízszintje alatt van, ahol a lakosság fele él (Zsuffa I. 1997).

### **2.4. Éghajlati adottságok – csapadék, hőmérséklet, párolgás**

Magyarország három éghajlat átmeneti zónájában helyezkedik el, melynek hatása megnyilvánul időjárásának nagy tér- és időbeli változékonyságában, szeszélyességében (Pécely Gy. 1979). Ezt a változatosságot tükrözi a csapadék térbeli eloszlása is, az Alföld középső részétől (500 mm) a medenceperemig az átlagos évi csapadékösszeg növekedése figyelhető meg. Az országot tekintve a csapadék és a párolgató-képesség viszonylag kiegyenlített.

Nyáron a párolgás dominál, meghaladja a csapadék mértékét, ami a vízkészlet csökkenését eredményezi. Télen ezzel ellentétes a folyamat, ami elősegíti a víz felhalmozódását, raktározódását. A talaj felső rétege kompenzálja a kettő között fellépő differenciát, így nyáron a talaj szárazabbá válik, míg télen telítődik, vagy túltelítődik, ami víztöbbletet eredményez. A tavaszi belvízképződéshez hozzájárul a télen hullott hó olvadása, mely a talaj telítettsége, fagyottsága miatt nem tud beszivárogni.

A belvíz képződését, tartósságát nemcsak a csapadék és a párolgás befolyásolja, hanem a hőmérséklet alakulása is. A hűvösebb, csapadékosabb időjárás következtében a párolgás csökken, ami kedvez a belvizek megjelenésének, és hosszú időn át tartó fennmaradásuknak is. A melegebb, szárazabb klíma erősebb párolgást jelent, gátolva a víztöbblet kialakulását, fennmaradását.

A klimatikus tényezők között érdemes megemlíteni a szelet, mely fokozza a párolgást, segíti a talaj felső rétegében tározott víz távozását, vagy a felszíni vízborítás gyors kiszáradását.

Magyarország éghajlati viszonyainak prognózisaiban (Mika J. 1989; Nováky B. 1993, 2003; Somlyódy L. 2002; Bartholy, J.–Pongrácz R. 2010) a szélsőségek erősödése mellett a globális felmelegedés következtében az évi középhőmérséklet 1-1,5°C-os növekedése, az éves csapadékmennyiség 5-10%-os csökkenése szerepel, ami a télvégi – tavasz eleji belvizek 15-30%-os csökkenését eredményezheti. Az előrejelzés összességében kedvező a belvizek szempontjából, azonban nem tér ki kellőképpen a szélsőséges nagy csapadékok előfordulási gyakoriságára. Ha nagy intenzitású, nagy mennyiségű csapadék hullik le rövid időn belül, a víz felhalmozódik a felszínen. A humid években a belvíz által borított területek aránya is nagyobb, valamint a tavaszi belvizek mellett nyári előfordulással is számolni kellett.

Nem elegendő a csapadék mennyiségét vizsgálni, annak tér- és időbeli eloszlása, intenzitása részletesebb információkkal szolgál a belvizek képződésének hátteréről.

## **2.5. Hidrológia (talajvíz, felszíni víz)**

A hidrológiai tényező szorosan összefügg a terület éghajlati adottságai-val, földtani felépítésével, talajaival, domborzatával. Szerepe a lefolyási tulajdonságokon kívül döntően a talajvízviszonyokban nyilvánul meg, mely közvetlenül, vagy közvetve hatást gyakorol a belvíz megjelenésére, kialakulására. A magas talajvízszint növeli a talaj telítettségi állapotát, ez által csökken a vízbefogadó-képesség, vagy akár meg is szűnhet. Utóbbi esetben elöntés keletkezik. Extrém helyzetekben, vagy feláramlási zónákban a talajvíz közvetlenül is okozhat belvizet, ha a felszínre tör. A magas talajvíz okozta belvíz esetén általában hosszan tartó pangó vízzel kell számolni.

A talajvíz vertikális mozgása hosszú idejű, éves és napi periódusokkal is jellemezhető. A hosszú idejű ingadozás periódusa általában 7-15 év (Rónai A. 1961; Stelczer K. 2000). Az éves periódusban a maximumok általában tavaszra esnek (március-április), a minimumok pedig ősszel (szeptember-október) jelentkeznek.

A talajvíztükör térbeli kiterjedése, elhelyezkedése nem esik egybe a felszíni vízgyűjtőterület határával (Marton L. 2009).

A felszíni vízfolyások magasabb vízállás idején a folyók menti körülbelül 1 km-es sávban megemelik a talajvíz szintjét is, ami növeli a belvíz megjelenésének valószínűségét.

A belvíz és a felszíni vízfolyások kapcsolata nem egyirányú folyamat. A Hortobágy-Berettyón létrejött árhullám szintje például a vízgyűjtőn keletkezett belvíz mértékétől és tartósságától függ (Tóth I. 2004).

## 2.6. Vegetáció

A csapadékból származó víztöbblet átmeneti tározására lehetőséget nyújtanak az erdőterületek, mintegy puffert képezve. A víz gyors levezetése helyett ugyanis segítenek megőrizni a növénytermesztés számára szükséges nedvességet, javítják a talaj vízgazdálkodási tulajdonságait, ami nemcsak az aszálykárok mérséklésében, hanem a belvíz által veszélyeztetett területek védelmében is nagy jelentőségű.

Már az 1970-80-as évektől kezdve folynak arra irányuló kísérletek (Tóth B. 2000) a Tiszántúlon és a Tisza-menti területeken, hogy a belvíz-veszélyeztetett területek szántóföldi művelésből való kivonásával kockázatmentesen hasznosíthatók erdősítéssel.

A fák a megfelelő vízellátás következtében erőteljesebben növekednek, ami nagyobb lombtömeget, majd avar mennyiséget eredményez. Ez növeli a talaj humusztartalmát, javítja a vízellátást, a talaj szerkezetét, megteremti annak stabilitását (melioratív hatás). A helyi adottságoknak megfelelő fafajok választásával a fák átlagos magassága is nagyobb lesz, ami pedig a defláció elleni védekezés hatékonyságát növeli.

Nem elhanyagolható ezeknek a potenciálisan jó fatermő-képességű területeknek gazdasági hasznuk sem, hiszen a megtermelt nyereséget nem csökkentik a növénytermesztés számára már veszteségeket okozó belvízkárok sem (Tóth B. 2000). Az erdősítés költsége az évenkénti belvíz-mentesítéshez képest csekély, és a befektetés idővel megtérül.

*Megfelelő fafaj kiválasztását befolyásoló tényezők: geomorfológia (terepforma), „viszonylagos térszíni elhelyezkedés”, belvíz jellege, oka, belvíz területi kiterjedése, időszaka, időtartama, talajadottságok, kapcsolatuk a belvízzel.*

A fásítás szempontjából is fontos megkülönböztetni a belvizek egyes típusait. Abban az esetben, ha a belvíz képződését a talajvíz szintjének megemelkedése okozza, például a homokterületek buckái közti mélyedéseiben és a kialakult állapot tartós, vagy ha nagymértékű talajvízszint-ingadozás megy végbe a tenyészidőszakban, az erdősítés nem javasolt. Hasonló a helyzet felszínközeli vízzáró rétegek esetében is, ahol a fásítás csak drága talajlazító eljárások után végezhető. A kötöttebb talajokon kialakuló összegyülekezési típusú belvizek huzamosabb ideig tartó fennmaradása szintén károsíthatja a telepítést, ha a vegetációs időszakban meghaladja az 5-6 napot, de 3-4 hetes vízborítást is elviselnek, ha a víz oxigéndús, lassan áramló.

## 2.7. Antropogén tényezők

### 2.7.1. Területhasználat módja

A területhasználat módja befolyásolja a talaj vízbefogadó képességét. A művelési ág megválasztása többek között összefügg a talajtípussal, a talaj termőképességével. A művelési ágak közül az erdők belvízmérséklő hatása a legnagyobb, ahogyan az korábban részletesen tárgyalásra került. A legelők tömörödöttebb talajjal közepes mértékben növelik a belvízkockázatot, de kevésbé hajlamosak rá.

A belvizes események súlyosan érintik a mezőgazdasági művelés alatt álló területeket. Emiatt különös fontosságot élvez a megfelelően választott agrotechnológia, amely a talaj hézagterefogatának növelésével képes javítani a talaj vízgazdálkodását, ami csökkenti a belvízkockázatot.

Az intenzív szántóföldi művelés következtében gyakran kialakul egy tömörödött, vízzáró funkciót betöltő ún. eketalp réteg, amely elősegíti a belvíz kialakulását.

A szántás iránya szintén befolyásolja a belvizek lefolyását, ha a belvízelvezető csatornák futása megegyezik a szántásiránnyal. Ekkor ugyanis a víz nehezebben talál utat a csatornák felé.

A mélyebb fekvésű területek bevonása a mezőgazdasági művelésbe szintén növeli az elöntés kockázatát a korábban már tárgyalt okok miatt.

### **2.7.2. Vízrendezés**

A síkvidéki vízrendezés tulajdonképpen a belvízelvezetést jelenti, mely magában foglalja a belvízelvezető csatornák kiépítését, karbantartását, és a meliorációs tevékenységeket.

A kiépített csatornahálózat sűrűsége, vízvezető képessége, területenként különböző, és a tulajdonviszonyok átalakulásával ezek üzemeltetése jelentősen eltérhet egymástól (Forgóné Nemcsis M. 2000). A csatornák jegyzett kapacitása gyakran töredéke a valóságosnak azok elgazosodása, elszennyeződése miatt. Több helyen azt tapasztaltuk, hogy az árkokat, melyek a földekről a csatornába irányítják a vizet, gyakran beszántják, vagy nem mélyítik újra. Az is növeli a belvízvesztést, ha a csatornák tisztításakor a kikotort földmennyiséget a csatorna mellé deponálják, amellyel gátat képeznek a szántóföldek és a csatornák között.

A megfelelő működés érdekében a hálózat folyamatos karbantartására, ellenőrzésére lenne szükség.

A talajok használhatósága különböző eljárásokkal növelhető, úgymint dréncsövezés, árkokkal való lecsapolás, egyenlőtlen területek rónázása, meszezés, szikesek javítása, vagy erdősítés (Kreybig L. 1956). A talajcsövezés növeli a talaj vízbefogadó képességét, segít elvezetni a víztöbbletet, így elkerülni a pangó vizek kialakulását.

### **2.7.3. Vízrendezést befolyásoló egyéb tényezők**

A beépített területek növekedése alapvetően befolyásolja a vízmérleg alakulását lefolyást gyorsító, növelő hatása miatt. A települések, az utak és a különböző létesítmények terjeszkedése miatt a gyorsabb lefolyás a mélyebb fekvésű területeken belvizet eredményez. Ebből adódóan olyan talajokon is kialakulhat vízborítás, ahol egyébként a körülmények lehetővé tennék a víz talajba jutását a mesterséges felszínnek hirtelen víztöbbletet okozó hatása nélkül.

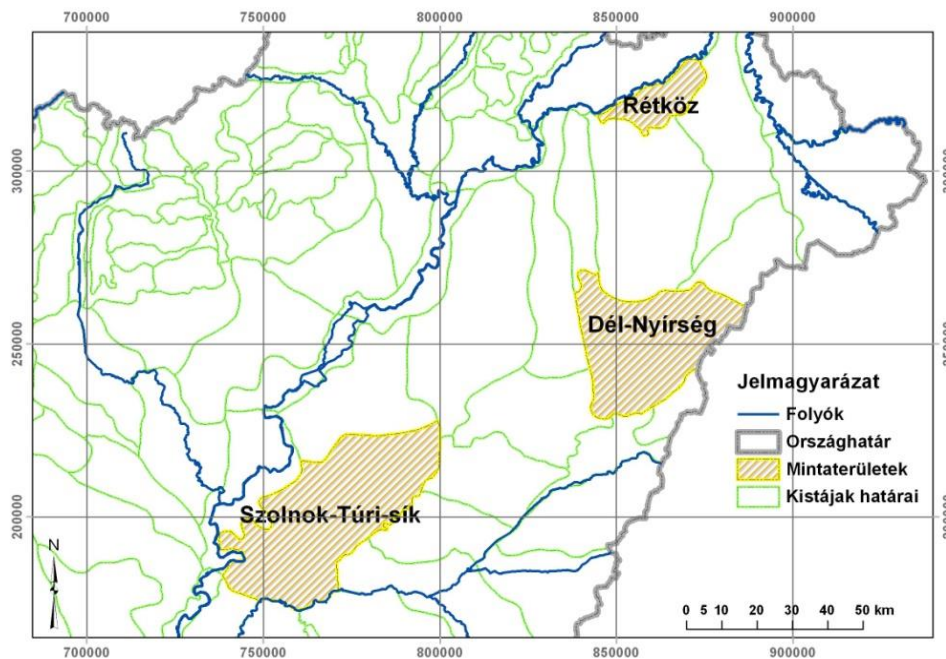
A terjeszkedő települések nemcsak a lefolyásra gyakorolnak hatást. A területek hidrogeológiai adottságait gyakran figyelmen kívül hagyó tervezés súlyos károk kialakulásához vezethet. A belterületeken képződő belvíz emelkedő aránya ezzel is magyarázható.

Az urbánus területek növekedésével együtt a közművek kiépítettségének is növekedni kellene. A szennyvíz terhelő hatása a talajvíz szintjének megemelé-  
ben nyilvánul meg, ami szintén növeli a belvízveszélyt.

## 2.8. A mintaterületek bemutatása a belvizet befolyásoló tényezők tükrében

### 2.8.1. Szolnok–Túri-sík

A Közép-Tisza-vidéken elhelyezkedő kistáj (2. ábra) területe 1704 km<sup>2</sup> (Dövényi Z. 2010). A táj mai arculatának kialakulását és felépítését a folyók épít-  
munkájának köszönheti. A pleisztocénben a Sárrétek depressziója felé igyekvő  
vízfolyások (Eger, Tarna) finomabb homokot, iszapot és agyagot szállítottak a  
Nagykunság területére. Sűrű hálózatuk nyomai a Tisza–Hortobágy-Berettyó közötti  
területen ma is felfedezhető. A felső-pleisztocénben a folyók tevékenysége mellett  
a munkaképes szelek a futóhomokot buckákba halmozták (Borsy Z. 1961). A mind  
jobban finomodó üledék lösz szerkezetet vett fel, befedve az északon buckás, délen  
sima, egyhangú felszínt.



2. ábra Mintaterületek elhelyezkedése

A Zagyva-menti süllyedék kialakulása után megjelent a Tisza, amely át-  
formálta az addigi vízrendszert. Eróziós tevékenységével nagy területeket tarolt le  
és takart be saját iszapos, löszös hordalékával. Így futóhomok csak foltokban, főleg  
az északi részén fordul elő, melyet többnyire löszös homoktakaró borít. Berekfür-  
dő–Fegyvernek vonalától délre a felszín egyhangú, löszös agyag, iszap, valamint



réti agyag a jellemző (Pécsi M. 1969). Változatosságot csak a szórványos megjelenésű buckák és az elhagyott folyómedrek, morotvák, valamint a kunhalmok jelentenek.

A Szolnok–Túri-síkon a tszf.-i magasság 80-105 méter között változik, nyugati részén akadnak 1-5 méter magas löszös homokkal fedett buckák, ettől eltekintve a magasságkülönbségek kicsik.

A területen iszapos-agyagos üledékek a jellemzőek, ennél fogva az alföldi mészlepedékes és réti csernozjom talajoknak is a finomabb mechanikai összetételű változatai fordulnak elő. A mélyebb fekvésű, vízhatás alatt álló részekben az agyagos, agyagos-vályogos réti talajok, réti öntéstalajok jellemzőek. A kistáj harmadát borítják szikes talajok.

A kistáj a meleg, száraz, mérsékelt forró nyarú éghajlati körzetbe tartozik. A csapadék éves mennyisége 490-510 mm közötti, de helyenként elérheti az 520 mm-t is. A csapadék maximuma júniusban van, a minimum pedig januárban. A kevés és bizonytalan csapadék miatt a területen öntözés szükséges.

A talajvízszint az utóbbi évtizedekben emelkedő trendet mutatott (Rónai A. 1961; Csordás L.–Lóki J. 1989; Balázs, B. 2010). Általában 4-6 méteres mélységben helyezkedik el a talajvíztükör, de helyenként ennél magasabban, 2-4 m mélységben. A kistájat nem keresztezi egyetlen természetes vízfolyás sem, de több mint 1500 km hosszúságú csatornarendszer szövi át, melyek többsége a Hortobágy–Berettyóba vezet. Ezek nemcsak a belvizek elvezetését, hanem száraz időszakokban a mezőgazdasági tevékenységhez szükséges öntözést is biztosítják.

### **2.8.2. Rétköz**

A Tisza és a Nyírség között elhelyezkedő kistáj (2. ábra) területe 275 km<sup>2</sup> (Dövényi Z. 2010). Mai arculatát a Tisza és a szél együttesen alakította ki. A pleisztocénben az ÉK-ről a Körösök süllyedéke felé tartó folyók (Tapoly, Ondava, Laborc, Ung) vastag, akár 100-150 méter folyóvízi üledéksort halmoztak fel. Ezt a folyamatot a Tisza futásirány-változtatása szakította meg a felső-pleniglaciálisban, amikor a Felső-Tiszavidék süllyedése és az Ér-mellék emelkedése a Bodrogsík irányába fordította a folyót (Borsy Z. 1953, 1969, 1989; Borsy Z. et al. 1981, 1983, 1988, 1989; Csongor É.–Félegyházi E. 1987; Lóki J.–Félegyházi E. 2007). Ettől kezdődően az É-ről érkező vízfolyások már nem jutottak el a hordalékkúp területére. A vízfolyások nélküli felszínen a szárazabb időszakokban a szél hosszanti garmadákat, szélbarázdákat, deflációs laposokat formált. A Tisza többször is változtatta folyásirányát, ami azt jelentette, hogy a Rétköz addigi futóhomokos buckás területeit mind jobban letarolta oldalazó eróziójával, áradásai pedig az alluviális felszín mélyebb fekvésű részeit finomszemű hordalékkal töltötték fel (Borsy Z. et al. 1988; Pécsi M. 1969). A Tisza a szubboreálisban került mai helyére, így tulajdonképpen azóta beszélhetünk a mai értelemben vett Bodrogsíkról és Rétközzel.

A Tisza menti folyóhátak magasodása megakadályozta a Rétközre jutó vizek lefolyását, így a terület süllyedése mellett ez is hozzájárult a kistáj nagy kiterjedésű mocsarainak kialakulásához.

A Rétközben a tszf.-i magasság 94,5–127,4 m között váltakozik. A Tisza mentén alacsonyabb, itt az egyhangúságot az elhagyott medrek, folyóhátak, övzá-

tonyok, stb. törik meg. Az alacsonyabb térszíneken a csapadékos időszakokban megjelenik a belvíz. A kistáj középső részén jellemző kotus, lápos üledékekkel borított felszínből 2-5 méter magasságú löszös homokkal fedett futóhomokformák emelkednek ki. A kistáj K-i részén, főleg Döge–Szabolcsveresmart–Dombrád között maradt meg a futóhomokkal fedett hordalékkúpfelszín.

A Rétköz legnagyobb részét öntésagyag, öntésiszap, öntéshomok, lápi agyag és kotu borítja. Ehhez kapcsolódóan öntés, réti és kotus láptalajok alakultak ki. A magasabb részek homokos felszínén humuszos homoktalaj, barna erdőtalaj jellemző, a löszös homokon pedig réti csernozjom képződött.

A felszín magasságkülönbségei nincsenek hatással az éghajlatra, azonban a Kárpátok közelsége befolyásolja a terület feletti légtömegek mozgását. Az évi csapadékösszeg 530–600 mm közötti, éven belüli maximuma nyár elején, minimuma január-február környékén jellemző.

A Rétköz felszíni és felszín alatti vizekben gazdag terület. A lefolyó csapadék 90%-át a Belfő-csatorna, 10%-át a Lónyay-csatorna vezetik le. A Tiszalöki vízlépcső visszaduzzasztó hatása miatt megszűnt a gravitációs vízlevezetés lehetősége, a magasabb tiszai vízszint megemeli a talajvíz szintjét a folyómenti területeken, ami fokozza a belvízkockázatot. A talajvíz nívója általában 1-3 méter, magasabb buckahátakon 3-5 méteres mélységben húzódik (Lóki J. 1983; Kormány Gy. 2000).

### **2.8.3. Dél–Nyírség**

Az 1215 km<sup>2</sup> kiterjedésű Dél–Nyírség (2. ábra) a nagy nyírségi futóhomokos hordalékkúp része. Ahogyan az már a Rétköz kapcsán említésre került, kialakulásában az ÉK-i Kárpátok felől a Körös vidék felé tartó vízfolyások építették a pleisztocén folyamán. A würm közepe táján 50-40000 évvel ezelőtt az Érvölgye süllyedni kezdett, melynek hatására a Tisza és a Szamos elhagyta a Nyírség területét, de más vízfolyások (Tapoly, Ondava, Laborc) még keresztülfolytak a hordalékkúpon.

A felső-pleniglaciális időszak elejére, szerkezeti mozgások hatására süllyedni kezdtek a hordalékkúp hegységperemi területei és a középső területek emelkedtek. Hajdúböszörmény–Nyírbátor–Vásárosnamény vonalában a Nyírségben vízválasztó alakult ki. Mivel a hordalékkúp ÉK-i peremén a Bereg–Szatmári-síkság területe is süllyedni kezdett, ezért a Tisza futásiránya is megváltozott és az Érvölgy irányából a Bodrogek irányába tartott. E változások hatására az É-ről D-re tartó vízfolyások már nem tudtak eljutni a hordalékkúp déli területeire. A hordalékkúp épülése megszűnt, és a Nyírség élő vízfolyás nélkül maradt. A Tapoly, az Ondava és a Laborc szükségképpen a Tiszába juttatták vizüket.

A felső-pleniglaciális száraz időszakaitól kezdődően a munkaképes szelek több periódusban a folyóvízi üledékből eolikus formákat alakítottak ki (Borsy Z. 1961). Az eolikus felszínátalakítás során a hordalékkúp élő vízfolyás nélküli medrei részben, vagy teljesen betemetődtek futóhomokkal. A futóhomokkal feltöltődött területek közötti mélyedések kedveztek a belvizek kialakulásának. Ezeken a területeken a talajvíz is közel volt a felszínhez, amelynek a szintingadozásai is hatással voltak a terület belvízborítottságára. A kistáj északi részén szélbarázdák,

deflációs mélyedések, délen parabola- és szegélybuckák alakultak ki. A terület napjainkban is deflációveszélyes.

A tájat felépítéséből fakadóan homoktalajok (futóhomok, humuszos homok) uralják, de kisebb hányadban kovárványos barna erdőtalajok is előfordulnak. A kistáj D-i peremén, löszös rétegeken, réti, mélyben sós réti csernozjom, szolonyec és szoloncsák talajok alakultak ki. A mélyebb fekvésű, magas talajvízál-lású területeken homokos vályog fizikai féleségű réti talajok találhatók.

A terület tszf.-i magassága 97,9-179,3 méter közötti, felszínét ÉÉK-DDNy-i csapásirányú völgyek tagolják. Ilyen futásirányúak a Berettyóhoz lefutó vízfolyások is, de ezeket leszámítva száraz, gyér lefolyású, vízhiányos terület. A csapadékos időszakokban a deflációs laposokon és a buckák közötti mélyedésekben belvizek alakulnak ki, ennek levezetését több mint 1000 km-es csatornarendszer szolgálja.

A csapadék mennyisége 550-580 mm, de területi eloszlása változatos, kelet felé nő a mennyisége. A talajvizet általában 2-4 m, máshol 4-6 m mélységben találunk.

### 3. A vízrendezés szakirodalmi áttekintése

#### 3.1. Belvízrendezés története

Nagy folyóink szabályozása előtt az árvizek jelentős területeket öntöttek el, melyek többségét az ármentes időszakban legelőként, rétként hasznosították. A nagyszabású árvíz-mentesítési munkák célja a részben vagy állandóan elöntött területek (2,3 millió ha) visszahódítása és mezőgazdasági hasznosítása volt.

A mentesített területek az árvízvédelmi gátak megépítésével és az árhul-lámok kiöntésének megakadályozásával azonban még nem váltak művelésre alkalmassá. Csapadékosabb időszak, vagy egy-egy nagy intenzitású esőzés alkalmával a mélyebb fekvésű helyeken vizes foltok, elöntések, azaz belvizek jelentek meg. A helyzetet súlyosbította, hogy az Alföld dombos peremvidékéről érkező vízfolyások rendezése nem történt meg, így azok áradásai is növelték az elöntött területek nagyságát (Nagy L. 1970). A folyók mentén húzódó töltések miatt természetes úton távozni nem tudó vizek veszélyeztették a mezőgazdaságot, a településeket és a különböző antropogén létesítményeket (pl. közlekedési infrastruktúra) is. Ezért szükségessé vált a belvízrendezés, vagy síkvidéki vízrendezés.

Hazánkban a belvizek levezetését szolgáló vízrendezési munkáknak közel 150 éves múltja van. A belvízrendezés műszaki színvonala, kiépítettsége, folyamatosan növekedett, célkitűzései a társadalmi szükségletek függvényében módosultak. A nagy történelmi események, a műszaki tudományokban és technológiában történt előrelépések, a társadalomban végbement változások mind nagy hatást gyakoroltak a magyarországi vízrendezés fejlődésére. Eredményekben bővelkedő korszakokat visszaesések, majd újabb fellendülések követtek.

A nagy területre kiterjedő **belvízrendezési munkákat** (síkvidéki vízrendezés) hazánkban a XIX. század közepén kezdték el (Ihrig D. 1973; Thyll Sz. 1997). Nagy szükség volt rá, hiszen az árvízmentesítés után megjelentek a belvi-

zek, melyek kiterjedését tovább növelték az Alföldre érkező vízfolyások áradásai (Nagy L. 1970). Elsődleges feladat ezeknek a folyóknak, patakoknak a rendezése volt.

Az érdekeltekből alakult ármentesítő társulatoknak kezdetben nem volt ugyan törvénybe foglalt kötelezettsége a belvízmentesítés, de többségük ezt a feladatot is elvégezte (Dunka S. et al. 1996). Az 1869. évi csapadékos időjárás hatására belvizek, jelentős mértékű belvízkárok keletkeztek. Végül ez hozta meg a tervszerű belvízrendezés igényét. Az 1871. évi XXXIX. törvénycikk a vízszabályozási társulatokról (IH-4 2012) rendelkezik. A törvény kimondja, hogy az „*Ármentesítő társulatok a belvizek által érdekeltekkel egyetértve, hatáskörükbe vonhatják az azok által borított területek mentesítését is; arról pedig minden esetben gondoskodni tartoznak, hogy a belvizeknek lefolyása munkálataik által ne akadályoztassék, és azok számára ugyanannyi és oly biztos lefolyást, a mennyi s a minő a szabályozás előtt volt, biztosítani kötelesek.*”

A társulatok előbb zsilipeket, levezető csatornahálózatot, később átemelő szivattyútelepeket létesítettek (Botár I. – Károlyi Zs. 1971). A mai rendszer gerincét képező főbb csatornák már a XIX. század végére kiépültek, továbbá a Berettyó és a Sebes-Körös közötti Nagy-Sárrét és az Ecsedi-láp vízrendezése is befejeződött.

1885-ben megszületett a vízjogi törvény, mely szabályozta a vízhasználatot, a felszíni és felszín alatti vizek tulajdonjogát, meghatározta a vízi társulatok feladatait és működési feltételeit. Rendelkezett a vízmunkákról, melyek elvégzését hatósági engedélyhez kötötték. Az állami vízügyi igazgatást a kultúrmérnöki hivatalok testesítették meg, bár nem önálló döntéshozatali szervként működtek, ahogyan Fejér L. (1997) is írja, hanem felügyelő, ellenőrző, tanácsadó tevékenységet folytattak.

1886-ban létrehozták a Vízrajzi Osztályt a Közmunka- és Közlekedésügyi Minisztérium irányítása alatt. Feladata többek között a vízrajzi adatok gyűjtése, mérése, értékelése, továbbá az árvizek előrejelzése. 1889-ben a vízügyi szolgálat átkerült a létrehozott Földmívelésügyi Minisztérium hatáskörébe.

A vízügy gyors fejlődését az I. világháború félbeszakította. A vízrendezés a háború alatt szünetelt, utána pedig a megromlott gazdasági és társadalmi viszonyok nem tették lehetővé a munka folytatását. 1919-ben a belvízcsatornák hossza 12477 km-t tett ki (Forgóné Nemcsics M. 2000).

A trianoni határátrajzolás új földrajzi, gazdasági és szervezeti feltételeket teremtett a vízügy számára. Folyóink hosszának több mint 60%-a szomszédos országok fennhatósága alá került. A magyarországi vízitársulatok kevesebb, mint fele maradt határainkon belül. A vízügyi szolgálat akkori vezetője, Tellyesniczky János miniszteri tanácsos arról számolt be (Tellyesniczky J. 1928), hogy a magyar területek a szomszédos államok érdekeltiségétől függtek, de ennek mértéke régióként eltérő volt. A társulatok megosztottsága például a magyar-román határon a Berettyó esetében nem, a Körösök területén viszont jelentősen növelte az árvízi-belvízi bizonytalanságot. A helyzet feloldására határ menti egyezmények jöttek létre az osztrák, a román és a csehszlovák oldalon (Fejér L. 1997). A jugoszláv határ mentén csak a vízügyi dokumentációk cseréjében sikerült egyezségekre jutni.

A két világháború között nagyszabású vízrendezés csak a Duna völgyében történt, 1925-29 között épült a 150 km hosszú Dunavölgyi-főcsatorna. A '30-as évek elején a nagy gazdasági válság idején a társulatok szerepe a munkanélküliség enyhítésében nyilvánult meg, ami csak a rendszeres karbantartásra volt elegendő, komolyabb fejlesztésre már nem.

Kenessey B. (1934) véleménye szerint a belvízlevezető csatornák nem vezetnek le a telített talajok vizét, különösképpen nem a kötött, vagy félig kötött talajokét. Ballenegger R. (1931) tanulmányában hangsúlyozta, hogy a szikes területek felesleges vizeinek elvezetése inkább megoldás, mint a probléma súlyosbítása. Egyet kell értenünk Kenessey és Ballenegger álláspontjával, kiegészítve azzal, hogy a belvízelvezetésnek nemcsak a fölösleges (kárt okozó) vizek elvezetéséről kell gondoskodnia, hanem szem előtt kell tartania a komplex vízgazdálkodás követelményeit is.

Az 1940-42. évi katasztrófális belvizek is az Alföld „kiszáritásáról” kialakult nézetek ellenkezőjét bizonyították: 480–570 ezer hektár került víz alá.

Az 1940-42-es ár- és belvizeket követően megindult a rendszerek bővítése, ezúttal már állami támogatással. A területszerzés igényeit szolgáló vízrendezés szemlélete átalakult. Célja a „korszerű” vízgazdálkodás megvalósítása lett, mely a belterjessé váló mezőgazdasági termelés érdekeit tartotta szem előtt. Ezt alapul véve az 1940-42. évi belvizek után a társulatok kiterjesztették tevékenységüket az ártéren kívüli vízrendezésre szoruló területekre.

A '40-42-es belvizek kapcsán vetődött fel a belvízrendezés gazdaságosságának kérdése is. Érdemes-e a viszonylag ritkán előforduló, de annál nagyobb mértékű belvizekhez tervezni a levezetőművek kapacitását? A vélemények (György I. 1941; Kienitz G. 1955) napjainkig megosztottak. Megítélésem szerint az okozott károk elkerülése érdekében érdemes lenne a megelőzésre, tehát a rendszer fejlesztésére többlet fordítani. A belvíz elleni védekezés éppen úgy az állam feladatai közé tartozik, mint az egyéb természeti katasztrófák elleni védekezés.

A II. világháború súlyos károkat okozott a magyarországi árvízi és belvízi rendszerekben, melyek kijavítása a vízügy elsődleges feladata volt.

A még 1945-ben is hatályban lévő (1885. évi XXIII.) vízjogi törvény (IH-5 2012) szerint az ár- és belvízmentesítés költségei az érdekelt mezőgazdasági népeiséget terhelték. A háború után kialakult nehéz gazdasági helyzet miatt azonban még a gazdaságok fenntartására sem volt elegendő fedezet. Emiatt a vízrendezés anyagi támogatását az államtól várták.

A Vízügyi Szolgálat 1947-es beszámolója (Vízügyi Közlemények, 1947) szerint a vízügyi tevékenységet hátráltatta az 1945. évi földbirtokreform is. A nagybirtokok megszűntek, helyettük felaprózottabb birtokszerkezet jött létre. A földhöz jutott gazdákra nehéz anyagi helyzetük miatt pedig nem számíthattak a vízrendezés területén. Szükség volt az állam vízgazdasági politikájának intenzívebbé tételére.

1948-ban létrehozták az Országos Vízgazdálkodási Hivatalt (OVH) az akkori Földművelésügyi Minisztérium keretein belül, továbbá 12 Vízgazdálkodási Körzetet alakítottak ki. Azonban, ahogyan Nagy L. (1975) vízgazdálkodásról szóló könyvében is olvashatjuk, az vízügyi szolgálat egysége hamar felbomlott. A vízügy

feladatait 1951-ben szétosztották a Földművelésügyi Minisztérium és a Közlekedés és Postaügyi Minisztérium között. A megosztottság miatt a vízrendezés (a belvízrendezés is) kérdése – beleértve a karbantartást és fejlesztést is – háttérbe szorult.

A Környezetvédelmi és Vízgazdálkodási Kutató Intézetet (VITUKI) 1952-es alapítása után változás következett be a magyar vízgazdálkodás terén. 1953-ban újra megteremtették a több részre szakadt vízügyi szolgálat egységes államigazgatási szervezetét. Létrehozták az Országos Vízügyi Főigazgatóságot (1969-től Országos Vízügyi Hivatal, 1990-től Országos Vízügyi Főigazgatóság), és területi szerveit, a tizenegy vízügyi igazgatóságot. Az OVH közvetlen irányítása alá tartozott az Árvízvédelmi és Belvízvédelmi Központi Szervezet (ÁBKSZ), mely a különleges vízi védekezési munkák ellátásáért felelt.

1954-ben kiadták a Vízgazdálkodási Kerettervvázlatot, melyben a belvízrendezés feladatai is megjelentek, ami elsősorban az elmaradások felszámolására vonatkozott, majd 1958-ban újjászervezték a vízügyi társulatokat, amelyeket Dégen I. (1972) az alábbi két típusba sorolt:

- a *vízitársulatok* ellátták a helyi vízrendezési, talajvédelmi illetve vízhasznosítási feladatokat,
- a *vízművek és csatornamű társulatok* pedig a csatornázásért és vízellátásért feleltek.

Nagy L. (1970) szerint az 50-es évek végére a következő kedvező feltételek alakultak ki a vízrendezés gyors fejlődéséhez:

- nagyüzemi termelés
- egységes vízügyi szolgálat
- vízrendező társulatok megalakulása
- vízépítési technológia fejlődése

A termelőszövetkezetek megalakulása után bővítették a nagyüzemek vízrendezési feladatait (a belvizek elvezetése, a csapadékvizekkel való gazdálkodás, optimális talaj-vízháztartási viszonyok biztosítása).

1965-ben hatályba lépett az 1964. évi IV. törvény (IH-6), amelynek a rendelkezése szerint „a vízgazdálkodási tervezés alapja az országos vízgazdálkodási keretterv”, amely 1965-ben jelent meg. Erről részletesebben Kertai Ede (1965/6) tanulmányában olvashatunk.

Az 1970-es évek második felétől általánossá vált a komplex üzemi vízrendezés, mely a különböző talajjavítási és meliorációs beavatkozásokra is kiterjedt. A drénezés széles körű alkalmazása csak a '70-es évek végén terjedt el. Ennek az ismerete a légifotók kiértékelésénél fontos.

1984-ben megjelent a harmadik Országos Vízgazdálkodási Keretterv, majd a rendszerváltást követően a vízügyi szervezeti felépítése sokszor változott.

### **3.1.1. Belvízrendezés a mintaterületeken**

1953-ban hozták létre a magyar vízügyi szolgálat területi szerveit a Vízügyi Igazgatóságokat. A dolgozatban vizsgált három kistáj három Igazgatóság működési területén helyezkedik el (3. ábra).

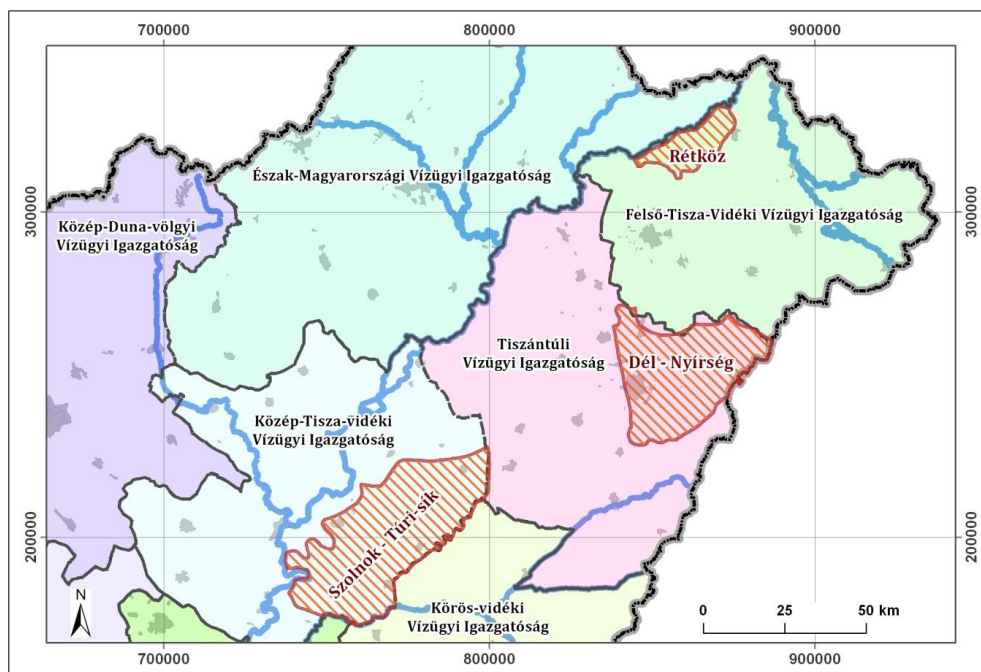
A **Szolnok–Túri-sík** a Közép–Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság (továbbiakban: KÖTIVIZIG) 7179,5 km<sup>2</sup>-nyi területén elterülő kistáj. Ezen a területen 1845-ben alakult meg az első Tisza-szabályozási társulat, amit további társulatok létrejötte követett. Nemcsak ármentesítéssel, hanem belvízrendezéssel is foglalkoztak.

1879 után a terület mellékfolyóinak szabályozása élvezett prioritást, a századforduló idején pedig a körgátak és keresztgátak létesítése, tervezése. Az 1910-es években Tiszaroff, Tiszasüly, Tiszabó és Vezseny térségében nyári gátak építését kezdték meg.

1941-ben már 12 társulat működött a területen. A második világháború itt is jelentős károkat okozott, így a legsürgetőbb feladat ezek helyreállítása volt. Az 1945-re kialakult nehéz gazdasági helyzet, és a földreform teremtette új gazdák fizetésektelensége hátrányosan érintette a területen működő társulatokat is.

Az 1060/1953. (IX.30.) Korm. határozat alapján 1953-ban megkezdte működését az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) és a területi munkát végző Vízügyi Igazgatóságok. A Szolnoki Vízügyi Igazgatóság az Árvízvédelmi és Folyamszabályozási, Kultúrmérnöki és Belvízrendező Hivatalokból alakult, és hét kirendeltséggel működött (Szolnok, Jászkisér, Abony, Jászberény, Tiszaroff, Cibakháza és Mezőtúr).

1959-ben az igazgatóság neve Közép–Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóságra változott. Az igazgatóság szervezeti felépítése, ahogyan a vízügy intézményrendszere is, folyamatosan változott az elmúlt fél évszázad alatt.



3. ábra A mintaterületek elhelyezkedése a vízügyi igazgatóságok területén

A KÖTIVIZIG 23 db belvízrendszerén 6468 km hosszúságú csatornahálózat található, melynek kezelése megosztott, csupán 1114 km áll az igazgatóság felügyelete alatt (KÖTIVIZIG, 2012). A sikeres belvízvédkezés érdekében ezért nagyfokú együttműködés szükséges.

Az igazgatóság területén jelenleg 7 gazdálkodási társulat működik, amelyek szerepe főleg a közcélú műtárgyak üzemeltetésében, és a belvízcsatornák jelentős részének (2354 km) karbantartásában nyilvánul meg.

A **Rétköz** teljes területe a Felső-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság illetékességi területére esik (3. ábra). Az első társulat 1846-ban alakult meg Felsőszabolcsi Tiszai Ármentesítő és Belvízszabályozó Társulat néven. A térségben első feladat a Tisza bal parti töltéseinek megépítése volt, majd ezt követően a mocsarak lecsapolása, a belvízmentesítés lett a cél. Erre szolgált a Tiszabездé és Tiszabercel között megépített Belfő-csatorna, mellékcsatornáival együtt. A csatorna hiába a hálózat főbefogadója, nem volt képes levezetni a Nyírség felől érkező vizeket. A problémát a Lónyay-csatorna építésével orvosolták. Miután készen lett a csatorna 1882-ben, az addig egységes Nyírség-Felsőszabolcs belvízrendszer kettévált Felsőszabolcsi és Nyíri belvízrendszerekre. A FETIVIZIG teljes területe 7 belvízöblözetre tagolódik, összesen 8960 km hosszúságú csatornahálózattal. Ennek többsége önkormányzati (4658 km) és társulati (3258 km) kezelésben van, az igazgatóság kevesebb mint nyolcadrészét felügyeli.

1954-ben, a tiszalöki vízlépcső üzembe helyezésével a belvizek gravitációs levezetésének lehetősége megszűnt, a vizet csak szivattyús átemeléssel lehetett a Tiszába juttatni. Ez azt is jelentette a belvízrendszerekre nézve, hogy a teljesítőképességet szivattyútelepekkel, valamint belvízi tározókkal, pl. Szabolcsveresmarti tározó (Rétközi-tó) lehetett növelni.

A **Dél-Nyírséget** a Tiszántúli Vízügyi Igazgatóság (TIVIZIG) működési területe fedi le. A területen az 1860-as évektől indultak meg a belvízrendezési munkálatok. Csatornákká alakították a Hortobágy, valamint a Kis-Sárrét mélyebb részein folyó vízfolyások többségét. Így jöttek létre például a Hortobágy-Berettyó, a Kadarcs-Karácsonyfoki, az Alsó-Selypes-Hataj-Völgyes-Árkus-éri, a Sarkad-Mérges-Sáros-éri, valamint a Kutas, a Hamvas, a Sárréti, a Brassó-éri, a Kati-éri völgyek főcsatornái, belvízrendszerei.

1957-ben lehetővé vált vízgazdálkodási társulatok alapítása, de csak saját, helyi jellegű feladatok elvégzésére. Az igazgatóság területén megalakult a Berettyói (Berettyóújfalu), a Hamvas – Sárréti (Püspökladány), az Alsónyírvíz-vidéki (Debrecen) és a Királyéri Vízgazdálkodási Társulat.

Az igazgatóság területén lévő belvízelvezető csatornák hossza 1324 km, melynek 15%-át 2011-ben újították fel (TIVIZIG, 2011). A rekonstrukciós munkák hatására több település vízelvezetési feltételeit javította. A többi belvízelvezető árok állapota azonban továbbra sem kielégítő. A levezetőművek további felújítására nagy szükség lenne, hiszen az Igazgatóság adatai szerint a terület 98%-a belvízzel veszélyeztetett



## 3.2. *Belvízi adatgyűjtés és veszélytérképezés*

### 3.2.1. **Belvízi adatgyűjtés**

A belvízrendezés műszaki tervezéséhez, fejlesztéséhez, a belvízzel kapcsolatos kutatások megalapozásához elengedhetetlen a megfelelő részletességgel gyűjtött **belvíz-hidrológiai adatokból épített adatbázis**. A belvíz-hidrológiai adatok gyűjtését alapvetően három módszertani csoportba oszthatjuk:

- a) archív adatbázisok, térképek felhasználása
- b) terepi adatgyűjtés
- c) távérzékelésen alapuló adatgyűjtés.

a) A Magyarország területét jellemző vízrajzi adatok rendszerezett formában csak a XIX. század első felétől állnak rendelkezésre. A központilag irányított, szervezett adatgyűjtés azonban később, a XIX. század második felében kezdődött meg. Az első adatgyűjtéssel megbízott szervezet a Közmunka- és Közlekedésügyi Minisztérium 1886-ban alapított Vízrajzi Osztálya volt.

A vízrajzi adatok egy része (csapadék és vízállás adatok) az 1887 óta megjelenő Vízrajzi Évkönyvekben találhatóak. Az adatgyűjtésért, kezelésért, és az évkönyvek kiadásáért felelős szervezet többször változott.

Belvizekről már az 1890-es években készültek feljegyzések. Azonban az országos, vagy nagyobb térségekre kiterjedő belvízi adatgyűjtés eleinte csak az elöntött területek nagyságának felmérésére, és az átszivattyúzott vízmennyiség rögzítésére terjedt ki. Az első országos felmérés az 1940-42-es belvizek idején történt. Ezt követő években társulatonkénti becsléseket találunk az elöntésekre vonatkozóan, vagy az évkönyv elején tájékoztatást arról, miért nem tartalmaz részletes információt (háború miatti adathiány, nem volt számottevő belvízjelenség). A belvíz tulajdonságainak részletezése az egyes évek hirdometeorológiai sajtóságaitól függött. Arid időszak esetén csak annyit közöltek, hogy „nem volt számottevő belvízi elöntés”, vagy az év „belvízmentes volt”.

Az 1950-es évek második felében rendszeres méréseket kezdtek végezni az arra kijelölt belvízöblözetekben (Kondoros-völgyi, Peresi, Mirhó–Gyolcsi, Fehértó–Majsai belvízöblözetek), melynek célja a belvíz képződésével, levezetésével kapcsolatos kutatások megalapozása volt.

Az adatgyűjtésben nagy előrelépés volt, hogy 1967-től kötelezővé vált a belvízi dekádjelentések készítése. Ezek egész évben, tíznaponként gyűjtött információt tartalmaznak belvízi tájegységekre bontva az elöntött terület nagyságáról, a lefolyásról, a hidrometeorológiai körülményekről, és egyéb műszaki adatokról. A jelentéseket az illetékes vízügyi igazgatóságok állítják össze napjainkban is.

A dekádjelentések tartalmazzák a belvízi elöntés, lefolyás összesített adatait is, melyek általában nem egzakt méréseken alapulnak. A víz alá került területek nagyságának megállapítása szemrevételezéssel, becsléssel történik. Ez a tény felveti az adatok megbízhatóságának kérdését. A felmérést végző gátörök egy átnézeti térképre rajzolják be — hozzávetőlegesen — az egyes foltok kiterjedését. Pálfai I. (1986a) szerint a foltok meghatározásánál elkövetett hibák többé-kevésbé kiegyen-

lítik egymást, továbbá érdemes figyelembe venni, hogy a gátörök általában nagyon jó helyismerettel, sok éves tapasztalattal rendelkeznek, ami mérsékli a hibák lehetőségét. Véleményem szerint a belvíz esetében a szemrevételezésnek és az egzakt terepi felvételezésnek egyaránt van hátránya, ugyanis lehetetlen mindenhová eljutni, ahol belvízfolt előfordulhat. A bejárható terület nagyságát pedig a térség úthálózata és állapota is nagymértékben befolyásolja. A belvíz kiterjedése időjárási körülményektől függően akár egy napon belül is változhat (csapadék, hőmérséklet, párolgás, elvezetés, stb. miatt), emiatt belátható, hogy a terepi felmérés üteme nem tud ezzel lépést tartani, az adatok inhomogének lesznek.

2001 óta az *Integrált vízháztartási tájékoztató és előrejelzés* havi bontásban tájékoztat a belvízrendszerek közötti vízforgalomról, a belvízi elöntés által érintett belvízrendszerekről, az elöntött területek nagyságáról. A tájékoztatók a VITUKI és az ATIVIZIG közreműködésével készültek 2012 novemberéig, a VITUKI megszűnéséig. A kiadvány összeállítását az OVF fokozatosan vette (2012. augusztustól kezdődően) át.

Az OVH hivatalos honlapján folyamatosan közzéteszi az aktuális belvízhelyzetre vonatkozó információkat ([www.vizugy.hu](http://www.vizugy.hu)). Belvízvédelmi tájékoztatók formájában találjuk meg az elöntött területek nagyságát, az érvényben lévő védelmi készütségeket, a társulatok és az önkormányzatok belvízvédelmi tevékenységét.

**b) A terepen végzett mérések** az információnyerés közvetlen, elsődleges formái. Belvizek esetében a terepi munka elsősorban a vizes foltok kiterjedésének és geomorfológiájának felmérésére szolgál. A területi lehatárolást GPS-szel, a foltokat körbejárva el lehet végezni, a felszín domborzati viszonyait pedig pl. mérőállomás segítségével térképezhetjük fel. Nagy területek felmérésére azonban a következő, egymással szorosan összefüggő okok miatt nem alkalmas:

- Idő- és energiaigényes. Az akár napokat is igénybe vevő felmérések nem tudják követni az időben gyorsan változó belvízi elöntés kiterjedését.
- A területek megközelíthetősége sok tényezőtől függ, pl. az út- és terepviszonyoktól, ültetett kultúrától, az időjárástól. Utóbbi jelentősen befolyásolja a belvízfoltokat övező talajfelszín nedvességtartalmát, azaz hogy mennyire lehet a vízborítás határát megközelíteni.
- A felmérést végző szubjektivitása összefügg a belvízhatár meghúzásának kérdésével. Felméréskor az elöntés nagyságához hozzáadódik a mezőgazdaság számára káros, túltelített talaj is, vagy közvetlenül a vízfelület szegélyét vesszük figyelembe. Ezt pedig befolyásolja a megközelíthetőség is.

**A felsorolt okok miatt kijelenthetjük, hogy a terepi adatgyűjtés kis területen pontos adatokat szolgáltat, azonban nagy területek belvízviszonyainak felméréséhez nem alkalmazható.**

**c)** Nagyobb területek felmérésekor pontosabb, megbízhatóbb eredményt lehet elérni **távérzékelésen alapuló adatgyűjtési** módszerekkel. Ezek az adatok lehetnek légi-, űr-, radarfelvételek, vagy a felszínről készített háromdimenziós pontfelhő (*LIDAR*).

A *légifelvételek* vitathatatlan előnye a nagy térbeli felbontás, mely sokkal pontosabb terület-meghatározást tesz lehetővé. A belvizek kimutatásához elsősorban az infra sáv (CIR) légi felvételek a legalkalmasabbak (Licskó B.–Ditzendy A. 2003), amelyek a vízfelszínnek, illetve a különböző nedvességtartalmú talajok is jól elkülönülnek. Hátrányuk azonban, hogy a felvételezést nagymértékben befolyásolják az időjárási körülmények, a felmérésre szánt pénzügyi keret, továbbá nagy terület vizsgálata esetén a kiértékelés is több időt vesz igénybe. Kisebb spektrális felbontásuk miatt ajánlott egyidejű terepi felmérés végzése is (Rakonczai J. et al. 2003).

A belvizes területek detektálására általában nagy- és közepes felbontású multispektrális *űrfelvételeket* használnak. A nagyfelbontású felvételek (Landsat, SPOT, IRS-1C/D LISS, EO-1 ALI, IKONOS, QuickBird, stb.) segítségével általában az alábbi kategóriák vezethetők le: nyílt belvív, belvízzel átitatott talaj, nedves növényzet, természetes vizek, belvív által nem érintett területek (Csekő Á. 2003a; Rakonczai J. et al. 2003; Túri Z.–Balázs B. 2011; Mucsi L.–Henits L. 2011; Túri Z.–Szabó G. 2012). A legkisebb térképezhető belvízfolt a felvétel képpontjainak méretétől függ. Egy pixel mindig a földfelszín felvételezési egységén belüli reflektancia átlagát fogja tartalmazni. Az ennél kisebb belvízfolt is kimutatható, amennyiben környezetétől markánsan eltér, azaz száraz, nem túltelített talajjal határolt (Csekő Á. 2003b).

A kis- és közepes felbontású *űrfelvételek* (IRS-1C/D WIFS, SPOT VEGETATION, NOA AVHRR, stb.) inkább megyei vagy annál kisebb léptékű belvízfelmérésre használhatók.

Az *űrfelvételek* közös előnye, hogy egy felvétel általában nagy területet fed le, lehetővé téve nagyobb tájegységek belvív szempontú kiértékelését. Kedvező meteorológiai körülmények esetén (pl. kis felhőzettség) a képminőség egységes, szemben a légifelvételeknél fennálló vignettáció okozta különbségekkel. A széles spektrális felbontás lehetővé teszi a vízfelszínnek és átmedvesedett talajok leválogatását kihasználva sajátos spektrális tulajdonságaikat. A felvételek feldolgozására különböző (automatizált) képosztályozási módszerek állnak rendelkezésre, melyek visszamenőlegesen is elvégezhetők.

A távérzékelés fentebb felsorolt előnyeinek ellenére számos problémát vet fel:

A műholdak visszatérési ideje meghatározza az adott területről gyűjtött adatok időbeli felbontását. A folyamatosan felvételező műholdak általában heti, kétheti rendszerességgel érkeznek ugyanazon terület fölé, ami a belvízi elöntés gyors változásának nyomon követését nem teszi lehetővé. Problémát jelenthet továbbá, hogy a felvételezés ideje nem biztos, hogy az akkori legnagyobb elöntés idején történik. Vannak ugyan olyan műholdak, amelyek (néhány) napi rendszerességgel felvételeznek, vagy megrendelhető egy terület meghatározott időnkénti felvételezése, de emellett, hogy nagy pénzbeli ráfordítással járnak, fennállhat, hogy a maximális elöntés nem a megrendelt időben következik be, továbbá hogy az időjárási körülmények nem lesznek megfelelőek.

Az *űrfelvételek* alapján levezetett belvízelöntési térképek pontossága jelentős mértékben függ a felvételek térbeli felbontásától, ami a gazdaságosan hasz-

nálhatók esetében általában 20-30 méteres (SPOT, Landsat, EO-1 ALI). Ez újra felveti a korábban már említett "kevert pixelek" és legkisebb térképezhető folt problémáját.

A hiperspektrális *műholdfelvételek* alkalmazása a belvízelöntés kimutatásában napjainkig még nem terjedt el. A nemzetközi szakirodalomban is csak a különböző fajok elterjedésének (Burai, P. et al. 2010a), a vegetáció nedvességtartalmának (Clevers et al. 2010), vagy vízminőség vizsgálatához (Olmanson L.G. et al. 2013) használják. **A hiperspektrális felvételek belvíztérképezésben betöltött szerepe véleményem szerint a jövőben mindenképpen növekedni fog.**

A vizes, vizenyős területek felmérésére akár teljes felhőborítás, vagy éjszaka esetén is lehetőséget biztosítanak a mikrohullámú (radar) felvételek. A módszer a nyílt vízfelszínnek minimális érdességén és dielektromos állandóján alapszik. Reschke, J. et al. (2012) szerint az előntések felismerését több tényező is megnehezítheti, úgymint a szél okozta hullámozás, fodrozódás, vagy a növényborítás. A vízben álló növényzet kimutatása gondot jelenthet, mivel reflektanciája nem változik számottevően a vízborítás mértékével arányosan, ugyanakkor markánsan eltér a nyílt vízfelszínektől. Csekő Á. (2003a) szerint az integrált optikai-radar adatrendszer pontosabb eredményeket biztosít, a radar adatok önmagukban csak korlátozottan alkalmasak az előntések lehatárolásában, de pl. erős felhőzottság esetén lehetővé teszik a nyílt víz térbeli kiterjedésének meghatározását. Ez által az információnyerés egyik kiegészítő rendszere lehet.

A belvízhez kapcsolódó távérzékeléses adatgyűjtési módszerek között kell megemlíteni a LIDAR (*Light Detection and Ranging*) technológiát, mely rövid idő alatt nagy mennyiségű távmérési adat gyűjtésére képes. A légi lézerszkenneléssel nagysűrűségű pontfelhő áll elő a felszínről, mely klasszifikációs eljárás után elkülöníthető felület- (DSM) és magassági felszínmodellre (DTM) (Tomor T. et al. 2012). Ennek a belvíz kialakulását nagymértékben meghatározó domborzati tényező vizsgálatakor van jelentősége, hiszen minél pontosabb domborzatmodell áll rendelkezésünkre, annál pontosabban meghatározhatók a mélyebb, belvízi előntésre hajlamos területek.

Magyarországon az 1941-42. évi nagy belvízi előntések során merült fel a légi belvíztérképezés igénye. A '40-es években azonban a módszer még olyan hosszú időt vett igénybe, hogy a belvíz elvonult, mire eredmények születtek volna.

A Magyar Vízgazdálkodás 1986/8 számában arról számoltak be, hogy a légi szemrevételezés az 1950-es években fontos része volt a vízügyi munkának. Segítséget nyújtott a vízgazdálkodási művek tervezésében, az öntözés megindításáról hozott döntésekben, ellenőrzésben. A folyóirat kiadásakor az Árvíz és Belvízvédelmi Központi Szervezet keretében 3 repülőgép állt rendelkezésre a feladatok elvégzésére.

Az 1970-es években a légi felvételezést főleg a meliorációs munkálatok tervezéséhez szükséges belvíztérképezésre használták. Az első digitális légifénykép-feldolgozás 1979-ben történt Licskó B. (2012) módszertani beszámolója szerint. Az elemzés során sikeresen elkülönítették a belvizeket, az átnedvesedett talajfelszíneket, továbbá az erodált területeket.

Nagy területre kiterjedő belvíz-távérzékelési adatgyűjtés az 1999-2000 évi ár- és belvizek időszakában történt, de a Földmérési és Távérzékelési Intézetben (FÖMI) már

1998-tól megkezdődött a belvízfelmérés műholdfelvételeken alapuló módszertanának kifejlesztése. Az 1998-2002-es (Landsat, Radarsat, IRS) adatok alapján végzett operatív belvízfelmérés eredményeképpen három – kis (120 ha), közepes (3,6 ha) és nagy (0,1 ha) – felbontásban készültek térképek (Csornai G. et al. 2000). A nagy részletességű tematikus belvíztérképek nemcsak a nyílt vízfelszint, hanem a mezőgazdaság szempontjából káros, túltelített talajú területeket, illetve a vízben álló növényzetet is mutatták (Licskó B. 2009).

### 3.2.2. Belvízi veszélytérképezés

A belvízvédelmi rendszer hatékony és gazdaságos kiépítését, tervezését jelentősen megkönnyíti a terület belvíz-veszélyeztetettségi fokának ismerete. A belvízveszélyes területek térképeinek előállítására többféle módszer is született, de a módszerek tökéletesítése még napjainkban sem fejeződött be.

Megkülönböztethetünk olyan térképeket, melyek a belvizek idősoros térbeli elöntési adataiból készültek. Ezek tulajdonképpen a területek **relatív elöntési gyakoriságát** szemléltetik. Pálfai I. (1985) a relatív gyakoriság alapján 4 kategóriát különböztetett meg. Az I-es a belvízmentes területeket, a többi három a belvízesség különböző fokozatait jelentette. Az eljárást alkalmazták az Országos Vízgazdálkodási Kereterv (1985) korszerűsítésénél is, de a kategóriák számát 3-ra redukálták és egyszerűsített formában, 1:500 000 méretarányban szerepelt a mellékletek között a „Belvízjárta területek Magyarországon” címmel. Pálfai összevetette a belvíz- és árvízjárta területek elhelyezkedését, és arra is felhívta a figyelmet, hogy a belvíz a magasabb fekvésű területeken is megjelenhet – pl. a Nyírségben – ahol árvizek már nem fordulnak elő.

Belvíz-veszélyeztetettséget mutató térképek készültek a belvíz kialakulását befolyásoló tényezők térbeli megjelenésének kombinációjával is. Ezt a választott **tényezők kategória-térképeinek fedetésével** lehet elérni. Hasonló alapokon nyugszik Nagy L. (1982) módszere, aki a talajadottságokat és a talajvízviszonyokat vette számításba, ezzel átfogó képet adva a belvízhajlamos területek elhelyezkedéséről.

A módszer hátránya, hogy a sok befolyásoló tényező együttes vizsgálata bonyolulttá teheti az eredmények kiértékelését. Emiatt Pálfai I. (1994) az Alföld M=1:200 000 méretarányú belvíz-veszélyeztetettségi térképének elkészítésekor kiegészítette a módszert az 1961-1980 közötti időszakból rendelkezésre álló belvízelöntési térképek elemzésével, azaz belvíz-gyakorisági térképek szerkesztésével. Ez utóbbi volt munkájának első fázisa. A relatív gyakorisági értékeket ezután 4 kategóriára osztotta, és ábrázolásukkal létrehozta a veszélyeztetettségi térkép nyers változatát. Ezután összevetette a befolyásoló tényezők (domborzat, talajtan, földtan, talajvíz, művelési ágak, vizenyős területek, csatornák) térképeivel. A térképezés nem terjedt ki a belterületekre.

Az ország teljes területére kiterjedő belvíz-veszélyeztetettségi térképezés metodikája is a fentebb leírtak szerint alakult. Első lépésben az 1961–1980 közötti elöntési térképekből gyakorisági térképeket készítettek, majd ezeket második lépésben a befolyásoló tényezők térképeire helyezték. A térképeket a Vízügyi Igazgatóságok javaslatai alapján igazították ki (Pálfai I. 2003).

A térinformatikai módszerek fejlődésével és elterjedésével a belvízi veszélytérképezésnek is új perspektívái nyíltak. A befolyásoló tényezők digitális kategória-térképeinek előállítására adott lehetőséget. Ezek sorozatos átfedéseivel hozták létre Bíró T. és munkatársai (2001) a Bihari-sík belvíz-veszélyeztetettségi térképét. Megszerkesztéséhez a következő tényezőket vették figyelembe: *szivárgási tényező, maximális tározóképesség, konvexitás, mikrovízgyűjtők nagysága, művelési ág, talajvízszint*. A tényezők térbeli jellemzőit korreláltatták a tényleges belvívelöntések relatív gyakorisági térképeivel, melyre azért volt szükség, hogy megállapítsák a tényezők belvíz kialakító hatásának mértékét. Ez által lehetővé vált azok rangsorolása. Bíró T. et al. (2001; 2002) szerint a Bihari-síkon a belvíz kialakulása elsősorban a talajok víztározó-képességével függ össze, míg a talajvíz magas szintjével „elenyésző mértékben” hozható kapcsolatba. Munkájukban a kiváltó tényezők kategória-térképeit súlyozás nélkül alkalmazták.

Pálfai I. és szerzőtársai (2004) Csongrád megye teljes területére elkészítették a belvízképződést meghatározó tényezők kategória-térképeit (*domborzat, talaj víznyelő-képessége, földtan, talajvíz, földhasználat, hidrometeorológia – humiditási index (HUMI)*), ez által térben számszerűsítették, majd többváltozós regresszió analízissel meghatározták a tényezők „súlyait” is. Ezeket felhasználva megalkották a **Komplex Belvíz-veszélyeztetettségi Mutatót** (továbbiakban *KBM*), melynek számítása a következő képlet alapján történt (Pálfai I. et al. 2004):

$$KBM = (1,60 - 0,007 \text{ talajvíz} - 0,15 \text{ talaj} - 0,025 \text{ relief} - 0,17 \text{ földhasználat} - 0,04 \text{ földtan}) \times 5 \times HUMI$$

A képlet alapján a belvízképződésben legnagyobb súllyal a földhasználat és a talajtani adottságok szerepelnek, legkisebb szerepet pedig a talajvíz szintjének változása jelenti. Tóth K. és társai (2004) a talajtani adottságok mellett a domborzati tényező szerepét emelték ki Karcag környékén végzett kutatásaik során.

Pásztor L. és társai (2006) Csongrád és Békés megyék területére készítették el a KBM-n alapuló belvíz-veszélyeztetettségi térkép új változatát, melyben a talajtani tényező mértékét a víznyelő-képesség helyett a *vízvezető-képességgel*, mint numerikus mérőszámmal helyettesítették. Bozán Cs. és társai (2008a) szintén ezt a mutatót választották, mert szerintük a talajok belvíz-érzékenységet jobban reprezentálja, mivel a víznyelő-képesség nem veszi figyelembe a talajok kiinduló nedvességtartalmát, ami befolyásolja a beszivárgási kapacitást. Ha a talaj már eleve vízzel telített, vagy fagyott, még kedvező szerkezet és mechanika esetén sem tudja elnyelni a csapadéktöbbletet. A vízáteresztés sebessége viszont idővel állandósul, és közelít a telített (kétfázisú) talajállapot vízvezető-képességéhez, így ez a mennyiség alkalmasabb a belvíz-érzékenység jellemzésére. A belvíz-veszélyeztetettségi térképet a már ismertetett metódus (Bozán, Cs. et al. 2008b; 2008c; Körösparti J. et al. 2009; Körösparti J.–Bozán Cs. 2011; Takács K. et al. 2014) alapján szerkesztették meg, először a Békés-Csanádi löszhát területére, majd később kiterjesztve a Dél-Alföld három megyéjére (Bács-Kiskun, Csongrád, Békés megye), és Hajdú-Bihar, továbbá Szabolcs-Szatmár-Bereg megye területére.

A KBM-val történő veszélytérképezés napjainkra egy elfogadott módszeré vált. A belvizek megjelenését befolyásoló tényezők térbeli mintázatát veszi

alapul és statisztikai eljárásokkal kombinálja. Az adatokat összevetik az előntés-gyakorisági térképekkel. Ezeknek a fejlesztése a bemeneti adatoknak a pontosságával lehetséges.

A belvíztérképezés új megközelítése a *mesterséges neurális hálózatok* (ANN – Artificial Neural Network) alkalmazása (van Leeuwen B. et al. 2008; 2012; van Leeuwen B. 2012; Szatmári J. et al. 2011a). A módszer előnye, hogy független az adatok statisztikai eloszlásától. Lehetővé teszi nagymennyiségű GIS adathalmazok integrációját. Ezen belül nincs szükség a faktorok súlyozására, továbbá képes kezelni az adatok belső bizonytalanságát. A módszer eredményessége a bemeneti adatok típusától (mit reprezentál) és mennyiségétől is függ. A neurális hálózatok körültekintő alkalmazása ennek ellenére nagy pontosságú térképezést tesz lehetővé.

**A belvízi adatgyűjtés és térképezés különböző módszereit áttekintve érzékelhető, hogy a korszerű és objektív vizsgálatok alapját a távérzékelés nyújtotta lehetőségek biztosítják leginkább. A távérzékeléssel gyűjtött adatok minőségétől és kiértékelésétől függően lokális, vagy országos léptékű előntés-térképek készíthetők.**

A magyar (Rakonczai J. et al. 2001, 2003; Kovács F. 2011), és a nemzetközi szakirodalom (Gao, B.C. 1996; deAlwis et al. 2007; Clevers et al. 2010; Zhao, X. et al. 2011; Borro et al. 2014; Rokni, K. et al. 2014;) alkalmazza a multispektrális felvételek különböző módszerekkel történő feldolgozását vízfelszínnek időbeli változásának nyomon követésére, a vízzel telített talajok kimutatására, vagy akár a növényzet nedvességtartalmának meghatározására.

Az ún. **egysatornás módszer** egy spektrális sáv alapján határozza meg adott felszínborítás kiterjedését (Rundquist, D. et al, 1987), ami a kategória nagyfokú alul, vagy felülbecslését eredményezheti. A **többsatornás módszerek** pontosabb lehatárolást biztosítanak, mivel kihasználják a felszínnek egyes spektrális sávokban tapasztalható eltérő reflektív tulajdonságait. Belvizek lehatárolására általában ellenőrzött osztályba sorolást alkalmaznak, amelyek választott döntési szabály szerint (pl. legkisebb távolság, vagy legnagyobb valószínűség) sorolják be a pixeleket a megfelelő kategóriákba (Rakonczai J. et al. 2001, 2003). Van Leeuwen B. és munkatársai (2012) 65-70% közötti teljes pontosságot (*Overall Accuracy*) értek el ellenőrzött klasszifikációval.

**Kutatásaim során a multispektrális felvételek interpretációjánál az ellenőrzött osztályozást alkalmaztam, azonban pontosságát nem tartottam elég hatékonynak** (Balázs B. 2010).

Abban az esetben, ha a felbontásnál nagyobb léptékben változik a felszínborítás, ezzel együtt pedig a reflektancia, akkor spektrálisan kevert pixelek jönnek létre, amelyekből az információ kinyerése a hagyományos képosztályozási eljárásokkal nem lehetséges. Adams, J.B. et al. (1995), Mucsi L. (2009) és Csendes B. (2010) ezt a problémát a **szubpixel alapú osztályozással** oldották meg. A módszerrel a képelemeken belüli fő (spektrálisan homogén) felszínborítási típusok, ún. szélsőpontok területi arányát határozták meg. Ezt az arányt Sabol, D.E. et al. (1992) spektrális szétválasztási vizsgálattal (*SMA–Spectral Mixture Analysis*) szá-

molták ki. Mucsi L. és Henits L. (2011) ennek továbbfejlesztett változatát, a lineáris spektrális szétválogatást (*LSMA – Linear Spectral Mixture Analysis*) alkalmazták egy DK-alföldi mintaterület belvízelöntési térképének elkészítésekor.

Az eddig ismertetett módszerek spektrális tulajdonságok alapján különítik el az egyes felszínborítási típusokat, pixel szinten működnek, ignorálják a szomszédos képpontok jellemzőit. Az **objektum alapú megközelítéssel** hazai és nemzetközi kutatók (Cserhalmi D. 2009; Dronova, I. et al. 2011; Liu, G. et al. 2014) is foglalkoztak. Ez a módszer nemcsak az egyedi képelemek reflektancia értékeit, hanem a formákat, valamint a pixelek közötti kapcsolatot, kontextust is figyelembe veszi. Az ilyen feldolgozás pontossága széles intervallumon belül változik, ~70-98% (Csató É.–Kristóf D. 2002; Frohn, R.C. et al. 2009).

A felszínen végbemenő folyamatok vizsgálatához már legalább 3 évtizede használnak különböző **radiometriai mérőszámokat**, indexeket, amelyek két, vagy több spektrális csatorna értékeivel végzett matematikai műveletek eredményei. Elvük az, hogy kontrasztossá teszik a felszín reflektancia különbségeit, így – az alkalmazott spektrális csatornáktól függően – egyes felszínborítási típusok intenzíven, mások kevésbé intenzíven jelennek meg.

Az egyik talán legismertebb index az NDVI, amelynek a mintájára alkották meg a felszínen megjelenő víz (beleértve a növényzet és a talajok nedvességtartalmát is) kimutatására az ún. **NDWI (Normalized Difference Water Index)** mutatót. Hasonlóan az NDVI-hez, két spektrális csatorna normalizált különbségét számítjuk, és az index értéke  $-1$  és  $+1$  között változhat. Az NDWI-nek számos változata létezik attól függően, mely két spektrális sáv szerepel a képletben. Az alapokat McFeeters, S. K. (1996) és Gao B.C. (1996) fektette le, és publikálta ugyanabban az évben, de eltérő csatornakombinációval. A különbség oka az volt, hogy míg Gao a növényzet nedvességtartalmát, addig McFeeters a nyílt vízfelszínek leválogatását tűzte ki célul.

Gao, B.C. (1996) képletében a közeli (NIR) és a közepes (MIR) infra tartományok szerepelnek. A vegetáció nedvességtartalmára irányuló vizsgálatait azt mutatták, hogy ha száraz a növényzet, valamivel kisebb, mint nulla ( $NDWI_{Gao} = -0,056$ ), míg nagyobb nedvességtartalom esetén nullához közeli, de pozitív ( $NDWI_{Gao} = 0,064$ ) értékek jellemzőek. 500 nedves és 130 száraz talajminta alapján megállapította, hogy a talajok (néhány mintától eltekintve)  $NDWI_{Gao}$ -je a negatív tartományba esik, de a növényborítás növekedésével egyenes arányban nő az  $NDWI_{Gao}$  is.

Gao képletét alkalmazta deAlwis, D.A. és munkatársai (2007) a szaturált (vízzel telített) talajok lehatárolására. Vizsgálataik alapját majdnem egy éves periódust lefedő (2000. január – 2001. október) Landsat 7 ETM+ felvétel-sorozat adta. Az NDWI értékeket minden időpontra (7 db) meghatározták felszínborítási kategóriánként, majd ISODATA – nem ellenőrzött – klasszifikációval 2-3 alcsoportot hoztak létre a víztartalom (NDWI érték) függvényében. Eredményeiket terepi mérésekkel validálták, amely során a vízzel telített területek felülbecslését tapasztalták a rét-legelők rovására, viszont annak alulbecslését a lomblevelű és cserje kategóriákkal szemben.



A módszer pontossága NDWI változattól, vizsgált területtől, a felvett készítő műhold sávbeosztásától és természetesen a vizet elkülönítő határérték megválasztásától függően, ~80-99% között változik (Xu, H. 2006; Li, W. et al. 2013; Rokni, K. et al. 2014).

Nemzetközi viszonylatban az NDWI (különböző változatai) a felszíni víz vizsgálatának már egy meghatározó és bevált eszköze. **Ezen okok miatt is döntötünk a távérzékeléses adatok index alapú feldolgozása mellett, továbbá úgy gondoljuk, hazai viszonylatban gyors és hatékony módszere lehet a belvíz (vagy árvíz) által elöntött, vagy veszélyeztetett területek térképezésének.**

### **3.3. Tudományos munkák a belvizek témaköréből**

A belvíz kérdéskörével lényegében már az ármentesítési munkákkal párhuzamosan, a XIX. század közepén foglalkoztak. Vámosi S. (2002) szerint az 1871. évi XXXIX. törvény tudományos megalapozottságot adott a belvizek elvezetését illetően. A törvényben azonban csak annyi szerepelt, hogy az ármentesítő társulatok feladatkörükbe vonhatják a belvizes területek mentesítését is, továbbá rögzítették, hogy munkálataikkal ne akadályozzák a vizek befogadóba történő lefolyását.

Az ár- és belvízvédelemmel kapcsolatos szakcikk, tudományos munkák az 1800-as évek végétől kezdődően láttak napvilágot például az 1880-tól megjelenő Vízügyi Közleményekben. A tanulmányok tartalma rendkívül változatos volt, előfordultak vízfolyások szabályozásával, ill. hatásaival kapcsolatos munkák (Kovács S. A. 1890; Kvassay J. 1902), vagy vízgazdálkodási témájú külföldi tanulmányok beszámolóit is (Jancsó J. 1894).

A belvízrendezés másfél évszázada alatt a tudományos kutatások, ahogyan a vízrendezési munkálatok is, a hidrológiai viszonyok változásával összhangban, hol intenzívebbek, hol visszafogottabbak voltak. Többségük fő mozgatórugója a belvíz-elvezető rendszerek tervezésével kapcsolatos tényezők vizsgálata volt. A hálózat méretezését az adott területről levezetendő vízhozam határozza meg, melyet **mértékadó belvízhozamnak** nevezünk. Nagysága befolyásolja a vízrendezési művek létesítési és fenntartási költségeit is. Ezen okok miatt számítási módszerének meghatározása a belvízrendezés kezdetétől fogva foglalkoztatja a szakembereket. Egzakt megoldás a mai napig nem született, nagy a bizonytalanság, melynek következtében gyakori problémát okoz a rendszerek alul-, vagy túlméretezése.

A mértékadó belvízhozam alatt kezdetben a lehullott legnagyobb csapadéknak a beszivárgás és párolgás után fennmaradó hányadát értették (Faragó L. 1889), ami az 1950-es évekig alkalmazásban maradt más eljárások mellett.

A XX. század küszöbén már születtek egyszerű méretezési táblázatok, melyek a fajlagos vízelvezető-képességet a magassági viszonyok és a vízgyűjtő kiterjedésének függvényében adták meg (Bogdánfy Ö. 1906). Korbély J. (1915) külföldi szakirodalmakat felhasználva bemutatta a csapadékosság, összegyülekezés törvényszerűségeit, valamint felhívta a figyelmet arra, hogy a lefolyási tényező korábbi meghatározási módszereinél hiányzik a vízgyűjtő esésének figyelembe vétele. Számításait viszont síkvidéki vízgyűjtőre nem alkalmazta. Kenessey B. (1930)

folytatta a számítási eljárás kifejlesztését, szintén külföldi irodalmakra támaszkodva.

Németh E. (1934) a levezetendő legnagyobb vízmennyiség meghatározásával kapcsolatban az olasz kutatók álláspontját és eredményeit mutatta be. Munkájában a lehullott csapadék és a lefolyás kapcsolatának keresésében három alapvető tényezőt (csapadékviszonyok, lefolyási tényező, a víz lefolyásakor fellépő törvényszerűségek) sorakoztatott fel. A csapadékviszonyok leírására évi, vagy havi átlagértékek helyett klimatikus valószínűségi függvény használatát javasolta. A lefolyási tényező számítását több olasz kutató vizsgálatai alapján mutatta be, melyek minden hónapra meghatározták annak értékét. A tényező klimatikus függvényekkel történő kombinálása után lehetővé vált a vízgyűjtő egyedi (klimatikus és lefolyási) tulajdonságainak leírása. A mederben fellépő törvényszerűségek vizsgálatánál felhívta a figyelmet a tározás fontosságára. Ez azt jelenti, hogy a csatornába adott időpontban érkező vízmennyiségnek csak bizonyos hányada folyik tovább, a fennmaradó része a vízszint megemelését fogja eredményezni. Németh a felsorakoztatott eljárásokból hiányolta a vízgyűjtő alakjának figyelembevételét.

Az 1940-42. évi belvizes időszak alatt felélénkült a belvízzel kapcsolatos kutatás. A végzett belvízhozam-mérések lehetővé tették többek között, hogy valós mérésekkel határozzák meg a vízgyűjtőre jellemző összegyülekezési időt és lefolyási tényezőt (Bogárdi J. 1944; Babos Z. 1957). A belvízhozam számítása azonban csak a csapadék-eredetű mennyiségekre terjedt ki.

Az évszázad legnagyobb területet borító belvize újra felvetette a belvízrendszerek méretezésének, gazdaságosságának kérdését. György I. (1941) tanulmányában a korabeli belvízmentesítés műszaki hátterének fejlesztésére hívta fel a figyelmet okulva az 1940-ben keletkezett vízkárokból, melyek 96%-át belvizek okozták.

Bauer S. (1941) definiálta, és megkülönböztette a közvetlen csapadékból, a magasabb területről odafolyó, valamint a felszínre törő szivárgó vizekből származó belvizeket. Véleménye szerint meg kellett fontolni a belvízlevezetőrendszerek teljesítőképességének növelését, továbbá különböző megoldási javaslatokat tett az „*állandóan növekvő súlyos baj*” megoldására:

- a rétgazdálkodás visszaállítása
- a csatornahálózat és szivattyútelepek számának növelése
- csatornák esésének növelése
- közbeeső vízvezetés a rendszer tehermentesítése céljából
- övcsatornák építése
- skatulyázás (vízviszartartás gátakkal körülvett szikes legelőkön).

Az 1945-52-es arid évek felélénkítették az érdeklődést a vízháztartási vizsgálatok, a tározási kérdések, a belvíz-hasznosítás lehetőségei és új megközelítésben a gazdaságossági kritériumok iránt (Szigyártó Z. 1953; Trummer Á. 1954).

A vízügy szervezetének 1953-as újjászületése, a hazai vízgazdálkodás eredményességét is növelte. A kutatók igyekeztek az eddigi belvízhozam-meghatározási módszereket továbbfejleszteni. A számításokat kiterjesztették a talajvízből származó, a töltésen átszivárgó és a felfakadó vizekre is. Az 1954-es

Országos Kerettervázat kapcsán elvégezték Magyarország területének vízgyűjtők szerinti felosztását is.

Salamin P. (1956) kidolgozta a hóolvadásból származó vízhozam meghatározásának módszerét, ami a hóréteg térfogatsúly-változásán alapult. A keletkező hólé mennyiségét hő- és vízháztartási vizsgálatokkal közelítették.

Szesztay K. (1956) szerint az egyes belvízöblözetekre vonatkozó lefolyási vizsgálatokat nem célszerű szétválasztani az eső és a hóolvadásból származó mennyiségek szerint, mert a belvízhullámok többsége vegyes összetételű. A peresi belvízöblözet példáján bemutatott számításában figyelembe veszi a felszíni talajréteg nedvességi állapotát is, melyet a „talaj víztartalmi mutatószámával” jellemez.

1965-66-ban jelentősen megnőtt a belvízzel borított területek aránya. A Nyírség területén ezt tekintették irányadónak a belvízművek méretezésekor (Szeifert Gy. 1965).

Kienitz G. (1968) rendszerszemléletű munkájában a belvíz hidrológiai folyamatát elemzi, egy olyan rendszernek tekinti, mely betáplálással, tározódással és kifolyással rendelkezik. Négy összegyülekezési fázist különböztet meg. Első fázisban a terep mikro-depresszióiban tócsák gyűlnek össze, melyek a második fázisban a felszín nagyobb kiterjedésű és magasságkülönbségű mélyedéseiben belvízfoltot képeznek. A harmadik fázisban a vízfelület növekedése a foltok összekapcsolódását, folt-láncok kialakulását eredményezi. Kienitz szerint, ha a lánc végén az elfolyás nem biztosított, akkor a folyamat megszakad, és a folt eltűnése csak a beszivárgás és a párolgás függvénye lesz. Az ilyen kiépítetlen területeket háromfázisú összegyülekezésűnek nevezte. Az utolsó, negyedik fázis abban az esetben következik be, ha a láncokból csatornába távozhat a vízmennyiség. Az egyes szakaszokat a belvízmennyiség- és az elfolyási-függvényekkel is leírta.

Az 1970-es években újabb módszerek terjedtek el, amelyekben matematikai modelleket és programokat (EXPRE, DRAINAGE) használtak a belvízhozam becslésére. Gyakorlatban való elterjedésüket megakadályozta túlzott adatigényük, és néhány részlet kidolgozatlansága.

További vizsgálatok (Kienitz G. 1974; Hartyányi L. 1974) születtek az öntözés, levezetőhálózat-sűrítés belvízhozamra gyakorolt hatásáról. Továbbá Ravasz T. (1976) új módszert fejlesztett ki a talajban történő tározás meghatározásához, mely a Kreybig-féle talajtérképeken és a terület agrotechnikai-agronómiai tulajdonságain alapszik. Egy szántóföldi táblát választott önálló vízgazdálkodási egységnek. A vízgazdálkodási, talajtani tulajdonságait homogénnek tekintette, így annak lefolyási viszonyait is.

A '70-es évek második felében inverz módon Oroszlány I. (1978) a mért lefolyási adatokból próbálta meghatározni a belvízhozamot, azaz a vízgyűjtőn összegyülekező, levezetendő vízmennyiséget.

Az 1980-as évekre előtérbe került az üzemi vízrendezéssel kapcsolatos tervezés, azonban a rendszer teljesítőképességére vonatkozóan egyre nagyobb lett a bizonytalanság. A VIZITERV Vízügyi Szabványosítási és Egységesítési Központja egy műszaki irányelv megvalósítását tűzte ki célul. Az irányelv tervezetében 7 számítási módszerben egyeztek meg, amelyet Pálfai I. (1986b) a Körtvélyes-

Kakasszéki belvízöblözet területén tesztelt. A központ Pálfai véleményét figyelembe véve az alábbi három módszer használatában állapodott meg:

- a becsléses,
- az összegyülekezési elméleten alapuló és
- a belvízrendszerek tapasztalati vízszállítását felhasználó módszer

Gauzer B. (1990) a hóolvadás folyamatának modellezésével foglalkozott, mely a lefolyás, a tavaszi ár- és belvizek előrejelzésében is fontos szerepet játszik. Megállapítása szerint az alkalmazott hőmérséklet-index modell kielégítően leírja a folyamatot.

A belvíz kialakulásában meghatározó szerepet játszanak a **talajtani tényezők**. A talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak, anyagforgalmi típusainak, vízraktározó képességének meghatározását Várallyay Gy. és munkatársai 1979-1980-ban az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetében kezdték el. Vizsgálataik eredményeképpen a talajokat 9 vízgazdálkodási kategóriába osztották.

A következő paramétereket határozták meg minden kategóriára:

- szabadföldi vízkapacitás ( $VK_{sz}$ )
- holtvíztartalom (HV)
- hasznosítható vízkészlet (DV)
- víznyelési sebesség (IR)
- vízzel telített talaj hidraulikus vezetőképessége (K)

A vízgazdálkodási tulajdonság az 1-5 kategóriák esetében a fizikai talajféleségtől, a szerkezeti állapottól és a tömődöttségtől függ, ezért a fentebb felsoroltakon kívül meghatározták a fizikai talajféleséget jellemző paramétereket is (mechanikai összetétel;  $K_A$ ;  $hy_1$ ).

Várallyay és társai (1980) munkájukban összefoglalták az egyes kategóriák jellemző talajszelvényeinek rétegenkénti hidrofizikai sajátosságait is. Az elkülönített vízgazdálkodási típusokat  $M=1:100\ 000$  méretarányú térképen ábrázolták, amelyen a legkisebb lehatárolt terület nagysága 100 hektár.

1985-ben Várallyay vezetésével kidolgozták (Várallyay Gy. 1985) a talajok vízháztartási és anyagforgalmi típusainak kategóriarendszerét is, mely  $M=1:500\ 000$  méretarányú térképeken került ábrázolásra. 11 vízháztartási típust különböztettek meg a talaj vízmérlegének és az azt befolyásoló tényezők talajképződési és –degradációs hatásainak figyelembevételével. A talajban végbemenő anyag- és energiaforgalmi folyamatok szerint 13 anyagforgalmi típust hoztak létre.

1985-től megjelentek az Agrotopográfiai térképek nyomtatott változatai, majd 1991-ben elkészült Magyarország digitális AGROTOPO Adatbázisa  $M=1:100\ 000$ -es méretarányban.

Az EU elvárásokat is figyelembe véve már az ezredfordulót megelőzően megkezdődött a nagyléptékű, térinformatikai alapokon nyugvó talajtani adatbázis (DKTIR) kialakítása (Szabó J. et al. 2000), amelyet az 1:25 000-es méretarányú Kreybig-féle Átnézetes Talajismereti Térképsorozat felhasználásával készítettek.

Bozán Cs. és társai (2008a) a belvíz talajtani összefüggéseivel foglalkozó munkájukban többek között a DKTIR adatbázisát felhasználva próbálták a belvíz-

érzékenységet kimutatni. A Kreybig-féle térképeken szereplő, fizikai talajféleség alapján meghatározott 11 csoport és a Várallyay-féle vízgazdálkodási típusok összevetésével becsülni tudták a DKTIR térképi talajfoltjainak víznyelési sebességét. A mennyiség felhasználását azonban nem tartották elég hatékornak, mivel a víznyelési sebesség nem tükrözi a talajok kiindulási nedvességtartalmát. A belvízveszélyeztetettség talajtani indikátorának ezért a talajok vízvezető-képességét használták.

## 4. Anyag és módszer

A belvíz térbeli, időbeli, mennyiségi és minőségi jellemzéséhez szükséges adatbázisok előállítására különböző adatgyűjtési technikák, feldolgozási módszerek állnak rendelkezésre. Azonban tér- és időbeni felbontásukat, megbízhatóságukat tekintve igen eltérőek lehetnek. Ez megkívánja az adatok következetes felhasználását, elemzését és az eredmények konzekvens értékelését.

A továbbiakban a kutatás során alkalmazott adatgyűjtési technikákat és azok kiértékelésének módszereit mutatjuk be. Ezen túlmenően igyekeztünk hangsúlyozni az adatbázisok és módszerek előnyeit, illetve hátrányait is.

### 4.1. Terepi adatgyűjtés

A terepi vizsgálatok, felmérések fontossága a belvízkutatás szempontjából sem vitatható. A megfelelő terepismeret segíti a belvíz kialakulását befolyásoló természeti és antropogén tényezők helyi sajátosságainak feltárását, amelyek más, közvetett módszerekkel nem mutathatók ki. Egzakt lehetőséget biztosít a belvíz térbeli kiterjedésének felmérésére is.

A terepen végezhető méréseknek azonban vannak korlátai is. A mintaterületek rendszeres felkeresése rendkívül költséges és időigényes. Ha az anyagi források rendelkezésre is állnak, az időtényező további problémát jelent. A belvízfelmérés szempontjából nagyon fontos az időbeliség. Nagy területek bejárására van szükség viszonylag rövid idő alatt, erre azonban nincs lehetőség. Az időjárási körülményektől függően akár napszakonként is változik a belvízfoltok kiterjedése. Az Alföld alacsony reliefű vidékén pár centiméteres vízmélység csökkenés, vagy növekedés több négyzetméteres változásokat eredményezhet. Ennek nyomon követése terepi felméréssel nem kivitelezhető.

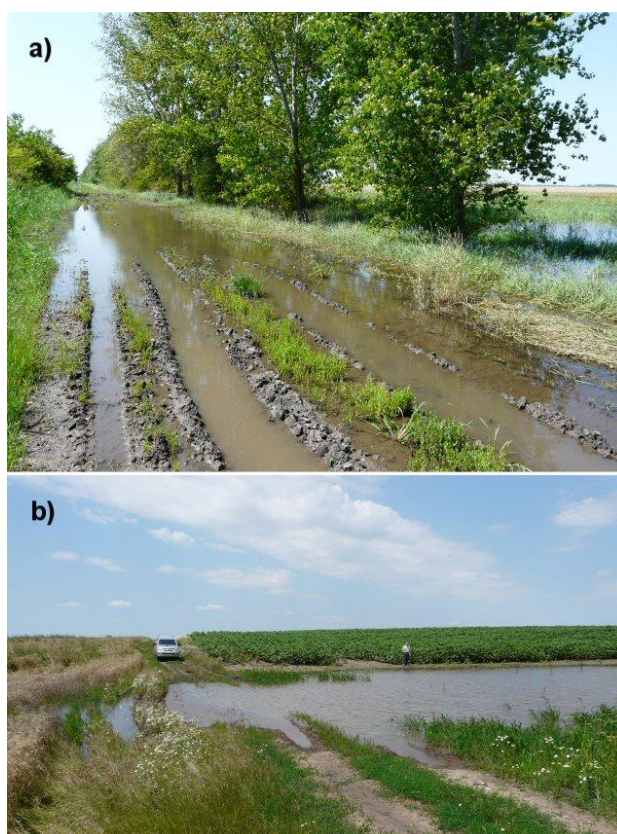
A belvízfoltok felmérésekor a mérést végző szubjektívitasán múlik, hogy a foltok határait hol húzza meg. A foltok körüli vízzel telített feltalajt is, vagy csak a vízfelületet tekintette a felmérés alapjául. Ez a tény újabb hibával terheli a terepi mérést. A foltok körüli vízzel telített talaj egyébként a körüljárását rendkívüli módon megnehezítheti (4. ábra).

A terepi adatgyűjtést tovább hátráltatja, hogy nem minden belvízfolt megközelíthető. A belvizes területek gyakran mezőgazdasági művelés alatt álló parcellákon jelentkeznek, így felmérésüket a természetett kultúra is akadályozhatja. Ezen kívül a szántóföldek közötti földutak állapotát kell megemlíteni, amelyek a vízborítás miatt járhatatlanná válnak (5. ábra). A megközelíthetőség kérdésköréhez tartozik az is, hogy nem minden tulajdonos járul hozzá a felméréshez.

A terepen végzett mérések a felsorolt nehézségek ellenére biztosítani tudják a mintaterületek, és a vizsgált folyamatok közvetlen, empirikus megismerését, emiatt ez az adatgyűjtési módszer nem kerülhető meg.



4. ábra A belvízfolt körüljárását akadályozza a vízzel telített talajfelszín Kisújszállás határában (saját fotó, 2010. április)



5. ábra Belvízzel borított, járhatatlan földutak (saját fotó, 2010. június)

#### 4.1.1. Terepbejárás

Ahogy már említettük, a terepbejárás a mintaterületek megismerését, az ott végbemenő folyamatok holisztikus szemléletű vizsgálatát segíti elő.

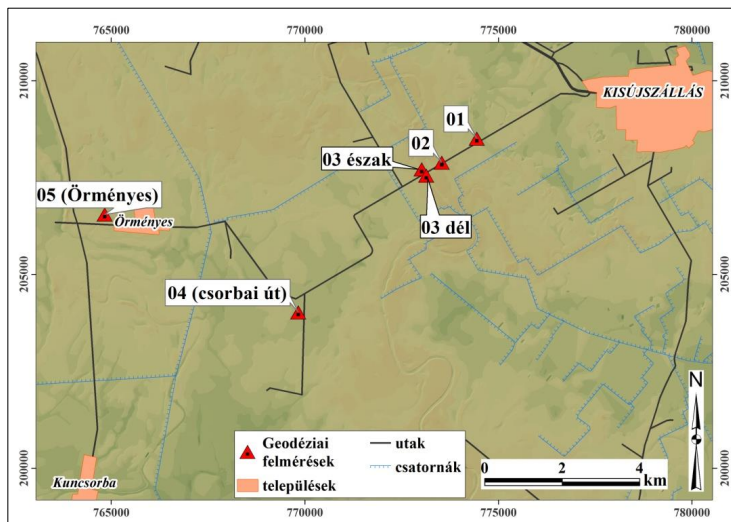
A csapadékosabb időszakok lehetővé tették, hogy a terepbejárások alkalmával GPS segítségével felmérést végezhessünk, illetve fényképes anyagot gyűjtünk nemcsak a vízborításról, hanem a csatornák állapotáról is.

A mintaterületek nagy kiterjedése indokoltá tette kisebb területrészek kiválasztását alaposabb felmérés céljából. Ezek kijelölése szintén terepi bejárások alkalmával történt. Tipizáltuk a mintaterületeken előforduló belvizes területeket, és arra törekedtünk, hogy minden típusról készüljön terepi felmérés.

A GPS-szel felmért belvízfoltok határpontjainak koordinátáit Global Mapper és ArcGIS környezetben dolgoztuk fel. Az adatokból pedig föltérképet szerkesztettünk. Ezek a területek később referenciaként szolgáltak a távérzékeléses adatok kiértékeléséhez, továbbá alapot biztosítottak egy-egy belvízfolt jellemzéséhez.

#### 4.1.2. A belvízfoltok geodéziai felmérése

Az alföldi tájak lefolyási viszonyait a mikrodomborzati viszonyok határozzák meg. Ezért fontosnak tartottunk olyan méréseket végezni, amelyek kimutatják a felszín kisebb szintkülönbségeit is. A mintaterületek közül a Szolnok–Túrisíkon végeztünk ilyen geodéziai méréseket 2010 júliusában, Kisújszállástól délnyugatra, 5 helyszínen (6. ábra). Ezek a belvízfoltok különböző típusúak voltak.



6. ábra A Szolnok–Túrisíkonon végzett geodéziai felmérések helyszínei

A területek eleget tettek követelményeinknek, valamint annak, hogy különböző – a geomorfológia által meghatározott – belvízfolt-típusokat is felmérhessünk. A magassági viszonyok felmérését optikai szintezővel végeztük. A szintezés



mellett a belvízfoltokban található víz akkori mélységét is mértük. 5 helyszínen összesen több mint 700 pontot mértünk fel.

A felmért adatokat táblázatos formában rendszereztük (MS Excel), és ArcGIS környezetben történt meg további feldolgozásuk. A felmérés és a topográfiai térképek magasságadatai alapján pontsűrítést végeztünk (pl. utak, árkok mentén) a részletesebb domborzatmodell előállítására céljából. Az interpolációt és a keresztmetszeti szelvényeket szintén ArcGIS-ben hoztuk létre. A modellek 0,5 és 1 méteres felbontásban, Radial Basis Function interpolációs eljárással készültek egy kivétellel (04-csorbai út), amely esetében a „simple kriging” módszer pontosabbnak bizonyult (2. táblázat).

2. táblázat A geodéziai felmérésekből származtatott DDM-ek adatai

Helyszín	DDM felbontása	Interpoláció típusa	RMS
<b>01</b>	0,5 m	RBF	0,014
<b>02</b>	0,5 m	RBF	0,17
<b>03 észak</b>	1 m	RBF	0,27
<b>03 dél</b>	1 m	RBF	0,24
<b>04 (csorbai út)</b>	1 m	simple kriging	0,149
<b>05 (Örményes)</b>	1 m	RBF	0,111

*RBF = Radial Basis Function*

A belvizes területek mikrodomborzatának térképezésekor kulcsfontosságú, hogy minél nagyobb területet minél pontosabban tudjunk felmérni. A felmérés pontosságának és a domborzat változatosságának függvényében különböző mértékű hibával kell számolni. Adott mérési pontosság mellett, ugyanakkora vertikális irányú hiba egy kis reliefű területen sokkal nagyobb kiterjedésben jelentkezik, mint egy meredekebb lejtőkkel jellemezhető felszínen.

Napjainkban már lehetőségünk van akár valós idejű, deciméteres pontosságú abszolút koordináták felmérésére is, ami kiválthatja a hagyományos optikai szintezésen alapuló domborzati térképezést. A technika idő és humán erőforrás takarékosabb ugyan, de a terepviszonyok ebben az esetben is jelentős akadályt jelenthetnek. Belvíz-felmérés esetében például a vízzel telített talaj képlékenysége miatt több decimétert is süllyedhetünk a talajba, vagy a sűrű nádas meggátolhatja a terület felmérését. Ha ezek a hátráltató tényezők nem állnak fent, akkor sem tudunk több 10 hektáros területet felmérni egy terepi kiszállással. A felvetett problémákat fotogrammetriai úton nagyrészt meg lehet kerülni.

A légifotó-sorozat készítésére alkalmas ún. UAV eszközök (Unmanned Aerial Vehicle, azaz pilóta nélküli légi jármű), vagy drónok akár nagy terület felmérésére is alkalmasak, és az egymást átfedő felvételekből nagy pontosságú felszínmodellt lehet előállítani.

A domborzat-térképezés optimális módszerének vizsgálata céljából egy kiválasztott belvízfoltot (Kisújszállástól DNY-ra, egy elhagyott folyómeder, amelyet az út kettévág) felmértünk nagy pontosságú GPS-szel (Trimble S9). Ennek keretében több mint 820 pont magasságát határoztuk meg centiméteres pontossággal. Ugyanezt a területet DJI Phantom-ra szerelt kamera segítségével is felvételez-

tük a GPS méréssel egy időpontban, 2013. március 26-án. A felmért terület valamivel meghaladta a 30 hektárt. Az utóbbi módszer tematikailag ugyan a távérzékelés adatgyűjtéshez tartozik, de technikailag terepi mérésnek is tekinthető.

A Trimble S9 GPS-szel mért adatok feldolgozását ArcGIS-ben végeztük. A felmérés során figyeltünk arra, hogy a hosszan elnyúló, kis szintkülönbségekkel jellemezhető felszínen ritkábban, keresztben, ahol a változékonyság nagyobb, ott gyakrabban mérjük a pontok koordinátáit. A pontokból 1 méter felbontású DDM-et készítettünk.

A drónnal készített felvételek területén 20 db azonosítási pont (GCP) koordinátáit is meghatároztuk GPS segítségével, majd Agisoft Photo Scan szoftverkörnyezetben felszínmodell (továbbiakban DTM) állítottunk elő. Ennek a felbontása 0,5 méter. A terület ortofotó-mozaikján nagyon jól kivehető a víz levezetéséhez ásott árok is.

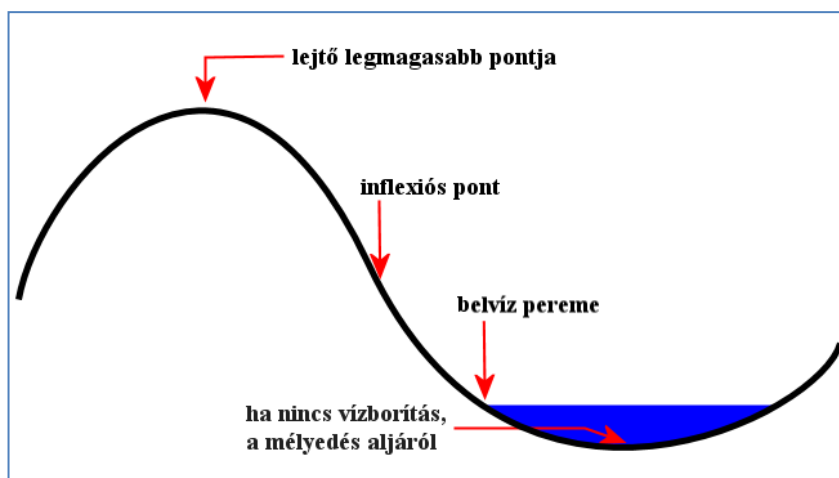
A korábbi terepi mérések adatait és a drónos mérés eredményeit összehasonlítottuk azzal a céllal, hogy a mikrodomborzat felmérésének leggyorsabb, legpontosabb és egyben költséghatékony módszerét meghatározzuk.

#### **4.1.3. Terepi talajmintavétel és laboratóriumi feldolgozás**

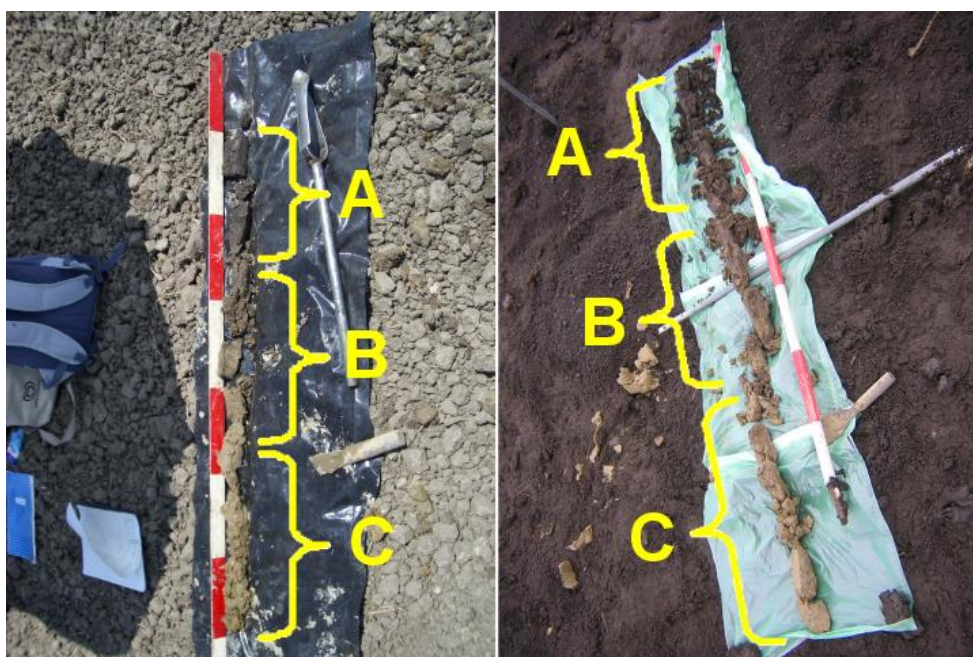
A geodéziai mérések mellett talajmintavételt is végeztünk azzal a céllal, hogy a belvizes területekről talajtani, rétegtani és szedimentológiai adatokat nyerjünk. A fúrásokhoz egységesen Eijkelkamp típusú kézi fúrót használtuk. A fúró előnye, hogy zavartalan talajminta megvételét teszi lehetővé, megállapíthatók vele a talaj genetikai talajszintjei, fúrásszelvény készíthető (MONTABIO projekt, 2009).

A talajmintavétel helyeinek kiválasztásánál arra törekedtünk, hogy a terep legmélyebb pontján, a lejtő közepén és a legmagasabb pontján is végezzünk mintavételezést. Abban az esetben, ha a mélyedést belvíz borította, akkor a vízperem jelentette az alsó mintavételi pontot (7. ábra). A fúrásminák elemzésének eredményei lehetőséget nyújtottak annak a megvizsgálására, hogy van-e számottevő különbség a különböző magassági szintekben a talaj fizikai féleségében, rétegeiben. A fúrásokat a talajvíz szintjéig mélyítettük. Ezek a mélységi adatok lehetőséget adtak arra, hogy a felépített hidrológiai adatbázis adatsorával összevessük.

A talajmintákat rétegszintenként átlagolva gyűjtöttük be (8. ábra), továbbá megmintáztuk azokat a mélységközöket is, amelyeknél a vizsgált talajtulajdonosságok szemmel látható változását tapasztaltuk.

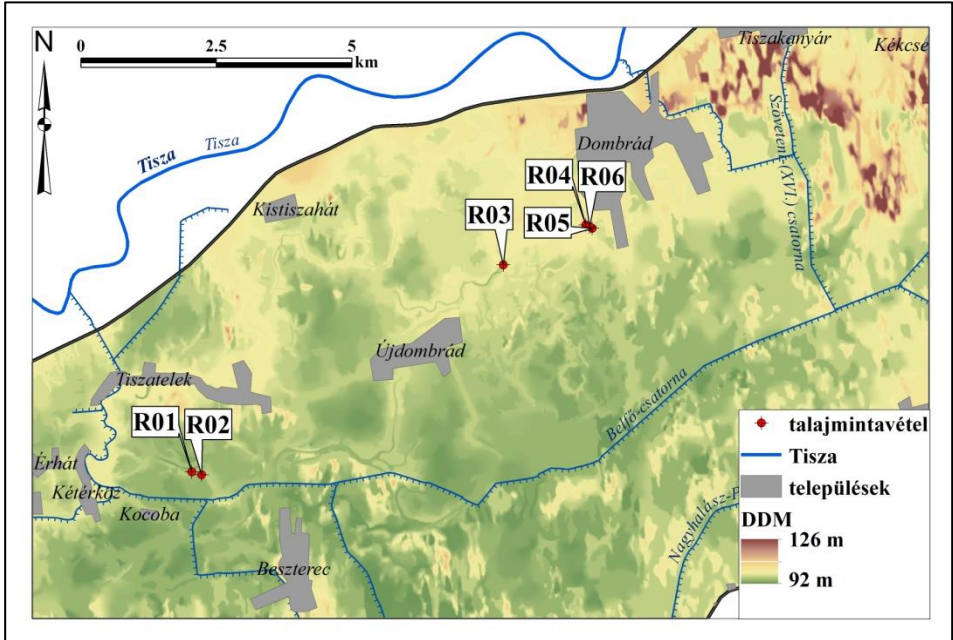
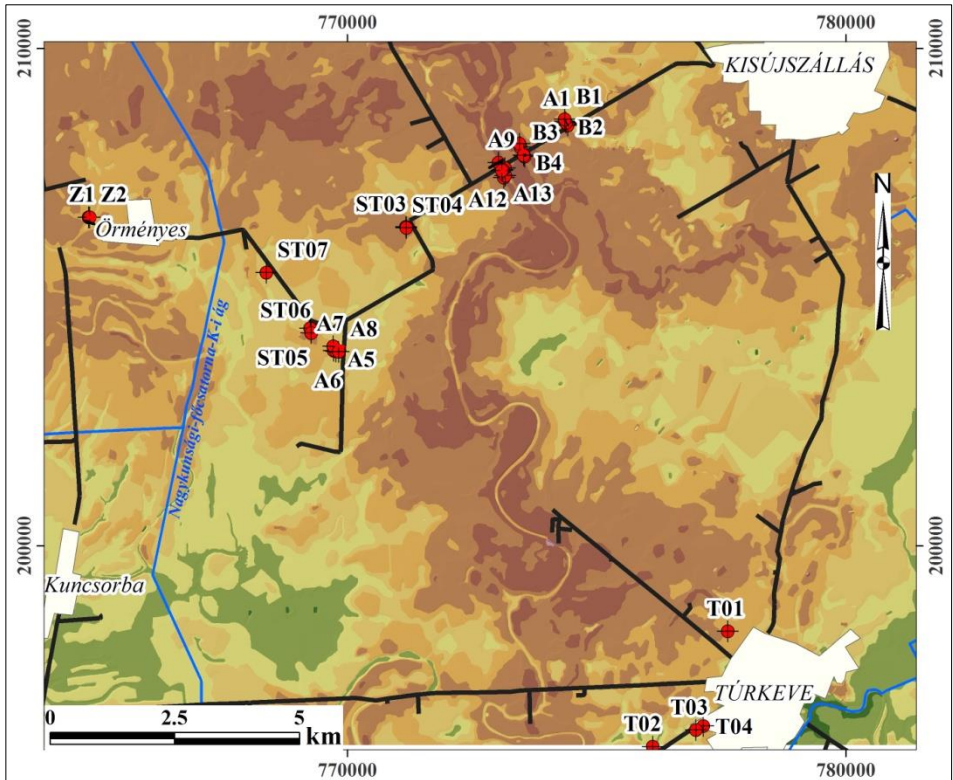


7. ábra Talajmintavétel helyeinek sematikus ábrája (saját szerk.)



8. ábra Rétegenként átlagolt talajmintavétel Kisújszállástól DNy-ra (saját szerk.)

A Szolnok–Túri-síkról és a Rétközben gyűjtött talajminták mintavételi helyeit a 9. ábra szemlélteti. A fúrások fontosabb adatait a 3. táblázat tartalmazza.



9. ábra Mintavételi helyek a Szolnok-Túri-síkon (fent) és a Rétközben (lent)

3. táblázat A mintaterületeken létesített fúrások adatai

Név	EOV X	EOV Y	Időpont	Megjegyzés
A01	208 532	774 376	2010.07.12	lejtőközép
A02	208 454	774 432	2010.07.12	mélyedés
A03	208 015	773 482	2010.07.12	belvív pereme
A04	208 085	773 460	2010.07.12	magaslat
A05	203 912	769 776	2010.07.13	mélyedés
A06	203 922	769 729	2010.07.13	magaslat
A07	204 015	769 726	2010.07.13	mélyedés
A08	203 904	769 831	2010.07.13	magaslat
A09	207 698	773 039	2010.07.14	magaslat
A11	207 589	773 168	2010.07.14	magaslat
A12	207 557	773 125	2010.07.14	lejtőközép
A13	207 545	773 109	2010.07.14	lejtőközép
B01	208 574	774 369	2010.07.12	magaslat
B02	208 503	774 396	2010.07.12	mélyedés
B03	207 853	773 539	2010.07.12	mélyedés
B04	207 821	773 566	2010.07.12	magaslat
Z01	206 606	764 814	2010.07.15	magaslat
Z02	206 600	764 837	2010.07.15	elhagyott meder pereme
ST01	207 441	773 176	2010.04.06	mélyedés
ST02	207 398	773 149	2010.04.06	magaslat
ST03	206 411	771 185	2010.04.06	magaslat
ST04	206 394	771 189	2010.04.06	mélyedés
ST05	204 377	769 263	2010.04.06	magaslat
ST06	204 281	769 283	2010.04.06	mélyedés
ST07	205 491	768 383	2010.04.06	enyhe mélyedés
T01	198 284	777 641	2013.07.11	mélyedés
T02	195 965	776 134	2013.07.11	mélyedés
T04	196 382	777 148	2013.07.11	állandóan vizenyős
T03	196 301	777 000	2013.07.11	mélyedés, belvízre utaló nyom nélkül
R01	318 319	855 681	2013.06.28	magaslat
R02	318 269	855 858	2013.06.28	mélyedés
R03	322 150	861 421	2013.06.28	elhagyott meder
R04	322 888	862 941	2013.06.28	magaslat
R05	322 825	863 059	2013.06.28	mélyedés
R06	322 856	863 013	2013.06.28	lejtőközép

A minták előkészítése (MSZ-08 0206/1–78) után Köhn-féle módszerrel meghatároztuk mechanikai összetételüket. A vizsgálatok célja annak kimutatása volt, hogy a lejtő különböző magasságú szintjein a szemcseösszetétel átrendeződése megfigyelhető-e?

A szénsavas mész mennyiségét Scheibler-féle kalciméterrel (MSZ-08 0206/2–78) mértük. A hosszabb ideig vízzel borított területeken a CaCO<sub>3</sub>-tartalom

csökkenése várható. A különböző mésztartalmú területeken ez a változás eltérő lehet. Fontosnak tartottuk annak a vizsgálatát, hogy a különböző talajú, eltérő adottságú mintaterületeken ez kimutatható-e.

A humusztartalom meghatározása káliumbikromátos eljárással (Tyurin módszerrel - MSZ-080210-77) történt. Az előző két vizsgálathoz hasonlóan itt is a különbségek kimutathatóságát tűztük ki célul.

## **4.2. Térképi adatbázisok**

A természetföldrajzi kutatások megkívánják a különböző térképes források használatát is. A különféle topográfiai, és a tematikus térképek méretarányuktól függően adnak információt a vizsgált területről, és ez határozza meg azt is, hogy milyen típusú, és térbeli kiterjedésű vizsgálatokhoz használhatók.

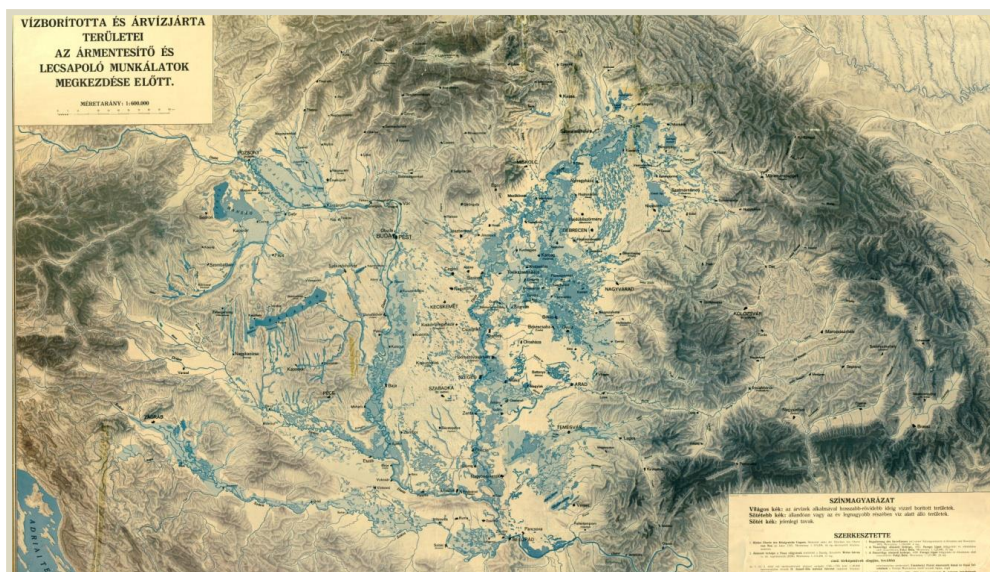
A térképek tartalmának felhasználásakor számolni kell a terep felmérésekor és a térkép előállításakor elkövetett hibákkal, amelyek mértéke gyakran nem ismert. Az ebből eredő pontatlanság a térképről származó adatok feldolgozása során hatványozódik.

Térképes forrásokat használtunk fel a mintaterületek vízszabályozás előtti és utáni állapotának bemutatásához. A domborzati viszonyok meghatározzák a felszínre hulló csapadék, valamint az előtött területeken lévő víz mozgását, és a lefolyást. A környezeténél mélyebb fekvésű zárt depressziók a belvízképződés legvalószínűbb szinterei. Emiatt a domborzat vizsgálata megkívánja digitális domborzatmodellek (DDM) létrehozását, amelyek lehetővé teszik a belvíz kialakulás szempontjából elsődleges területek leválogatását. A 10 000-es EOTR szelvények felhasználásával elkészítettük a mintaterületek digitális domborzatmodelljét is.

A domborzat viszonylag lassú változása miatt (a hidrológiai tényezők előre jelezhetőségének bizonytalanságával szemben) a belvíz képződésének kedvező helyei kijelölhetők.

### **4.2.1. A Kárpát-medence vízborította és árvízjárta területei az ármentesítő és lecsapoló munkálatok megkezdése előtt**

*A Kárpát-medence vízborította és árvízjárta területei az ármentesítő és lecsapoló munkálatok megkezdése előtt c. térképet (10. ábra) 1938-ban készítették el Lászlóffy Woldemár felügyelete alatt a Földművelésügyi Minisztérium megbízásából. Méretaránya M= 1:600 000.*



10. ábra A Kárpát-medence vízborította és árvízjárta területei az ármentesítő és lecsapoló munkálatok megkezdése előtt (Lászlóffy W. 1938)

A térkép megbízhatóságával kapcsolatban kérdés, hogy Lászlóffy és munkatársai milyen adatok alapján rajzolták meg a térképen szereplő kategóriákat (időszakos és állandó vízborítás), valamint azok térbeli határvonalait. Forrásként felhasználták többek között a Weiss-féle *Átnézeti térképe a Tisza völgyének* (1856), a II. katonai felmérés, a Vásárhelyi-féle dunai és tiszai felvételezés térkép-szelvényeit, valamint a Vályi Béla által szerkesztett a *Tiszavölgy átnézeti térképe* című (M=1:125 000) térképet, mely az 1892. évi állapotot mutatja be. Ez a térképmű azonban az ármentesítő társulatok által szerkesztett térképek adatai alapján készült. A társulati térképeken szereplő árterek kijelölése mindig valamely árhullám szintje szerint került magrajzolásra. A folyószabályozás során kialakított töltésekkel, gátakkal beszűkült a folyók ártere, így az árvízszintek mind magasabbak lettek. Ez azért lényeges, mert az árvizek hullámtéri tetőzési szintjét vetítették ki az árterekre, így a folyóktól távol eső területeket is ártereknek minősítették. Ebből az következik, hogy ármentes területeken elhelyezkedő birtokok is ártéri besorolást kaptak.

A társulati térképeken szereplő mélyárterek a Vályi térképeken mentesített mélyártérként jelennek meg, ugyanezek a területek pedig a Lászlóffy-féle térképen *vízzel borított és vízjárta területek* kategóriában szerepelnek. *A Kárpát-medence vízborította és árvízjárta területei az ármentesítő és lecsapoló munkálatok megkezdése előtt* c. térkép készítésekor figyeltek arra, hogy a szabályozások utáni magasabb árvizek által elöntött területeket ne ábrázolják, azonban Pinke Zs. és Szabó B. (2010) vizsgálatai szerint ez a törekvés nem valósult meg teljes mértékben. Több helyen találtak szabályozás előtti ártérként ábrázolt területeket, amelyek ellenben későbbi elöntések eredményei voltak. Egyes esetben vízjárta területként jelennek meg a társulati és Vályi térképek szerinti ármentes területek is. Ezen pontatlanságok ellenére a szerzők úgy vélik, hogy az árterek növelésére irányuló eltérés maximum 5%.

**A térkép méretaránya és fentebb bemutatott pontatlansága miatt a korabeli vízborította területek általános bemutatására igen, részletes elemzésekhez azonban természetesen nem használható.**

A térkép jelmagyarázatának megfelelően vektorizáltuk a mintaterületekre eső állandóan és időszakosan vízzel borított területeket. Az így szerkesztett térkép segítséget nyújthat abban, hogy a korábban és a jelenleg vízborításnak kitett területeket összevegyük.

#### 4.2.2. Belvízfoltok a harmadik katonai felmérésen

A belvíz megjelenésének egyik sajátos helyszíne a felszíni „zárt” depressziókon túl például az elhagyott folyók medrei is (11. ábra).

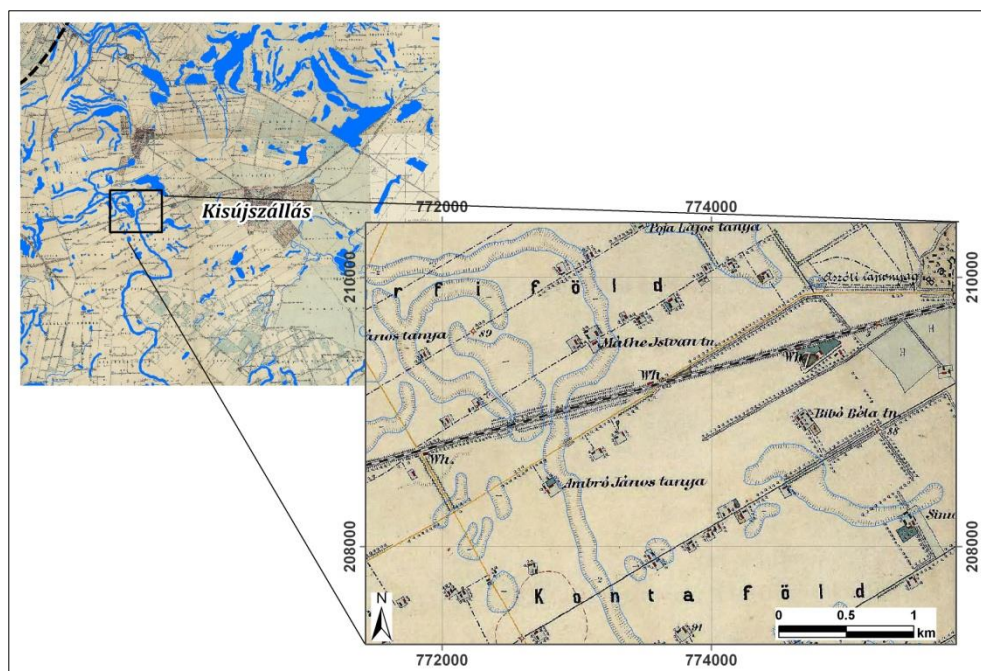


11. ábra Belvíz egy elhagyott medermaradványban (saját fotó, 2010. április)

A mintaterületeken előforduló elhagyott medrek, valamint az állandóan, vagy időszakosan vízzel borított területek az első és a második katonai felvételeken is megfigyelhetők, de a kutatásunk során a belvízterületek összehasonlításához csak a harmadik felmérés georeferált szelvényeit (12. ábra) használtuk. Az Osztrák-Magyar Monarchia harmadik katonai felmérése 1869 és 1887 között zajlott, 1:25 000 méretarányban.

A térképek alapján megszerkesztettük a mintaterületek vízrajzi digitális térképeit, amely a vízzel borított, és vizenyős területeken kívül a vízfolyásokat is tartalmazzák. Ezek a térképek segítséget nyújthatnak a jelenleg belvízzel veszélyeztetett területek értékelésekor.





12. ábra Vizzel borított területek a III. katonai felmérés térképén

#### 4.2.3. A 10 000-es méretarányú EOTR topográfiai térképek alapján készült adatbázis

A domborzati tényező szerepe a belvízképződésben meghatározó. A belvíz kialakulására csak akkor van lehetőség, ha ezt a terepviszonyok lehetővé teszik. Egy rossz vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező, de egyenletes lejtésű területen nem fog a víz megállni, bár a talajtani tulajdonságokból ítélve arra számítottunk. Emiatt is fontos a vizsgált terület domborzati viszonyainak lehető legpontosabb felmérése.

A belvízérzékenység vizsgálatával foglalkozó tanulmányok többsége az orográfiai adottságok vizsgálatához topográfiai térképekből származtatott digitális domborzatmodelleket (DDM) használ (Tóth K. et al. 2004; Nagy I. et al. 2007; Körösparti J.–Bozán Cs. 2010; Szatmári J. et al. 2011b). A DDM-ből származtatott lejtőtérkép megmutatja a terepfelszín egyes pontjain a lejtőhajlás mértékét. Ebből meghatározhatók a lejtési irányok, és azok a területek, ahol a felszínre érkező vizek belvízként jelentkeznek (Kovács B.–Szanyi J. 2005). A konvergens térrészek leválogatásával pedig kijelölhetővé válnak a belvízre hajlamos területek.

Magyarországon jelenleg az 1:10 000 méretarányú EOTR topográfiai szelvények szintvonalalaiból levezetett 5 méteres felbontású DDM-5 adatbázis a leg részletgazdagabb (Winkler et al. 2006), azonban Pásztor L. és munkatársai (2006) azt a megállapítást tették, hogy még ez az adatbázis sem elég részletes a belvízveszélyeztetettségi térképek előállításához. Egyet kell értenünk a szerzőkkel abban,

hogy ez a síkvidéki területekre kifejezetten igaz, ahol nagyon kis magasságkülönbségek is elegendőek a belvíz kialakulásához.

A felszín részletesebb leírására léteznek már modernebb és pontosabb eszközök is, úgymint a LIDAR (Light Detection And Ranging) technológia, amely lézerekkel útján állítja elő a felszín, illetve a felszíni objektumok magassági értékeit. Előnye, hogy nagy területről, gyors, nagy pontosságú adatgyűjtést tesz lehetővé (Tomor T. et al. 2012). A módszer azonban rendkívül költséges.

Vizsgálatainkhoz az EOTR 10 000-es szelvényei alapján előállított DDM-ek mellett a terepen végzett mérésekből elkészített domborzatmodellt is felhasználtuk.

Az EOTR topográfiai térképek pontosságának vizsgálata szerint, amely a FÖMI (2006) irányításával készült, a domborzat változása százalékos arányban nem számottevő a térképek készítésétől eltelt idő óta. A 2,5 méteres szintvonalköz esetén a magasságbeli eltérések +/- 0,73 – 1,03 méter között jelentkeztek. Szatmári és munkatársai (2011b, 2012) szerint a 10 000-es topográfiai szelvények szintvonaliból levezetett DDM-ek nem tükrözik a belvízképződés szempontjából releváns geomorfológiai formákat, emiatt felhasználásuk is megkérdőjelezhető. **Véleményünk szerint azonban a nagyobb mélységű felszíni depressziók kimutatására alkalmasak. Természetesen a belvíz potenciális helyeit nem a domborzat egyoldalú elemzésével kell meghatározni, emiatt a létrehozott DDM részletessége elegendő lehet az elvégzendő vizsgálatokhoz, kiegészítve a többi befolyásoló tényező adataival.**

A jelenleg hozzáférhető legrészletesebb topográfiai térkép a vízrajzi adatok mellett 2,5 méteres különbséggel a szintvonalakat is tartalmazza, amelyek a mintaterületek magasságkülönbségeinek kimutatását lehetővé teszik. A változatosabb felszínű területeken 1,25 méteres segédszintvonalakkal a formák pontosabban meghatározhatók. Azok a mélyedések, amelyek szintjei ezt meghaladják a térkép segítségével kimutathatók. A mélyebb, belvízzel borított zárt területek így könnyen felmérhetők.

A szintvonalak vektorizálását ArcGIS szoftverben végeztük, majd a tengerszint feletti magasság adatokból előállítottuk a mintaterületek domborzatmodelljeit Radial Basis Function interpolációs eljárás alkalmazásával. A DDM-ek felbontását 25 méterben határoztuk meg.

A DDM-ek elkészítésének célja az volt, hogy segítségével meghatározzuk azokat a felszíni mélyedéseket, ahol nagyobb valószínűséggel alakulhatnak ki belvizek. Ezt a műveletet a SAGA *Terrain Analysis* moduljával (Conrad, O. 2005) végeztük, melynek eredménye egy olyan raszter, amely a mélyedéseket tartalmazza azok mélységével együtt.

A domborzati tényező belvízre gyakorolt hatásának vizsgálatához SAGA környezetben meghatároztuk az úgynevezett „domborzati nedvesség mutatót” (*Wetness Index = WI*) (Beven, K.J.–Kirkby, M.J. 1979; Moore, I.D. et al. 1991; Boehner, J. et al. 2002; Boehner, J.–Selige, T. 2006) is. Minél nagyobb a mutató értéke, annál nagyobb lehet a talaj nedvességtartalma, illetve annál nagyobb esély van arra, hogy a víz megjelenjen a felszínen. Tehát egyenesen arányos a belvíz-veszélyeztetettség mértékével.

### 4.3. Földtani adatok

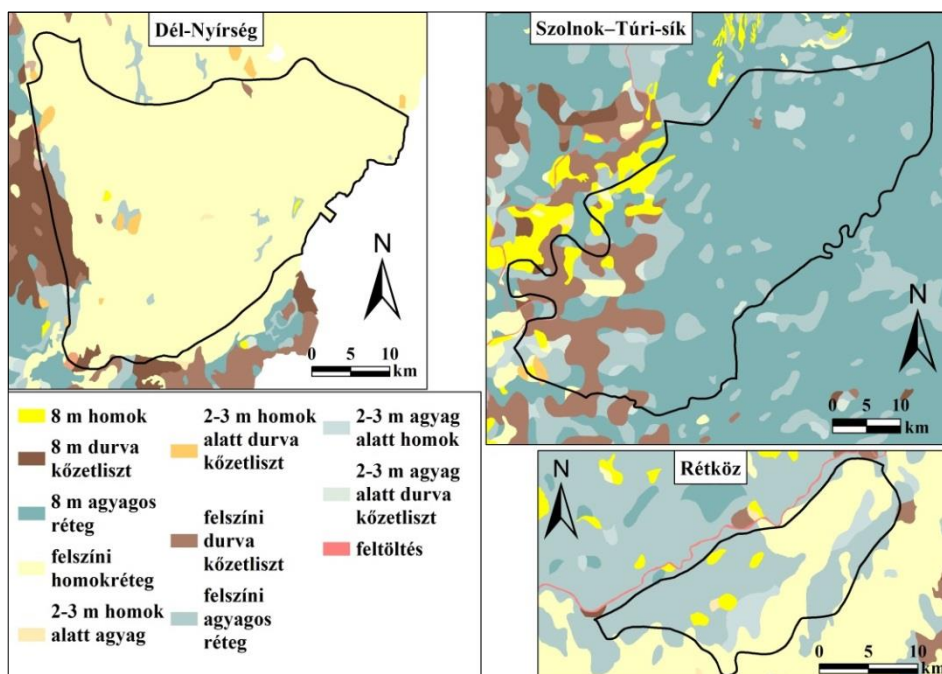
Elkészült Magyarország teljes területét lefedő, 1:100 000 méretarányú, egységes jelkulccsal rendelkező digitális földtani adatbázisa. A térképet Gauss-Krüger szelvényezés szerint készítették EOV vetületi rendszerben. A térképről leolvasható a különböző földtani kifejlődések elterjedése. Az adatbázis digitálisan, vektoros formában állt rendelkezésünkre.

A területek sekélyföldtani jellemzői, ahogyan azt már korábban említettük szerepet játszanak a belvíz kialakulásában. Erre a tényezőre vonatkozó információkat az adatbázis adatai alapján gyűjtöttük össze. Kutatásunkhoz a felső 10 méterre vonatkozó adatokat használtuk. A térkép ma már WMS szerverten is elérhető, amely lehetővé teszi térinformatikai szoftverekben történő közvetlen felhasználását.

A Szolnok–Túri-sík területén az agyagos (0,002 mm-nél kisebb szemcseméret) rétegek nagy kiterjedésben vannak jelen a felszínen, vagy a felszín közelében (13. ábra). Valamivel durvább szemcseátmérőjű, kőzetlisztes (0,02-0,06 mm) üledékek csak a mintaterület nyugati sávjában fordulnak elő, mint ahogyan a szigetszerűen megjelenő homokos (0,06-2 mm szemcseátmérő) rétegek is.

A Rétközben szintén a finomszemű felszínközeli rétegek dominálnak, amelyek vastagsága általában 2-3 méter. Felszíni homokrétegek a kistáj keleti felén jellemzőek, de 2-3 méter után többnyire agyagos (<0,002 mm) rétegek váltják fel.

A Dél-Nyírség több mint 90%-án változó vastagságú homokrétegek vannak a felszínen (13. ábra). Legnagyobb kiterjedésben a 2-3 méter vastag homok alatt folyóvízi rétegeket találunk.



13. ábra A felszínközeli (10 méteres) réteg elterjedése a mintaterületeken

A belvz-veszelyeztettség meghatározásához minden rétegződés típus-hoz egy számértéket rendeltünk az agyagos (<0,002 mm) rétegek vastagsága és mélysége alapján. Az értékeket 1-5 között állapítottuk meg, úgy, hogy nagysága egyenesen arányos legyen a belvz-veszelyeztettség mértékével. Az így kapott vektoros adatbázist 50 méteres felbontású raszterre konvertáltuk, amelyet a későbbi térbeli statisztikai vizsgálatokhoz használtunk fel.

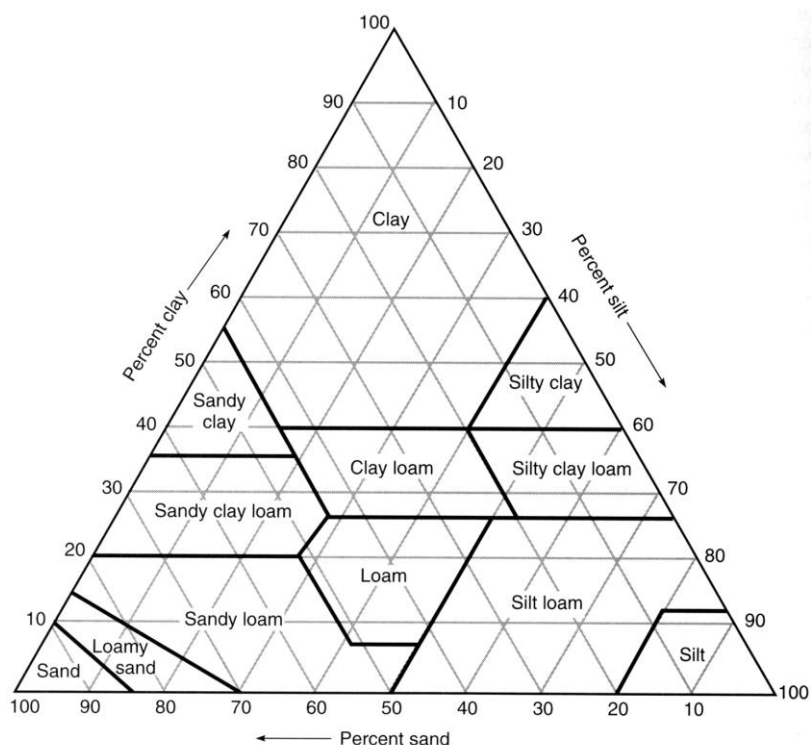
#### **4.4. Talajtani adatbázis**

A talajok vízgazdálkodási tulajdonságai a belvz kialakulásában alapvető tényezőként jelentkeznek. A talaj vízgazdálkodása jól leírható a víztartó és vízvezető képességgel, ahogyan ezt már Várallyay és munkatársai (1980) tanulmányából megismerhettük. A vízgazdálkodási tulajdonságokat, ahogy a tápanyagok felvételét, a beszivárgás mértékét, a lefolyást, vagy a talajban történő horizontális vízmozgást is nagymértékben meghatározza a talaj fizikaifelesége. Ezt a tulajdonságot általában a szemcseátmérővel jellemzik a következő fő csoportok szerint: agyag, iszap és homok. A mérethatárok azonban a különbözőképpen definiáltak az egyes nemzeti és nemzetközi osztályozási rendszerekben hasonlóan az agyag, iszap és homok mintán belüli százalékos aránya szerint megállapított textúra-csoportokhoz (Filep Gy.–Ferencz G. 1999).

A kutatás során a mintaterületek USDA (United States Department of Agriculture) osztályozási rendszer szerinti textúra-térképét használtuk fel. Az adatbázist az MTA TAKI biztosította a vizsgálathoz. A raszteres állomány felbontása 1 hektár (100\*100 méter), külön rétegben található a felső 30 cm-es és az alatta elhelyezkedő 30-60 cm-ig terjedő réteg textúra besorolása. Ez az első USDA szerinti talajtextúra-térkép Magyarországon (Laborci, A. et al. 2015), amely a már elkészült talajtani adatbázisok (AGROTOPO, Kreybig), digitális magasságmodell, geológiai adatbázis és területhasználati adatbázis felhasználásával készült (Pásztor, L. et al. 2015).

Az USDA szerinti textúra csoportokat (USDA 1987) (14. ábra) az agyagfrakció aránya szerint súlyoztuk. Minél nagyobb annak aránya, annál nagyobb a súlya a belvz kialakulásának szempontjából.

Az MTA TAKI rendelkezésünkre bocsátotta a mintaterületekre vonatkozó „tájtermesztési kategóriákat” ábrázoló tematikus térképeket is \*.tif formátumban, melynek vektorizálása ArcGIS szoftverben történt. Szabó J. et al. (2007) szerint a fenti adatbázis a fizikai és vízgazdálkodási kategóriák, valamint a kémhatás és mészállapot összevonásával állt elő. A tájtermesztési tulajdonságokat kiegészítve a talaj szervesanyag-készletének ismeretével mezőgazdasági szempontú értékelésre is alkalmas. Ezzel az adatbázissal a cél az volt, hogy megvizsgáljuk, a mintaterületeken mely tájtermesztési típuson fordulnak elő a belvzi elöntések legnagyobb arányban.



14. ábra USDA textúra háromszög  
(forrás: <http://spot.pcc.edu/~kleonard/images/PartSizeTriangle.jpg>)

#### 4.5. Hidrometeorológiai adatbázis

A belvíz kialakulását befolyásoló hidrometeorológiai tényezők vizsgálatához alapvető fontosságú a megfelelő részletességű és jól felépített adatbázis, amelyet a mintaterületek mindegyikére előállítottunk.

A hidrometeorológiai adatok kisebb hányadát a Vízrajzi Évkönyvekből, többségét az illetékes Vízügyi Igazgatóságoktól adatszolgáltatás útján gyűjtöttük össze. A talajvíz és csapadék térbeli eloszlásának minél precízebb ábrázolása érdekében törekedtünk arra, hogy ne csak a mintaterületek határain belül, hanem azon kívül elhelyezkedő mérési pontokat is kiválasszunk. Erre azért volt szükség, hogy a mérési pontok adatsoraiból történt interpoláció során ne kapjunk torzított eredményt a vizsgált területek határai mentén.

A három mintaterületre összesen 35 db meteorológiai állomás, 182 db talajvízszint észlelő (törzs- és üzemi-) kút, 22 db vízmérce észlelési adatsorait építettük be az adatbázisba. Az állomások mintaterületek szerinti megoszlása a 4. táblázatban szerepel.

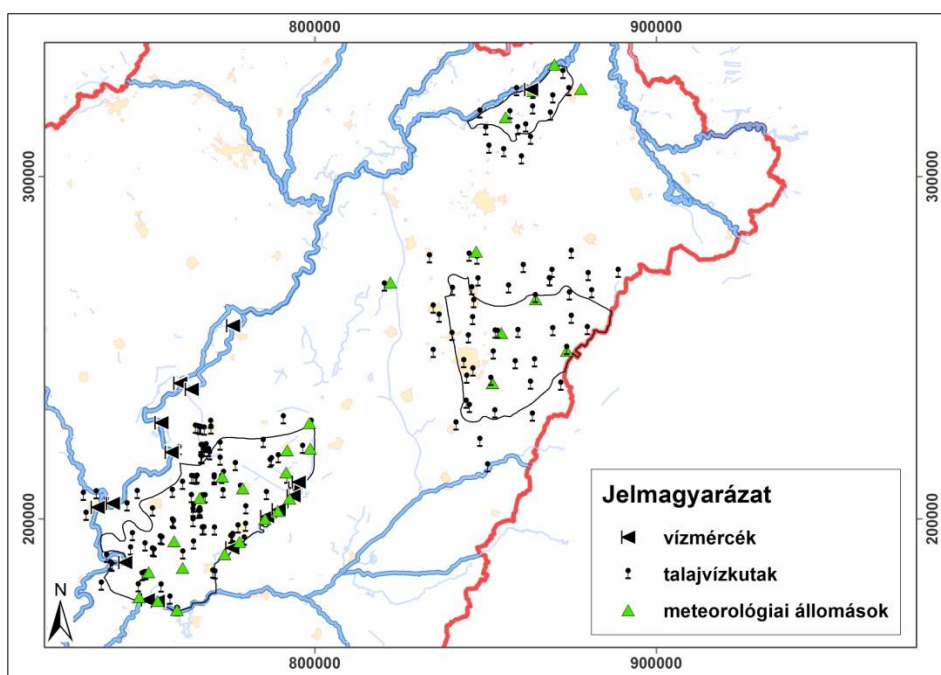
A hidrometeorológiai észlelőhelyek eloszlása a térben nem egyenletes. Találunk sűrűn monitorozott, és szinte adathiányos területeket, ami sokszor megnehezítheti a térbeli hidrológiai vizsgálatokat.

4. táblázat A hidrometeorológiai állomások megoszlása mintaterületenként

	Meteorológiai állomás	Talajvízszint észlelő kút	Vízmércé
<b>Szolnok–Túri-sík</b>	24	134 (*103)	21
<b>Dél–Nyírség</b>	6	48 (*25)	0
<b>Rétköz</b>	5	16 (*9)	1

\* a mintaterület határain belül

A mintaterületeken az észlelési pontok egyenetlen eloszlása főleg a talajvízszint észlelő kutak esetében tapasztalható (15. ábra). Nagyobb csoportosulások általában a települések közelében találhatók.



15. ábra A vizsgált észlelőállomások elhelyezkedése

A mintaterületeken jellemző átlagos mérőállomás-sűrűség egyik mintaterületen sem éri el az 1 db/km<sup>2</sup>-t (5. táblázat). A talajvízre vonatkozó adatsűrűség szempontjából legjobban ellátott a Szolnok–Túri-sík, míg a Dél–Nyírségben található a legkevesebb kút egy négyzetkilométeren belül.

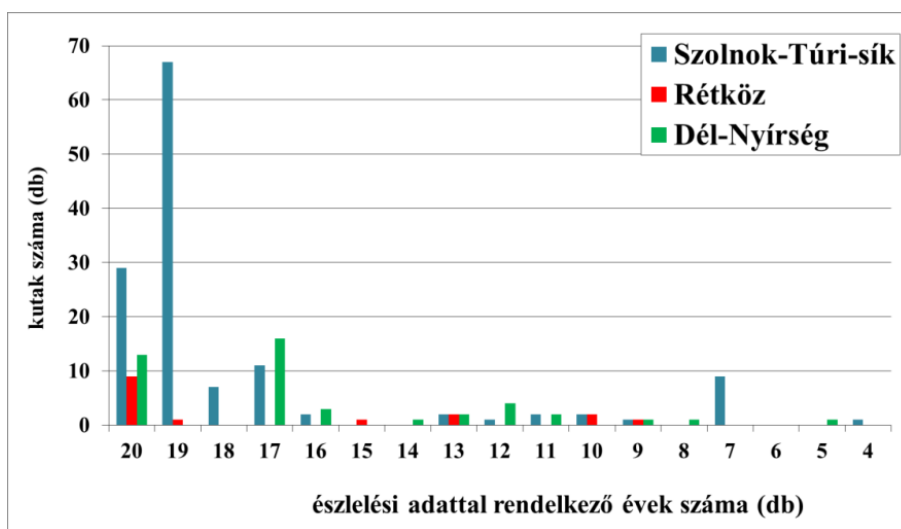
5. táblázat Mérőállomások sűrűsége (db/km<sup>2</sup>) a mintaterületeken

	Terület (km <sup>2</sup> )	Meteorológiai állomás	Talajvízszint észlelő kút
<b>Szolnok–Túri-sík</b>	1703.736	0.0141	0.0605
<b>Dél–Nyírség</b>	1215.764	0.0049	0.0206
<b>Rétköz</b>	275.105	0.0218	0.0582

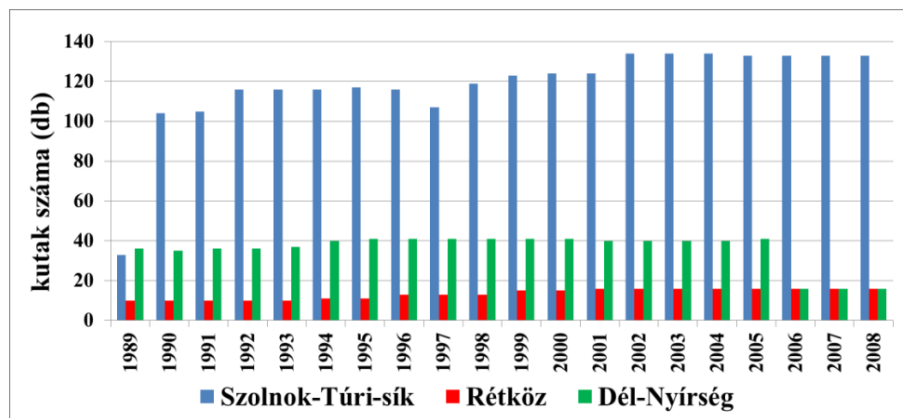
Az adatsűrűség nemcsak térben, hanem időben is eltérő. A Szolnok–Túri síkon 15 csapadékmérő állomás adatsora folytonos, további 3 db 1-2 éves adathiánnyal küzd. A többi monitoring állomás adatsora nem túl hosszú, amit a statisztikai vizsgálatoknál figyelembe kellett venni.

A talajvízszint észlelésének időbeli folytonossága mintaterületenként nagyon eltérő. A Szolnok–Túri-sík területén elhelyezkedő 134 kút, a Rétközben található 16 talajvízmérő állomás, valamint a Dél–Nyírség 48 észlelőkútjának észlelési folytonosságát összegezve a 16. ábrán mutatjuk be. A gyakorisági ábrán látható, hogy a Szolnok–Túri-sík esetében 29 kút adatsora teljes, melyek mindegyike törzskút, 67 esetében pedig 19 évről vannak talajvízállás adatok, ez utóbbi csoportba tartozik az üzemi állomások több mint 75%-a. A többi kút adatsorát hosszú távú vizsgálathoz nem használtuk fel. A Rétköz talajvízviszonyainak elemzéséhez felhasznált 16 észlelőkút többsége (10 db) teljes adatsorral rendelkezett. A Dél–Nyírségben létesített észlelő kutak jelentős része 2-3 éves adathiánnyal rendelkezik, amit figyelembe vettünk a statisztikai vizsgálatok során is.

A talajvíz térbeli elemzéséhez minden adattal rendelkező talajvízszintmérő kút adatait felhasználtuk. A Szolnok–Túri-sík esetében 1989-től eltekintve minden év jól reprezentált (17. ábra). A Rétköz vonatkozásában 1999-től maximális az adatsűrűség. A Dél–Nyírségben 2006-tól kevesebb adattal kellett számolni, mert az észlelési adatsorok egy része 2005-ig állt rendelkezésre. Ez a térbeli elemzéseknél nem jelentett problémát, mert összehasonlító elemzésre a 2005-ös évet választottuk ki, amikor az adatsűrűség közel maximális volt.



16. ábra Különböző észlelési adatsűrűségű kutak száma a mintaterületeken (1989-2008 közötti adatokra vonatkozóan)



17. ábra Talajvízszint észlelések megoszlása évenként a mintaterületeken

Az adatelőkészítés folyamatát nagymértékben az határozza meg, hogy a feldolgozást milyen környezetben szeretnék végezni, milyen formátumú bemeneti adatra van szükség a további vizsgálatokhoz. Érdeemes úgy megválasztani a létrehozandó adatbázis struktúráját, hogy a lehető legtöbb elemzési módszer számára alkalmas legyen. A belvízhez kapcsolódó hidrometeorológiai adatbázis létrehozásánál ezeket a szempontokat vettük figyelembe.

A hidrológiai adatbázis a következő adathalmaz-típusokra osztható:

- táblázatos adatok: idősoros észlelési adatok
- vektoros adatok: a hidrológiai jellemzőket reprezentáló pontok, vonalak, poligonok
- raszteres állományok: a mintaterületeket lefedő szabályos, adott felbontású rácsháló egyes elemeiben (píxeleiben) tárolt adatok.

Az észlelési adatsorok állomásonként külön fájlokban szerepeltek. Az adatelőkészítés és feldolgozás egyszerűsítése érdekében automatizáltuk a folyamatot egy java alkalmazás, és kisebb modellek segítségével. Az előfeldolgozó program feladata az volt, hogy létrehozza a mintaterületeken elhelyezkedő összes észlelő állomás idősoros adatbázisát egy fájlban. Ez a struktúra a statisztikai feldolgozásnál is szerencsésnek bizonyult.

Az észlelési idősorok statisztikai feldolgozását Microsoft Excel és SPSS szoftverekkel, a térbeli vizsgálatokat ArcGIS Geostatistical Wizard moduljával végeztük.

A csapadékmennyiség adatsorából évi összegeket számítottunk és Thiessen-poligon módszerrel ábrázoltuk azokat.

A talajvíz térbeli eloszlásának vizsgálatához évi átlagos talajvízszint adatokat használtunk fel. A adatsorból kiválasztottuk azokat az éveket, amikor a talajvíz területi átlaga a legmagasabban, illetve amikor a legalacsonyabban húzódott. Ezek mellett, mivel a 2000. évi légifotózás felvételei rendelkezésre álltak, ezt az évet is bevontuk a térbeli vizsgálatba.

A vízszintek területi változásának meghatározására az észlelési pontokban mért értékek inter-, vagy extrapolálása a legcélszerűbb. A térbeli inhomogeni-



tás miatt azonban ezek a műveletek térben változó mértékű bizonytalanságot hordoznak magukban. A talajvízszint mélysége például kis távolságon belül is sokat változhat a terület földtani, domborzati, felszínborítási adottságaitól, antropogén hatásoktól függően (Kovács J. et al. 2004).

Ahhoz, hogy csökkentsük a mérési pontok közötti becslés bizonytalanságát, érdemes olyan tényezőket is figyelembe venni, amely térben sűrűbben mintavételezett. Ilyen lehet pl. a domborzat. Ezeknek a szempontoknak a többváltozós geostatistikai eljárások tesznek eleget, úgymint a co-krigelés. A becslendő paraméter és egy másik sűrűbben mintázott, ismert paraméter között lineáris kapcsolatot tételez fel, és korreláció alapján regressziós egyenlet segítségével történik a becslés az adathiányos területeken.

A domborzatmodellekkel rendelkező területeken co-krigelést végeztünk, amely lehetőséget nyújt a talajvízszint és a domborzat térbeli változékonyságának együttes figyelembe vételére. A Rétköz kivételt képezett, ahol ez a módszer feltehetően a sűrű csatornahálózat és a tiszalöki duzzasztómű hatása miatt nem vezetett eredményre. Itt a Radial Basis Function eljárást találtuk a legkevésbé pontatlannak. A talajvíztérképek ArcGIS Geostatistical Analyst eszköztárral készültek.

A vízállás adatsorokból meghatároztuk a havi közepes vízszinteket. Erre azért volt szükség, mert megvizsgáltuk, hogy a felszíni vizek és a talajvíz között van-e kapcsolat, és az milyen késleltetéssel érvényesül. Meghatároztuk a talajvíz kutakhoz legközelebb eső vízmércét és annak havi felbontású adatsorát korrelációs vizsgálattal vetettük össze, egymáshoz képesti elcsúsztatás nélkül ( $t$ ), majd egy-egy havi elcsúsztatásokkal ( $t_n$ ). A korrelációs együtthatókat az elcsúsztatás ( $t_n$ ) függvényében ábrázoltuk, és ez alapján jellemeztük az észlelő kutakat.

Ugyanilyen módszerrel a csapadék hatásának erősségét, és hatásidejét is megvizsgáltuk.

#### **4.6. Felszínborítási adatok**

A felszínborítási tényező kétirányú kapcsolatban áll a belvíz kialakulásával. Egyrészt a lefolyás lassításával és az evapotranspiráció növelésével csökkenti a vízborítás kialakulásának esélyét. Az erdők például néhány mm-es csapadékmennyiség lefolyásra gyakorolt hatását képesek teljesen megszüntetni azáltal, hogy a lehullott csapadék elvész a lombkorona, az aljnövényzet és az avartakaró benedvesedése, továbbá a párolgás és beszivárgás útján (Kucsara M.–Víg P. 1993). Ez is mutatja, hogy a különböző típusú felszínborítási, földhasználati kategóriák fontossága eltérő a belvízképződés szempontjából (Körösparti J. et al. 2009).

A kapcsolat másik oldala, hogy ahol rendszeres és tartós belvízborítás jellemző, megjelennek a vizet kedvelő kultúrák, amelyek a vízhatás indikátoraiként is értelmezhetők. Takács et al. (2013) kimutatták, hogy az endemikus magyar látonya (*Elatine hungarica*) megjelenése összefüggésbe hozható a vízborítás alá kerülő területekkel. **A különböző fajok indikátorként való használatával jelen dolgozatban nem foglalkozunk, azonban leszögezzük, hogy az élőhely- és flóratérképek segítséget nyújthatnak a rendszeresen belvív által érintett területek kijelölésében is.**

A periodikus vízborítás ugyanakkor a földhasználat megváltozását is eredményezheti, ami módosítja a területre jellemző felszínborítási kategóriák százalékos arányát.

Felszínborítási információk gyűjtésére különböző adatbázisok állnak rendelkezésre, amelyek terepi felvételezéssel, ellenőrzéssel kiegészítve távérzékeléses adatgyűjtési technikákra épülnek.

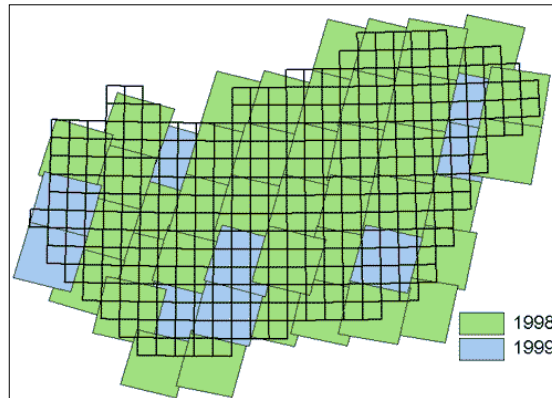
Az egyik általánosan elterjedt, európai szintű adatbázis a CORINE Land Cover (CLC) M=1:100 000 méretarányú felszínborítási adatbázis.

Az adatbázis jól alkalmazható európai szintű vizsgálatokhoz, azonban az országos szintű tervezéshez, döntés előkészítéshez nem elég részletes. Erre a célra elkészítették hazánk M=1:50 000 méretarányú, CLC 50 felszínborítási adatbázisát. Alapját 1998-99 között készült ortokorrigált SPOT-4 műholdfelvételek számítógépes fotóinterpretációja adta. Az adatbázis minőségét és pontosságát különböző belső, illetve külső ellenőrzési folyamatok által javították. A legkisebb térképezett egység 4 hektár, vízfelszínek esetében 1 hektár, a térképezett vonalas elemek minimális szélessége pedig 50 méteres volt. A CLC100 nomenklatúráját kiegészítették egy újabb (negyedik) szinttel, melynek eredményeképpen 79 kategória állt elő.

A CLC50 készítésekor megengedett RMS hiba mértéke 20 méter, vagy az alatti volt, tematikus pontossága 90%-ra tehető (Büttner, G. et al. 2002; Büttner, G. et al. 2004a, 2004c, 2004d).

A műholdfelvételek kiértékelését meghatározzák a felvételezéskor és az azt megelőző időszakban uralkodó időjárási körülmények. 1997-ben az éves átlagos csapadékmennyiség a sokévi átlag alatt maradt, így 1998-ban hiába hullott az átlagosnál több csapadék, nem eredményezett nagy kiterjedésű belvízborítást (70 ezer hektár), de megalapozta a következő év hidrológiai szélsőségeinek kialakulását. 1999 országosan és a mintaterületeken is az egyik legcsapadékosabb év volt, a belvízzel borított területek nagysága elérte a 435 ezer hektárt (országosan). A FÖMI adatai alapján a CLC50-et az ország nagyobb részén 1998-ban, kisebb részén (pl. a Dél-Nyírség) 1999-ben készült műholdfelvételek kiértékelésével készítették (18. ábra). Ez azt jelenti, hogy a CLC50 adatbázisban szereplő víz borította területek egy kevésbé belvizes időszakot reprezentálnak, kivéve ahol 1999-es felvételeket használtak. Emiatt az adatbázis használhatósága mintaterületenként eltérő lehet.

A CLC50 adatbázis széleskörűen alkalmazott a tájökölógiai kutatásokban (Csorba P. 2007), tájértékelésben (Tinya F.–Tóth Z. 2005; Barczy A. 2008), tájmetriai munkákban (Szabó Sz. 2010) és a belvíz-veszélyeztetettség térképek (Bozán, Cs. et al. 2008b) egyik alapadatbázisaként is. A széleskörű alkalmazhatóság ellenére azonban fontos szólnunk hiányosságairól, korlátairól is. Ezek elsősorban az adatbázis méretarányából erednek, valamint a térképezendő foltok meghatározott nagyságából. A CLC50 esetében a 4 hektáros legkisebb megrajzolt folt, vízfelületeknél pedig az 1 hektár sem enged meg olyan részletességet, amely például egy mezőgazdasági parcella közepén rendszeresen kialakuló belvízfolt ábrázolásához szükséges. **Ebből eredően használata az 1 hektárnál kisebb kiterjedésű vizenyős területek meghatározásához nem alkalmas.**



18. ábra A CLC50-hez használt SPOT-4 műholdfelvételek felvételezési évei

Kifejezetten belvízfolt-térképezésre tehát az adatbázis önmagában nem elegendő, jelen kutatásban azonban nem is ez volt a cél. **A vizsgált kistájak regionális szintű felszínborítási sajátosságainak megismerésére, a felszínborítás, mint belvízképződést befolyásoló tényező térbeli struktúrájának reprezentálására használtuk fel.**

Molnár Zs. et al. (2007) arra is felhívták a figyelmet, hogy egy megrajzolt CLC50 folton belül több vegetációs típus, vagy élőhely-típus került összevonásra. A szerzők ökológiai szempontból vizsgálták a CLC50-et, így érthető módon hiányolták az egyes térképezett foltok attribútumaiból a botanikai, a vegetáció diverzitására, a folt természetközelségének fokára vonatkozó információkat. A MÉTA ezt a hiányosságot hivatott pótolni.

2003-2006 között készült el Magyarország Élőhelyeinek Térképi Adatbázisa (MÉTA), amely az ország közel teljes területéről biztosít botanikai és tájökológiai adatokat, mely lehetővé teszi a növényzet változásának vizsgálatát, modellezését (Czúcz et al. 2009), de a kutatás számára fontos belvízfoltok meghatározására nem alkalmas.

A belvízfoltok felszínborítását a CORINE (CLC 50) mintaterületekre eső adatbázisából nyertük ArcGIS szoftver felhasználásával. A felszínborítás raszteres rétegének létrehozásakor az egyes kategóriákhoz 1-5 közötti súlyokat rendeltünk a belvíz-veszélyeztetettségre gyakorolt hatásukkal egyenes arányban. A súlyokat tartalmazó raszteres réteg felbontása 50 méter.

#### 4.7. Távérzékelési adatgyűjtés

A távérzékeléssel történő adatgyűjtés a belvíz (-veszélyeztetettségi) térképezés korszerű módszere. Több kutató (Rakonczai J. et al. 2001, 2003; Bíró T. et al. 2002; Csekő Á. 2003b; Licskó B.–Ditzendy A. 2003; Xu, H. 2006, Licskó B. 2009; Bakó G.–Licskó B. 2010; Szatmári J. et al. 2011; Fisher, A.–Danaher, T. 2013; Li, W. et al. 2013; Rokni, K. et al. 2014) eredményesen használta fel a légi- és műholdfelvételeket a vízzel borított területek felmérésére. A távérzékelés képes kiváltani a helyszíni mérések időigényességéből, egyes területek megközelíthető-

ségének nehézségéből, rossz rálátásából származó problémákat, valamint a felmérő szubjektívitásából eredő pontatlanságokat.

A belvízfelméréshez használt légi-, vagy különböző felbontású műhold- és radarfelvételek, vagy háromdimenziós pontfelhő (LIDAR) pontosságát a következő tényezők befolyásolják:

- *térbeli felbontás*: Meghatározza a távérzékelés alapokon készült belvízelöntési térkép maximális léptékét, hiszen a nagy felbontású légi-, vagy műholdfelvételek (QUICKBIRD, IKONOS) akár lokális, míg a közepes- (LANDSAT, SPOT, EO-1 ALI, stb.) ill. kisfelbontású űrfelvételek csak regionális vagy ennél kisebb léptékű vizsgálatokat tesznek lehetővé. Mindezek mellett minél kisebb a térbeli felbontás, annál nagyobb valószínűséggel fordulnak elő ún. kevert pixelek, amelyek nagymértékű félreosztályozást eredményeznek a felszínborítási kategóriák elkülönítésekor.

- *spektrális felbontás*: A felszíni víz, vízzel telített talajréteg, vagy a vízben álló növényzet lehatárolásához az optikai spektrális tartomány nem elegendő. A víz reflektanciája az infravörös spektrumban elhanyagolható a többi felszínborítási típushoz képest, ezért jól elkülöníthetővé válik. A légifelvételek közül általában csak az ún. infravörös (CIR) felvételek alkalmazhatók, de azt tapasztaltuk, hogy a 2000-ben készült felvételeken a belvízfoltok a látható tartományban is jól elkülöníthetők, ezért a veszélyeztetett területek felméréséhez ezeket használtuk.

- *időbeli felbontás*: A belvízelöntés dinamikájának vizsgálatát meghatározza a műholdak visszatérési ideje, vagy a légifelvételezés gyakorisága, időpontja. A heti, vagy kétheti rendszerességű felvételezés csekély valószínűséggel esik a maximális elöntés időpontjára, ugyanis nehezen kiszámítható, hogy a területen mikor várható a legnagyobb kiterjedésű vízborítás. Pontosabb adatbázis előállításához nagyobb időfelbontású felvételek (légi- és műhold) szükségesek. Ez utóbbi azonban meglehetősen költséges lehet.

- *meteorológiai helyzet*: A légi- és űrfelvételek interpretációját befolyásolják a felvételezés időpontjában uralkodó időjárási körülmények. A felhők és árnyékuk „kitakarják” a felszínt, így korlátozzák azok használhatóságát. A mikrohullámú távérzékelés esetében ez nem okozna problémát, azonban a szél keltette hullámvészély korlátozza a vízfelszín lehatárolását.

- *finansziális korlátok*: Ez a tényező közvetve befolyásolja a pontosságot, minthogy a nagyfelbontású műholdfelvételek általában nagyobb költségeket vonnak maguk után. Közepes és kisfelbontású felvételek napjainkban már ingyenesen is beszerezhetők különböző internetes felületekről, így érthető, hogy ezek az adatbázisok széles körben elterjedtek a természettudományos kutatásokban.

A felsorolt tényezők miatt mindenképpen körültekintően kell eljárni a távérzékelés adatbázisok és azok feldolgozása során. Mindig a vizsgálat céljának megfelelő adattípust kell kiválasztani, lehetőleg a kutatás léptékének megfelelő felbontásban. **A távérzékelési módszert azért tartottuk fontosnak a kutatásaink során, mert nagy terület egy időben való felmérésére volt lehetőség, és a felvé-**

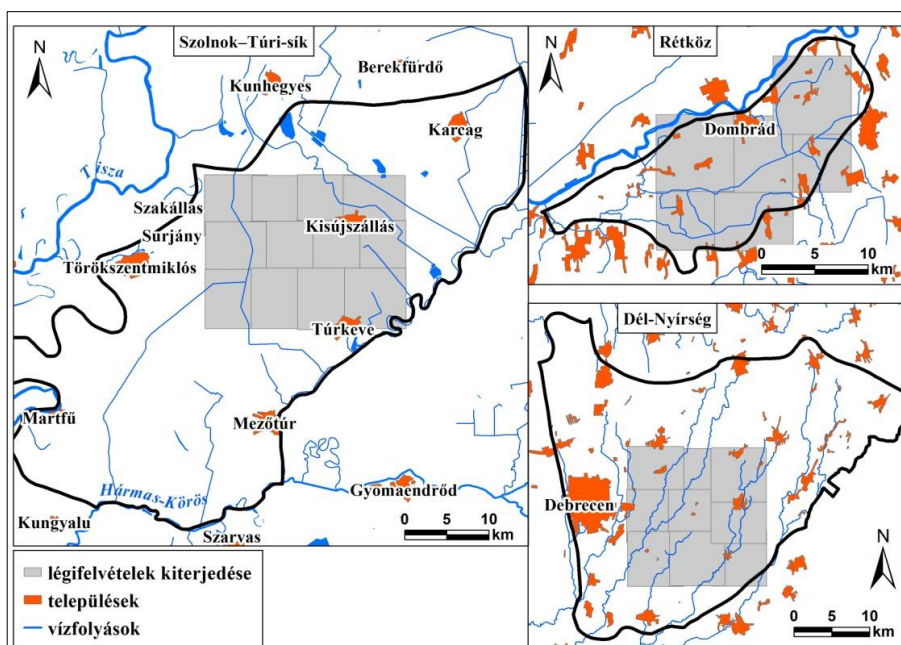
telek kiértékelése képfeldolgozó szoftverekkel automatizálható, ami jelentős időmegtakarítást jelentett.

Figyelembe véve a fenti szempontokat, vizsgálatainkhoz az U. S. Geological Survey internetes adattárából szabadon letölthető **LANDSAT (TM 5; 7 ETM+; 8 OLI)** műholdak által készített felvételeket értékeltünk ki. A felvételek 30 méteres geometriai felbontása a kistájak teljes területének regionális vizsgálatára megfelelőnek bizonyultak.

Az adatgyűjtés során csak azokat a felvételeket választottuk ki, amelyek esetében a mintaterületeket nem borította felhő. A 6. táblázatban a letöltött műholdfelvételeket soroltuk fel mintaterületenként. Nem minden felvételezési időpont esik csapadékos, vagy belvizes időszakra, de az volt a véleményünk, hogy jó alapot adhatnak arra, hogy a nedvesebb időszakból származó felvételek eredményeit összevessük a szárazabb időszakokkal.

A műholdfelvételeken túlmenően minden mintaterület egy-egy részletéről a 2000. évi légi felvételezésből származó felvételek is rendelkezésünkre álltak. Ezek a valódi színes felvételek többek között arra szolgáltak, hogy a műholdfelvételek kiértékelésének eredményeit validáljuk. 2000 az elmúlt 25 év egyik csapadékos legszegényebb éve volt ugyan, de belvízviszonyokat tekintve (1999 extrém csapadékmennyisége után) a 357 ezer hektáros elöntés is jelentős.

A mintaterületekről választott légifotók elhelyezkedését a 19. ábra szemlélteti. A Szolnok–Túri-sík és a Rétköz területéről a légifotók kiválasztásánál a terepi adatgyűjtés és a talajvizes adatbázis is szerepet játszott. A Dél–Nyírségben elsősorban a buckaközi mélyedések jelentik a belvízveszélyes területeket, de a légifelvételeken a nyírvizek és állandó vízfelületek is jól azonosíthatók.



19. ábra A 2000. évi légifelvételek elhelyezkedése a mintaterületeken

6. táblázat A kutatáshoz felhasznált műholdfelvételek

Műhold	sáv/sor	Időpont	Mintaterület
Landsat-7 ETM	186/27	2000.04.23	Dél-Nyírség
Landsat-7 ETM	186/27	2000.09.30	Dél-Nyírség
Landsat-5 TM	186/27	2002.03.12	Dél-Nyírség
Landsat TM	186/27	2006.11.25	Dél-Nyírség
Landsat-5 TM	186/27	2010.06.30	Dél-Nyírség
Landsat 8 OLI/TIRS	186/27	2014.03.21	Dél-Nyírség
Landsat 8 OLI/TIRS	186/27	2014.06.09	Dél-Nyírség
Landsat-7 ETM	186/27	2000.04.23	Rétköz
Landsat-7 ETM	187/26	2000.05.16	Rétköz
Landsat-7 ETM	187/26	2000.08.20*	Rétköz
Landsat-7 ETM	186/26	2000.09.30	Rétköz
Landsat-5 TM	186/26	2002.03.12	Rétköz
Landsat-5 TM	186/27	2010.06.30	Rétköz
Landsat-5 TM	186/27	2011.04.21	Rétköz
Landsat 8 OLI/TIRS	186/26	2013.08.09	Rétköz
Landsat 8 OLI/TIRS	186/27	2014.03.21	Rétköz
Landsat 8 OLI/TIRS	186/26	2014.04.22	Rétköz
Landsat 8 OLI/TIRS	186/27	2014.06.09	Rétköz
Landsat-7 ETM	187/27	2000.08.20	Szolnok-Türi-sík
Landsat-7 ETM	186/27	2000.09.30*	Szolnok-Türi-sík
Landsat-5 TM	186/27	2002.03.12*	Szolnok-Türi-sík
Lansat TM	187/27	2006.10.16*	Szolnok-Türi-sík
Landsat-5 TM	187/27	2009.10.08	Szolnok-Türi-sík
Landsat-5 TM	187/27	2010.06.05	Szolnok-Türi-sík
Landsat-5 TM	187/27	2011.07.10	Szolnok-Türi-sík
Landsat-5 TM	187/27	2011.09.28	Szolnok-Türi-sík
Landsat 8 OLI/TIRS	187/27	2014.03.12	Szolnok-Türi-sík
Landsat 8 OLI/TIRS	187/27	2014.03.28	Szolnok-Türi-sík
Landsat 8 OLI/TIRS	187/27	2014.04.13	Szolnok-Türi-sík
Landsat 8 OLI/TIRS	186/27	2014.06.09*	Szolnok-Türi-sík

\* a műholdfelvétel nem fedte le 100%-ban a mintaterületet

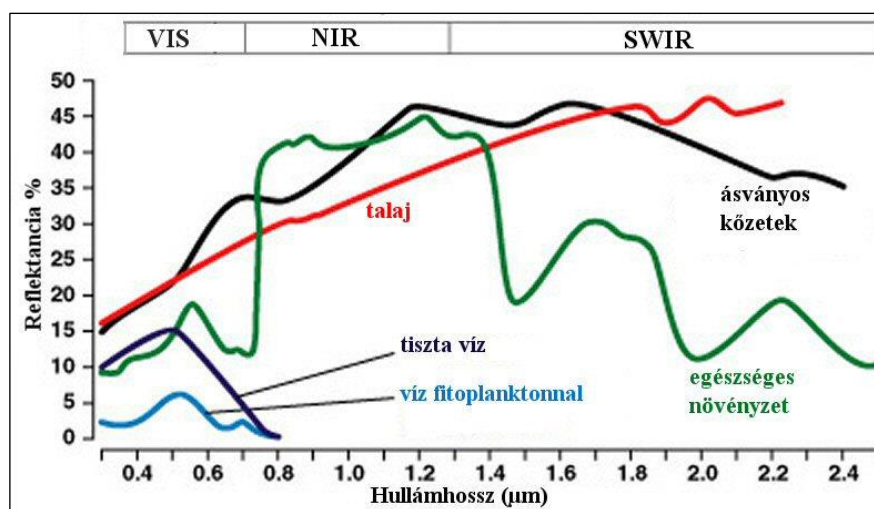
Korábban már arra is utaltunk, hogy a kutatásunk során a leggyorsabb célravezető módszer a távérzékelés alkalmazása. A spektrális indexek, nevezetesen

az NDWI (*Normalized Difference Water Index*) alapján végzett interpretáció mellett döntöttünk. Választásunkat az indokolja, hogy nemzetközi szinten már bevált módszer a különböző nedvességtartalmú talajok, vegetációtípusok, illetve vízfelszínek kimutatására, valamint azok kiterjedésének monitorozására. Hazai viszonylatban még kevésbé terjedt el, ezért egy újszerű módszere lehet a belvíztérképezésnek. A távérzékelte felvételek interpretálását IDRISI Selva szoftverben végeztük.

A mintaterületekről rendelkezésünkre álló műholdfelvételek osztályozásához McFeeters, S.K. (1996) NDWI változatát használtuk (továbbiakban: **NDWI**), illetve a szakirodalomban szereplő számos index közül a „módosított normalizált víz indexet” (Xu, H. 2006 verzióját) alkalmaztuk, (továbbiakban: **MNDWI** – *Modified Normalized Difference Water Index*).

A MNDWI módosított csatornakombinációjával jobban képes kiemelni a spektrális különbségeket, a közepes infra tartomány miatt pedig lehetővé válik a beépített területek és a vízfelszínek határozottabb elkülönítése. A gyakorlati jelentősége a belterületi belvizek lehatárolásakor fontos.

Mindkét index értéke  $-1$  és  $+1$  közötti lehet. A víz, spektrális tulajdonságai (20. ábra) miatt – nagyobb reflektancia a látható tartományban, mint az infravörösben – a pozitív, míg pl. a vegetáció, vagy a talajok negatív értéktartományba kerülnek.



20. ábra A különböző felszínborítási típusok reflektanciája (saját szerk. [www.rsac1.co.uk/rs.html](http://www.rsac1.co.uk/rs.html) alapján)

A növényzet, talaj és egyéb kategóriák jobban reflektálnak a közeli infravörös (NIR) spektrumban, mint a látható zöldben, így belátható, hogy NDWI értékük nulla, vagy negatív lesz, míg a víz pozitív NDWI értékeket kap amiatt, hogy a látható zöld tartományban nagyobb visszaverődést mutat, mint az infravörös sávban. McFeeters (1996) a felszíni vizet elkülönítő határértéket nullában állapította meg. Az NDWI értékek újraosztályozásával egy a vízfelületeket és egyéb – vegetáció, talajok – területeket (0) ábrázoló bináris képet készített.

Az adatok előkészítésére és feldolgozására a következő lépéseket dolgoztuk ki:

- A kisléptékű vízborítási térképek elkészítéséhez a LANDSAT műholdcsalád felvételeit használtuk fel, melyek UTM vetületi koordinátákkal rendelkeztek. Az eredménytérképek elkészítéséig ebben a rendszerben dolgoztunk.
- Meghatároztuk az elkülönítendő kategóriákat: *nyílt vízfelszín; nagy nedvességtartalmú átitatott talajok, vagy sekély vízben álló növényzet; vízzel nem borított terület.*
- A kiválasztott spektrális indexek számításához szükséges sávok leválogatása:

Műhold	NDWI	MNDWI	Hullámhossz
Landsat-5 TM	B2-B4/B2+B4	B2-B5/B2+B5	B2: 0,52 – 0,60 $\mu\text{m}$ B4: 0,76 – 0,90 $\mu\text{m}$
Landsat-7 ETM+	B2-B4/B2+B4	B2-B5/B2+B5	B5: 1,55 – 1,75 $\mu\text{m}$
Landsat-8 OLI	B3-B5/B3+B5	B3-B6/B3+B6	B3: 0,53 – 0,59 $\mu\text{m}$ B5: 0,85 – 0,88 $\mu\text{m}$ B6: 1,57-1,65 $\mu\text{m}$

A LANDSAT-8 felvétel pixelei a szenzor kódolt értékeit (DN) tartalmazzák. Ahhoz, hogy a felvétel-idősor egyes eredményeit össze lehessen hasonlítani, minimalizálni kell a különböző radiometriai eltérések hatását. Ehhez a kódolt értékekből (DN) vissza kell számolni a spektrális radianciát, majd ebből meg lehet határozni a légkör felső rétegén mérhető reflektanciát (TOA – Top of Atmosphere). Ezzel csökkenteni tudjuk az egyes felvételezési időpontokban érvényesülő különböző napállások, valamint a Nap-Föld távolság ciklikus változásából fakadó hibákat.

A TOA-korrekción a *QGIS Geosud TOA Reflectance* kiegészítő moduljával végeztük el.

- A kategóriák elkülönítéséhez a korábban már megnevezett 2 indexet (NDWI és MNDWI) választottuk ki. Ezek alkalmazása a következőképpen alakult:
  1. Kiszámítottuk mindkét indexet a mintaterületekre.
  2. Leválogattuk azokat a pixeleket, amelyekre teljesül, hogy  $\text{NDWI} > 0$   
Így kizártuk azokat a területeket, amelyek biztosan nem tartoznak a nyílt vízfelszín kategóriába.
  3. Raszter kalkulátorral a következő rasztert határoztuk meg:  $\text{MNDWI} * \text{NDWI} * (\text{NDWI} > 0)$   
A két index kombinációjával felerősítettük pozitív hatásukat, azaz ahol mindkét index magas értékű (minél magasabb az értéke, annál vizesebb), ott a szorzás eredményeképpen élesebb kontúrokat kaptunk a nyílt vízfelületek körül.
  4. Ebből a rétegből válogattuk le határérték meghúzásával a nyílt vízfelületeket.
  5. A sekély vízben álló növényzet, vagy túltelített talaj meghatározását az MNDWI értékek alapján végeztük, minden felvételnél eltérő határértékekkel.
  6. A két részeredmény-rasztert összegezve 3 kategória jött létre:  
0 – vízzel nem borított terület  
1 – sekély vízborítás, vagy átitatott talaj



## 2 – nyílt vízfelszín

- A 3 kategóriát tartalmazó réteget a mintaterületnek, illetve az adathiánynak megfelelően maszkoltuk.
- Végül meghatároztuk az egyes kategóriák területi kiterjedését, és a kistájakhoz képesti %-os arányát.
- Az eredményeket pankromatikus sáv alapján, illetve a 2000-ben készült felvételeket a 2000-es légifelvételzés alapján ellenőriztük.

A mintaterületekről kiválasztott *légifelvételeket* georeferáltuk, képenként átlagosan 7-8 db földi illesztőpontot használtunk, az átlagos RMS hiba így 2,5-nél kisebb volt. A vetülethelyes felvételek alapján megrajzoltuk a belvízzel érintett területeket, 3 kategóriát elkülönítve:

1. vízzel átitatott talaj (a víz kiterjedésének nyomai még láthatók voltak a felvételeken, de a víz már nem)
2. vízborítás (a víz látható, de a határait nem annak pereme adja, hanem a láthatóan nedves folt körüli terület egy kisebb sávja is)
3. állandóan vízzel borított terület (halastavak, morotvák)

A referencia adatbázisnak is használt foltterkép megrajzolása szubjektív ugyan a foltok fuzzy határai miatt, de nagyobb pontossággal használható, mint pl. a gátörök által készített „krumplitérkép”.

A kutatásunkhoz terepi adatgyűjtést végeztünk. Ennek az volt a célja, hogy megvizsgáljuk, milyen belvízfolt-típusok találhatók a mintaterületeken, és azoknak milyen alakrajzi sajátosságai vannak. A különböző mérési módszerek pontosságát és hatékonyságát össze is hasonlítottuk a belvízzel kapcsolatos felmérések követelményeit szem előtt tartva. A terepi adatbázist a távérzékeléses adatok kiértékelésekor is felhasználtuk.

Meghatároztuk a különböző típusú belvízfoltok környezetéből gyűjtött talajminták szemcseösszetételi tulajdonságait abból a célból, hogy a magasabb területekről történő lehordódás mértékét megvizsgáljuk.

A Kárpát-medence vízborította és árvízjárta területei az ármentesítő és lecsapoló munkálatok megkezdése előtt c. térkép alapján lehatároltuk a mintaterületek egykor vízzel érintett részeit. Ez az adatbázis tájékoztató információt adott a vízborította területek általános bemutatásához. A harmadik katonai felmérés adatai alapján szerkesztett térképet, amely a vízzel borított felszíneket tartalmazza, összevetettük napjaink belvízzel veszélyeztetett területeivel.

A 10 000-es méretarányú topográfiai szelvények szintvonalait vektorizáltuk, és DDM-eket szerkesztettünk. A DDM-ekből meghatároztuk a felszíni depressziókat és azok mélyedéseit, valamint kiszámítottuk a Wetness Indexet (WI) is. A két raszter értékei a belvíz-veszélyeztetettséggel egyenesen arányosak.

A belvízveszélyes területek sekélyföldtani sajátosságait a felszínközeli 10 méteres réteg alapján határoztuk meg. Az agyagos rétegek mélysége és vastagsága alapján súlyokat állapítottunk meg a belvíz-veszélyeztetettséggel egyenes arányban 1-5 között.

A digitális talajtani adatbázis segítségével meghatároztuk a mintaterületeken belvízzel érintett területek tájtermesztési tulajdonságait, illetve a talaj textúra alapján a belvízképződésre gyakorolt hatás szerint súlyokat definiáltunk.

A hidrometeorológiai adatbázis statisztikai, térbeli-statisztikai elemzése során meghatároztuk a mintaterületekre jellemző idő- és térbeli trendeket. Kapcsolatot kerestünk a belvízképződést befolyásoló csapadékmennyiség, és talajvízszint változása között, valamint megvizsgáltuk a felszíni vízfolyások talajvízszintre gyakorolt hatását is. Az adatbázis alapján meghatároztuk az egyes belvízfoltokra jellemző hidrológiai tulajdonságokat.

A CORINE LC50 adatbázisból a belvízfoltok felszínborítási tulajdonságait határoztuk meg, továbbá 1-5-ig terjedő súlyokkal jellemeztük az egyes terület-használati kategóriákat. Az adatbázist összevetettük a távérzékeléses adatbázis interpretációjából származó térképekkel.

A mintaterületek belvizes területeit légi- és űrfelvételek interpretációjával különítettük el. A légifelvételek kiértékeléséből vektoros folttérképeket szerkesztettünk. Ezek segítségével a belvíz kialakulásában szerepet játszó természetes tényezők tulajdonságait vizsgáltuk meg. Az adatbázist a műholdfelvételek elemzésénél is felhasználtuk. A műholdfelvételeket spektrális indexek segítségével értékeltük ki, amelyek kombinációja újszerű a belvíztérképezésben.

A mintaterületek belvíz-veszélyeztetettségének megállapításához összesítettük a vizsgált természeti tényezők térképeit. A tényezők belvízre és egymásra gyakorolt hatását statisztikai módszerekkel elemeztük. A légifelvételek alapján készített belvíz-folttérképekből 10 méteres felbontású rasztereket hoztunk létre. Ezek alapján random mintavétellel (Beyer, H. L. 2004) minden megállapított kategória pixeleiből 1%-ot válogattunk le. Ezekhez a random pontokhoz a következő raszterek adatait rendeltük hozzá:

- Sekélyföldtani rétegek belvíz súlyértékei, 50 m felbontás.
- 0-30 cm-es réteg talaj textúra alapján meghatározott súlyértékei, 100 m felbontás.
- 30-60 cm-es réteg talaj textúra alapján meghatározott súlyértékei, 100 m felbontás.
- Zárt depressziók rétege azok mélységével, felbontás: 50 m.
- Wetness Index (WI), felbontás: 50 m.
- 1999 és 2000 között észlelt havi talajvízszint maximuma, felbontás: 50 m. A légifotók felvételezési ideje miatt választottuk ezt a 2 évet. A negatív értékek elkerülése végett minden vízszinthez hozzáadtunk 1000-et.
- 1999 és 2000 között mért legnagyobb 3 havi csapadékösszeg, felbontás: 50 m.
- CLC 50 összevont kategóriáinak súlyértékei, felbontás: 50 m.

Az értékek standardizálása után főkomponens analízist végeztünk varimax rotációt alkalmazva. A korrelációs mátrixot Barlett-próbával teszteltük. A főkomponensek segítségével állapítottuk meg, mely tényezők tartoznak össze, azaz melyek azok, amelyek leginkább befolyásolják a belvíz képződését. Azt is meg-

vizsgáltuk, hogy a főkomponens analízis alapján milyen különbségek vannak a 3 kistáj között, melynek eredményét biploton ábráztuk.

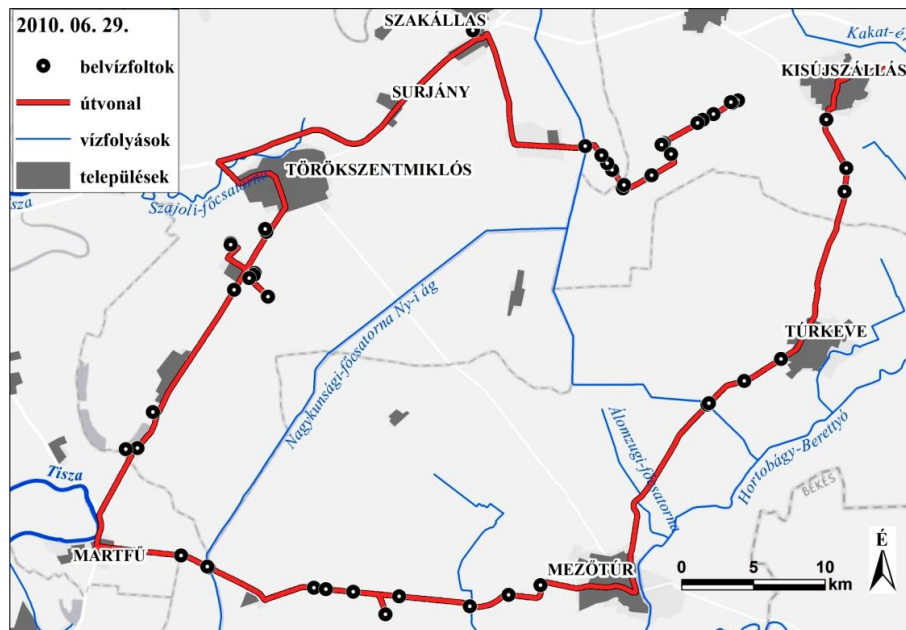
A főkomponens analízis alapján és a tényezők kétváltozós regresszió vizsgálata alapján, többváltozós regresszió analízissel, SAGA környezetben megszerkesztettük a mintaterületek belvíz-veszélyeztetettségi térképét. A veszélyeztettség mértékét három fokozatban jellemeztük: erősen, közepesen és gyengén, vagy nem veszélyeztetett területek.

## 5. Eredmények

### 5.1. Terepi adatgyűjtésből származó eredmények

A Szolnok–Túri-síkon egy kb. 133 km hosszúságú útszakasz közvetlen környezetében térképeztük fel a belvízfoltokat (21. ábra). Ezeknek a távérzékelési adatok feldolgozásánál volt jelentősége, mert kiváló referenciaterületekként szolgáltak.

A felmért foltok többsége mezőgazdasági területen húzódott, ahol kukoricát termesztettek. A foltok legnagyobb valószínűsíthető határait a növényzet (kukorica) alulfejlettsége, vagy hiánya is mutatta. A szántóföldek szélén összegyűlt vizeket az út sok esetben kettévágta, de ez nem általános. Ahol csak az egyik oldalon volt vízfolt, habár a geomorfológiai sajátosságok a másik oldalon is lehetővé tették volna, ott az út menti árokrendszer minőségbeli különbsége, vagy (valószínűleg) a földtulajdonosok által létesített kisebb levezetőárkok játszottak szerepet.

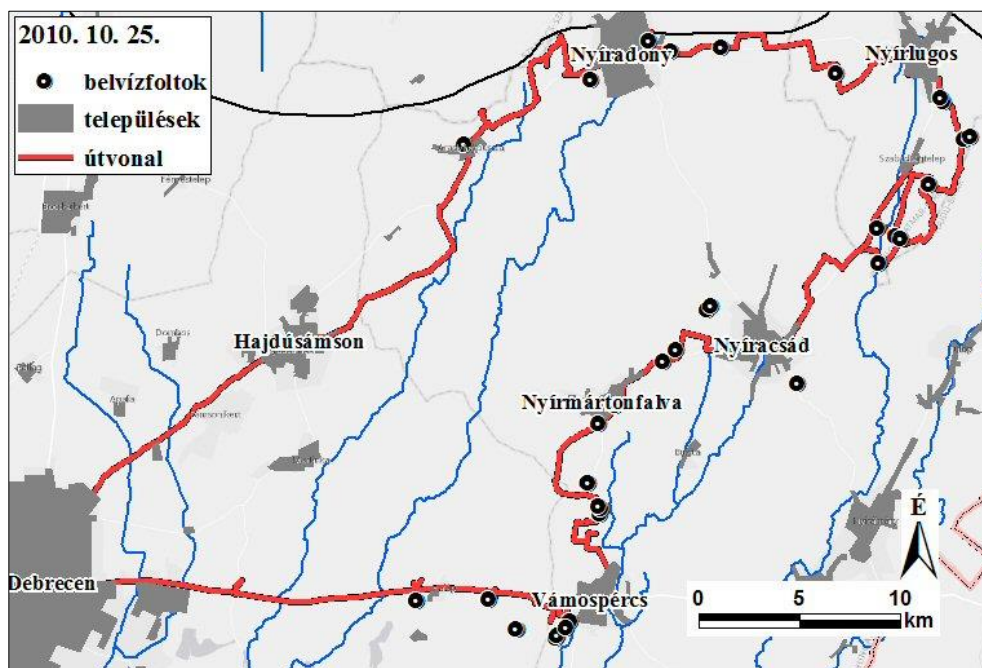


21. ábra 2010. június 29-én végzett terepi felmérés a Szolnok–Túri-síkon (saját szerk.)

A terepi felmérés után a rendelkezésünkre álló adatok alapján egyrészt a mélységük, másrészt az alakjuk alapján kategóriákba soroltuk a belvizes területeket. A felmérés alapján megállapíthatjuk, hogy a mélyebb foltok egyrészt az út menti területeken figyelhetők meg. Kialakulásuk valószínű antropogén felszínalakítással magyarázható, ugyanis az utak töltése közvetlenül az út menti területekről történt. Azt is megfigyeltük, hogy az út egyes szakaszain azért gyűlt össze a belvíz, mert az út menti árkokat nem gondozzák, ezáltal a vízelvezető képességük csökken. A mélyebb belvizek csoportjába sorolhatók a hosszabban elnyúló egykori medrek maradványai. Ezek mélysége szorosan összefügg a feltöltöttségi állapotukkal.

A sekélyebb belvízfoltok többsége a szántóföldeken alakult ki. Alakjuk nagyon változó, kialakulásuk elsősorban az alkalmazott agrotechnológiával van összefüggésben. Előfordulnak olyan foltok is, ahol az antropogén hatást egyértelműen nem mutathattuk ki. Valószínű ezeken a területeken a talajban lejátszódó folyamatok (CaCO<sub>3</sub> kioldódás, ill. tömörödés) idézték elő a környezetüknél mélyebb területek kialakulását, amelyek a belvizek felhalmozódásának kedveznek. A talaj felső rétegeiből a mintagyűjtésnek éppen az volt a célja, hogy a talajok eltérő fizikai, kémiai tulajdonságai alapján magyarázatot tudjunk adni a felmerült kérdésekre.

Az eltérő domborzati adottságokkal rendelkező Dél-Nyírségben (22. ábra) a belvizek többsége a buckaközi mélyedésekben alakult ki. Ezeken kívül a veszélyezett területek közé sorolhatjuk a deflációs laposokat, szélbarázdás felszíneket. A belvizes mélyedések gyakran náddal-sással borítottak, ami arra utal, hogy a talajvíz közel van a felszínhez. Gyakran nem a csapadékból származik a belvizek utánpótlása, hanem a talajvízből. A belvízrendezési munkálatok során a Nyírség területén kiterjedt csatornahálózatot építettek. A terepbejárásaink során itt is azt tapasztaltuk, hogy a csatornák gondozásának hiánya miatt a belvízelvezetés helyenként nem az eredeti terveknek megfelelően alakul.



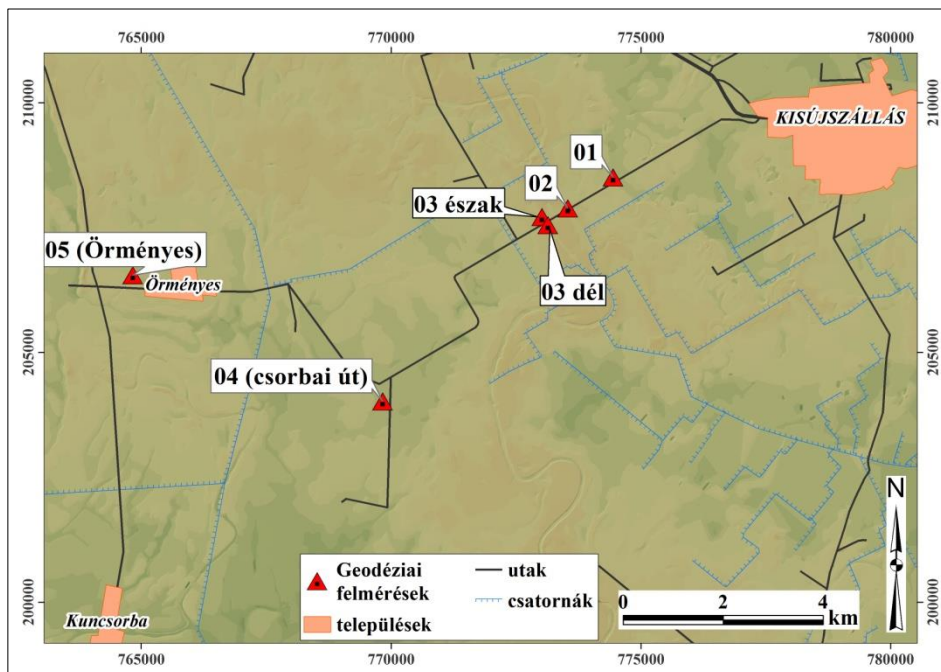
22. ábra 2010. 10. 25-én végzett terepi felmérés a Dél-Nyírségben (saját szerk.)

A Rétköz területén számszerűen nem mértük fel a belvízfoltokat, de terepbejárásaink során szerzett tapasztalataink alapján a mintaterület két típusba sorolható a belvizek osztályozását tekintve. A kistáj nyugati felén elsősorban az elhagyott és részben feltöltött folyómedrek kedveznek a belvizek kialakulásának. Ezzel

szemben a keleti területeken a Dél–Nyírséghez hasonlóan a negatív eolikus formák a belvízképződés szinterei. Egyébként azt is meg kell jegyeznünk, hogy a Rétközben a Tisza és a nagyobb csatornák vízállása hatással van a talajvíz szintjének alakulására, ez pedig befolyásolja a belvízborítás tartósságát.

### 5.1.1. Geodéziai felmérés eredményei

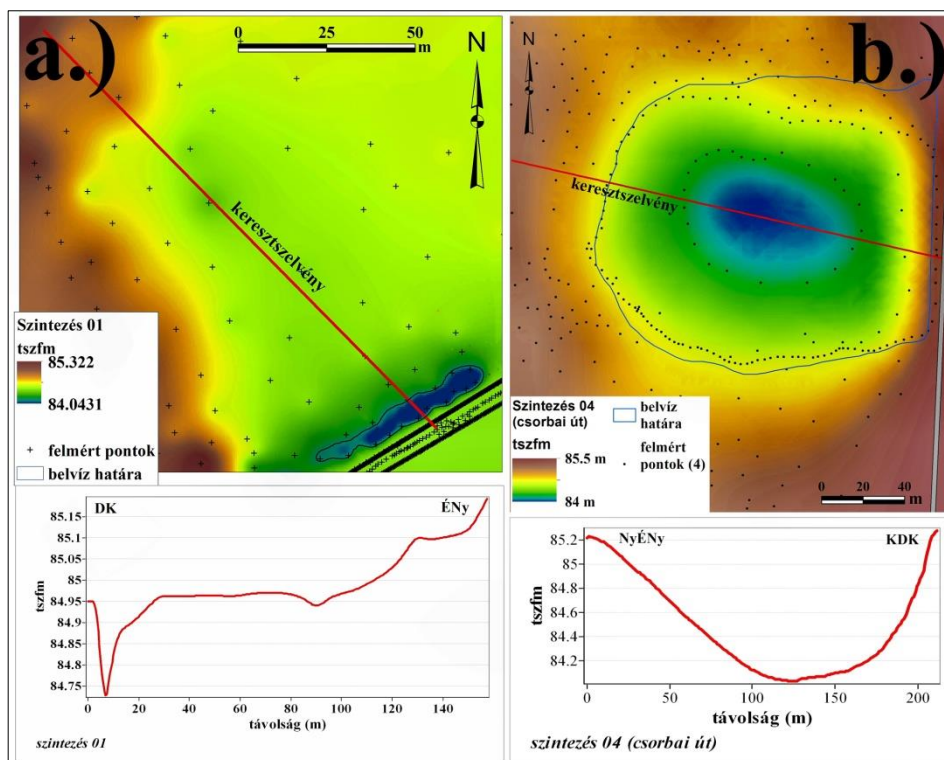
A terepi bejárást követően a különböző típusú belvízfoltok geodéziai felmérését is elvégeztük. A Szolnok–Túri-síkon végzett mérési helyszíneket a (23. ábra) szemlélteti. A fentebb már két csoportba besorolt belvízfoltok közül 5 helyszínen végzett mérések eredményeit az alábbiakban foglalhatjuk össze.



23. ábra A Szolnok–Túri-síkon végzett geodéziai felmérések helyszínei (saját szerk.)

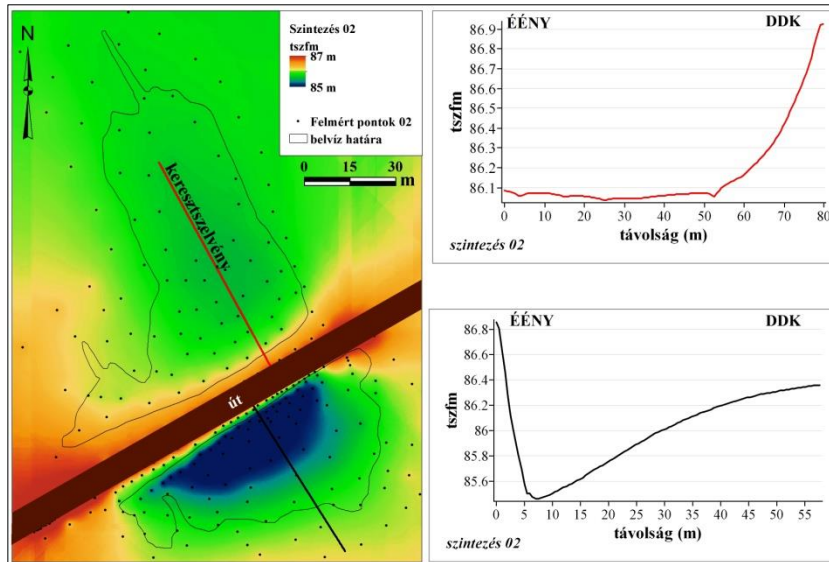
A sekély típusba sorolható belvízfoltok helyszínein (23. ábra 01; 04) végzett mérések adataiból DDM-et szerkesztettünk. Ennek pontosításához pontsűrítést alkalmaztunk. Az első helyszín domborzatmodelljéről leolvasható, hogy az út melletti terület 84,7 méteres magasságától a szelvény mentén haladva kb. 1 métert emelkedik a felszín (24.a ábra). A felmérés időpontjában sekély víz borította a területet, a vízfelszín határa kb. 84,85 Bmf.-nál húzódott. A negyedik mérési helyen található belvízfolt majdnem kör alakú, a vízmélység közel fél méter. Ezért ezt a területet szintén a sekély kategóriába soroltuk. A mérési adatokból szerkesztett domborzatmodellt (24.b ábra) összehasonlítva az előző helyszínen készülttel megállapíthatjuk, hogy a mikrodomborzatukban eltérés tapasztalható. A szerkesztett

keresztmetszeti ábra szerint az első belvízfolt az út irányába mélyül, míg a negyedik helyszínen felmért közel kör alakú belvízfoltnál ez az aszimmetria nem mutatható ki. A mélyedések kialakulása eltérő módon történt. Az első helyszínen az út irányába történő mélyülés kialakulása azzal magyarázható, hogy az út feltöltéséhez használt anyag innen származik. A terület korábbi topográfiai térképeit tanulmányozva megállapíthatjuk, hogy a negyedik helyszín mélyedését vizes területként már a harmadik katonai felvételen is feltüntették. Kialakulása valószínűleg természetes okokra vezethető vissza.



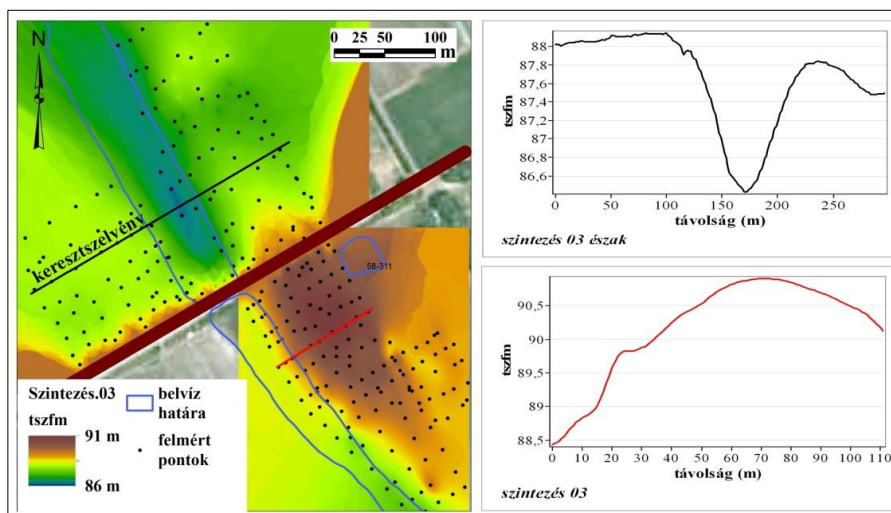
24. ábra Sekély belvízfoltokról készült DDM és keresztmetszvény (saját szerk.)

A másik típusba sorolható belvízfoltok helyszínein (23. ábra 02; 03; 05) végzett méréseink alapján a következőket állapíthatjuk meg. A második helyszín az út kialakítása előtt is egy mélyebb felszín volt, ezt a környezetének magassági adatai jól tükrözik. Az utat ezen a belvízveszélyes területen keresztül vezették. A biztonságos közlekedés érdekében az út szintjét az út menti területekről magasították fel, így egy mélyebb belvízveszélyes folt alakult ki (25. ábra). A geodéziai felmérés alapján készült DDM és keresztmetszvény ezt igazolja.



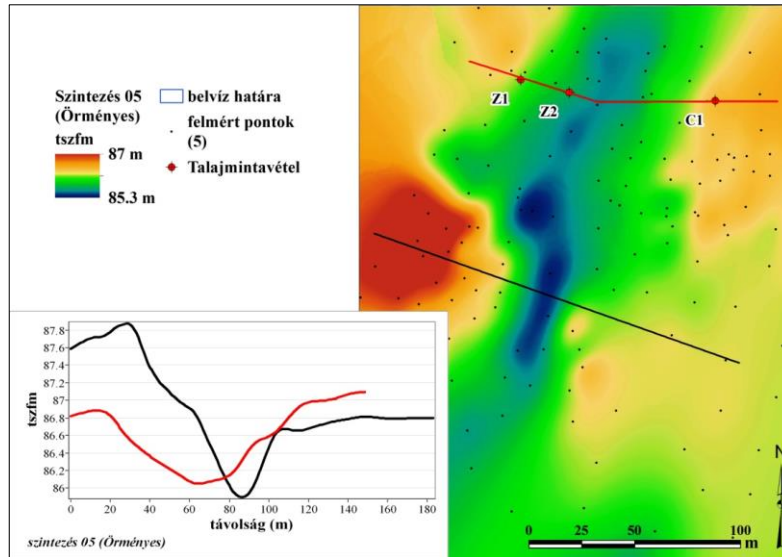
25. ábra A geodéziai felmérés második helyszínéről készült DDM és keresztmetszvények (saját szerk.)

A harmadik és ötödik felmérési helyszínünk morfológiailag teljesen eltér az előzőektől. A belvíz hosszúkás alakja és a környezet topográfiai térképei alapján arra következtethetünk, hogy korábban itt egy meder húzódott, amely szakaszonként feltöltődött. Az út ezeket a belvizes területeket kettévágja. A geodéziai felmérések eredményeképpen megállapíthatjuk, hogy a szintkülönbségek (26. és 27. ábra) a sekély kategóriához képest jelentősebbek, de a harmadik helyszínen nagyobbak, mint az ötödiken.



26. ábra A geodéziai felmérés harmadik helyszínéről készült DDM és keresztmetszvény (saját szerk.)

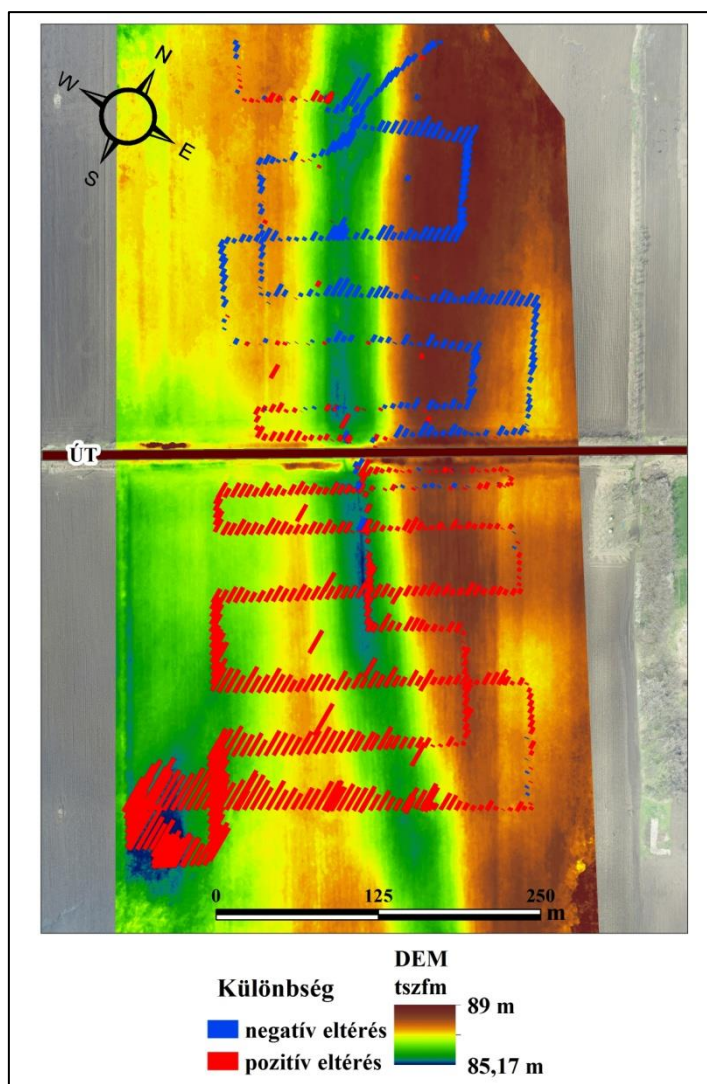




27. ábra A geodéziai felmérés ötödik helyszínéről készült DDM és keresztmetsvény (saját szerk.)

A harmadik helyszínen az optikai szintezés mellett GPS és drónos felmérést is végeztünk. A felmért pontok és a fotogrammetriával generált DTM szerint az út két oldala között nincs jelentős magassági eltérés (28. ábra), az egykori meder mélysége is csupán 20 cm-rel van alacsonyabban a déli oldalon. A DTM-en nagyon jól látszik a meder és az azt kísérő folyóhát is. A drónnal készített felmérés időpontjában nem volt víz a meder déli részében, mert egy levezetőárkot létesítettek, amely kiválóan betöltötte funkcióját. Az északi oldalon vizet kedvelő növényzet települt, ami a felvételezéskor vízben állt. Ezt a légitetőkből készült ortofotómozaikon is látni lehet. Ez utóbbi azért is fontos, mert ezzel a módszerrel elérjük a terepbejárással nem látható, nehezen megközelíthető helyeket is, és információt tudunk gyűjteni akár a csatornák állapotáról is.

A DTM pontosságának ellenőrzéséhez a GPS mérést tekintettük referenciának. A bemért pontokban számított magasságkülönbségeket a 28. ábrán ábrázoltuk. A kék színű oszlopok a negatív, a piros színűek a pozitív eltérést jelentik, az oszlopok hossza pedig az eltérés mértékét. A két mérés eltéréseit a 9. táblázat tartalmazza.



28. ábra GPS-es felmérés (Trimble S9) és fotogrammetriai úton előállított DTM magasságkülönbségei (saját szerk.)

7. táblázat A GPS mérés és a DTM közötti eltérés adatai

Minimum	Maximum	Átlagos eltérés
-0,481 m	0,779 m	0,0837m

A GPS és a drónnal végzett felmérés között átlagosan 8 cm-es különbség tapasztalható, ami eleget tesz a belvíztérképezés szempontjainak. A hiba a grid szélei felé növekszik, ez azonban csökkenthető, ha a vizsgálni kívánt terület határainál nagyobb puffér zónában is fényképezünk, vagy növeljük a földi illesztőpontok számát. Ebben az esetben azt tapasztaltuk, hogy a DEM észak felé megbillent hely-

zetben van a referenciefelszínhez képest. Ez a hiba szintén csökkenthető a korábban ismertetett módszerekkel.

A belvíz szempontú domborzati térképezés konklúziójaként elmondható, hogy legnagyobb előnnyel a fotogrammetriai adatnyerés és feldolgozás jár, mivel nemcsak nagy pontosságú felszínmodellt lehetséges előállítani, hanem az elkészült ortofotókról körülhatárolhatók a belvizes foltok. Ennek előnyeit tovább növeli, ha a nedvességtartalomra érzékenyebb infravörös sávban is felvételező kamerával végezzük a lerepülést.

### 5.1.2. Laborvizsgálat eredményei

A talajtani vizsgálatokhoz a mintavételi helyeket a Szolnok–Túri-síkon és a Rétközben jelöltük ki. Mindegyik helyen végeztünk geodéziai méréseket is. A fúráshelyeket és azok koordinátáit a 9. ábra továbbá a 3. táblázat tartalmazza.

Az előző fejezetben jellemzett belvízfoltok helyszínein kívül olyan sík területről is gyűjtöttünk mintákat, ahol az antropogén tevékenység hatására vízborítás alakult ki.

A laborvizsgálatok közül elsőként a szedimentológiai eredmények kerülnek bemutatásra.

A Szolnok–Túri-síkon többségében közepes, vagy gyenge víznyelésű, és vízvezető-képességű talajok találhatók. A sekélyebb belvízfoltok területén mélyített fúrások (A1; A2; A5; A6; A7; A8; B1; B2; T1; T2) mintáinak szemcseösszetételéről megállapítható, hogy a belvízfolt pereméhez közeledve a fúrások felszíni mintáinál nagyon enyhe finomodás figyelhető meg. Ez elsősorban az anyag lejtőn történő lemosásával magyarázható. A sekély mélység és a kis lejtőszög miatt ez a lemosás nagyon lassú mértékű. A fúrások mintáinak mélységbeli változásai elsősorban a felszín kialakulásával állnak kapcsolatban, az egyes rétegek szemcseeloszlása a beszivárgás sebességét határozza meg. A fúráshelyek különböző távolságra helyezkedtek el egymástól, rétegtani felépítésük is eltérő volt. A rétegek szemcseösszetételéről az I/1. melléklet nyújt információt.

A mélyebb belvízfoltok területén mélyített fúrások (A3; A4; B3; B4; A9; A11; A12; A13; ST1; ST2; T4; Z1; Z2) helyszínein a felső talajréteg szemcseösszetételénél a lejtés irányába történő finomodás jobban kimutatható, mint az előző típusnál. A fúrások mintáinak mélységbeli eltérései itt is megfigyelhetők (I/2. melléklet).

Az iszapos fizikai talajféleség és a konvergens felszín együttesen olyan hatásmechanizmust indít el, amely elősegíti a belvízképződést. A mélyedésekben a finomabb szemcsék halmozódnak fel, ami lassítja a beszivárgást, így erősíti a belvízre való hajlamot.

A sík területeken kialakult belvízfoltok fúrásainál (ST03; ST04; ST5; ST6; ST7; T3; a szintkülönbségek hiánya miatt a fentebbi törvényszerűségek nem mutathatók ki, azonban ezeken a területeken a felszíni rétegben vályog és agyag frakció az uralkodó (I/3. melléklet).

A Rétközben a morfológiai és talajtani adottságok eltérőek, viszont a belvízzel borított területek mindegyik típusnál megtalálhatók. A fúrások felét a kötöt-

tebb talajú területeken kialakult belvízfoltok térségében mélyítettük, a másik fele pedig a homokos felszíneken került kijelölésre.

A sekély típusba sorolt belvízfoltok térségében mélyített fúrások (R1; R2 – 9. ábra és 2. táblázat) szemcseösszetételénél hasonló törvényszerűségek figyelhetők meg, mint a Szolnok–Túri-síkon, azonban a foltokhoz közeledve nagyobb mértékű finomodás figyelhető meg (I/4. melléklet).

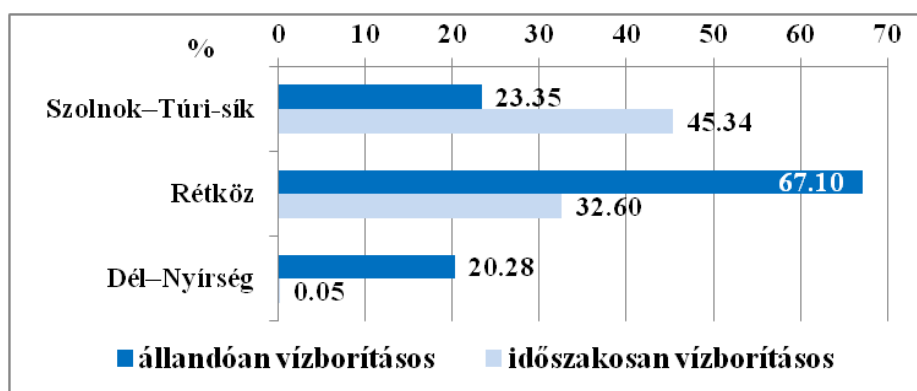
A mélyebb belvízfolt típusnál gyűjtött minták (R4; R5; R6 – 9. ábra és 2. táblázat) esetében a lejtőirányú finomodás jelentősebb. Ez egyértelműen a meredekebb lejtőn történő lemosódással magyarázható (I/5. melléklet). A belvíz a buckák közötti mélyedésben képződött, a víz beszivárgását a lehordott finom anyag lassította.

Az R3-as fúrást egy elhagyott mederben mélyítettük, amelyet a hordalék-kúp egykori vízfolyása alakított ki. Ebben gyakran belvíz látható. A fúrás talppontja 360 cm-en volt, de a talajvíz már 120 cm-en jelentkezett. A fúrás rétegsora (I/6. melléklet) alapján megállapíthatjuk, hogy a hajdani medret a pleisztocén végének száraz időszakában a futóhomok részben feltöltötte. Ezt követően a magasabb térszínről finomabb üledék került a mederbe. A 60-70%-ot elérő iszapos-agyagos üledék lassítja a felszínre érkező víz beszivárgását.

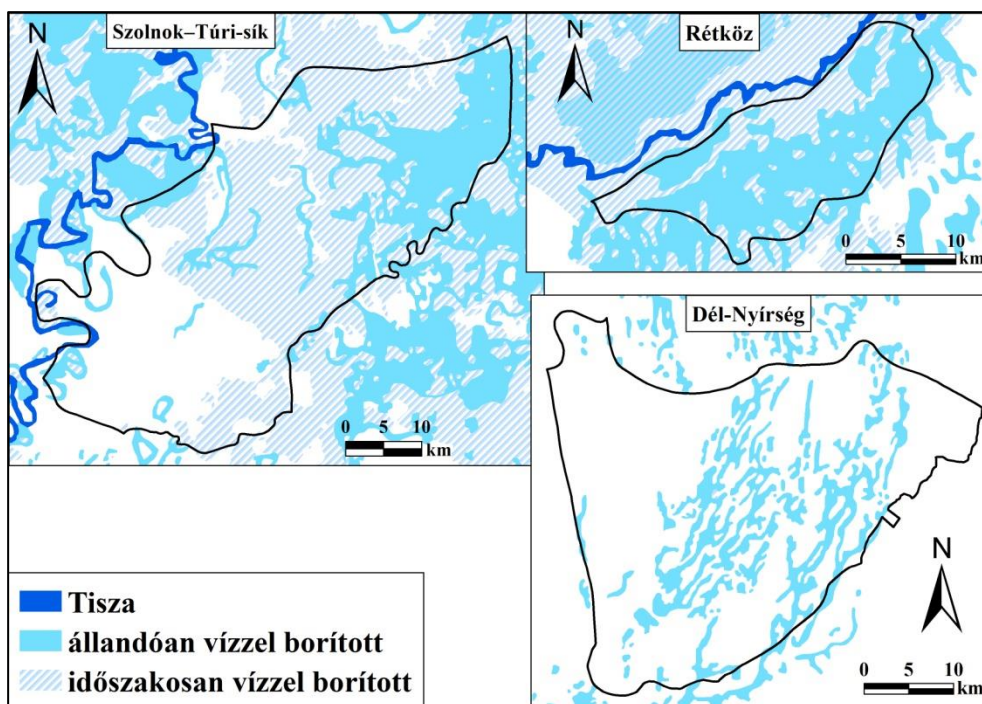
## 5.2. Térképes adatbázisok elemzéséből származó eredmények

### 5.2.1. A Kárpát-medence vízborította és árvízjárta területeinek adatai a mintaterületeken (az ármentesítő és lecsapoló munkálatok megkezdése előtti térkép alapján)

A georeferált raszteres térkép vektorizálása után nyert adatok csak tájékoztató információkat szolgáltatnak a mintaterületek vízborítottsági viszonyairól. Az adatokból megállapíthatjuk, hogy arányaiban a Rétköz területét borította legnagyobb arányban víz (29. és 30. ábra).



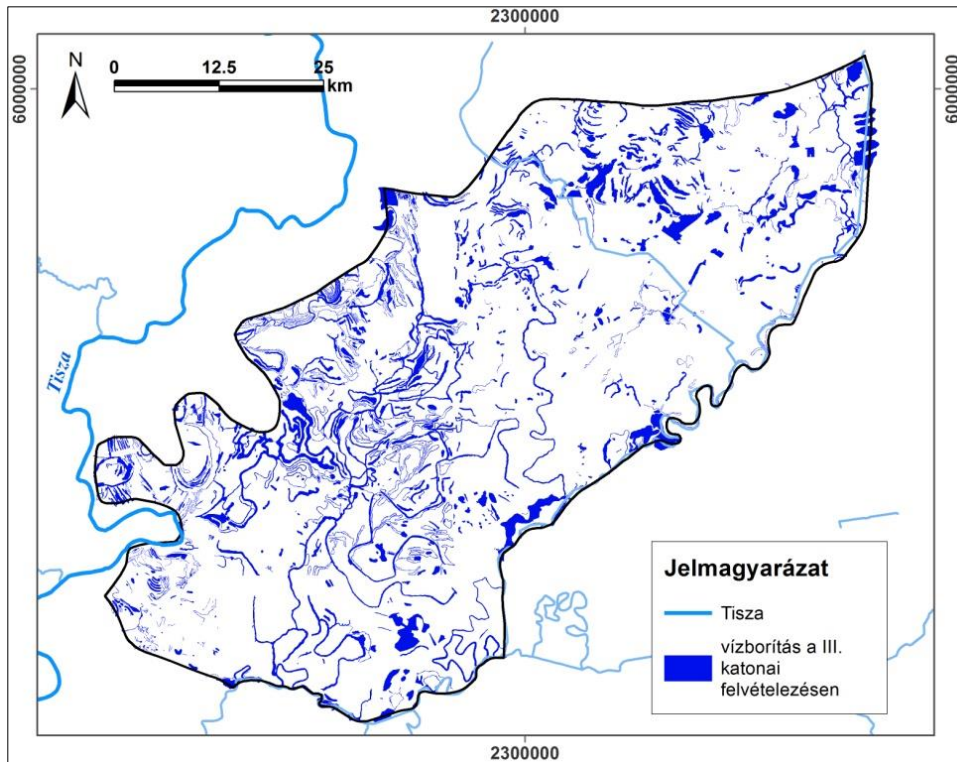
29. ábra A vízzel borított területek százalékos aránya a mintaterületeken a Lászlóffy (1938) térkép alapján (saját szerk.)



30. ábra Vízzel borított területek a Lászlóffy-féle térkép (1938) alapján (saját szerk.)

### 5.2.2. A harmadik katonai felmérés szerint vízzel borított területek a Szolnok-Túri-síkon

A georeferált harmadik katonai felmérés szelvényeit vektorizáltuk. Ennek adatai szerint 250 km<sup>2</sup>-nyi területet borított víz a mintaterületünkön (31. ábra). Ezek a területek főleg elhagyott folyómedrek nyomaiban húzódtak, ami nemcsak a megmaradt formakincs miatt lényeges, hanem az ott felhalmozott üledékek miatt is. Nagy összefüggés tapasztalható az egykori medrek elhelyezkedése és a napjainkban kialakuló belvízfoltok között.



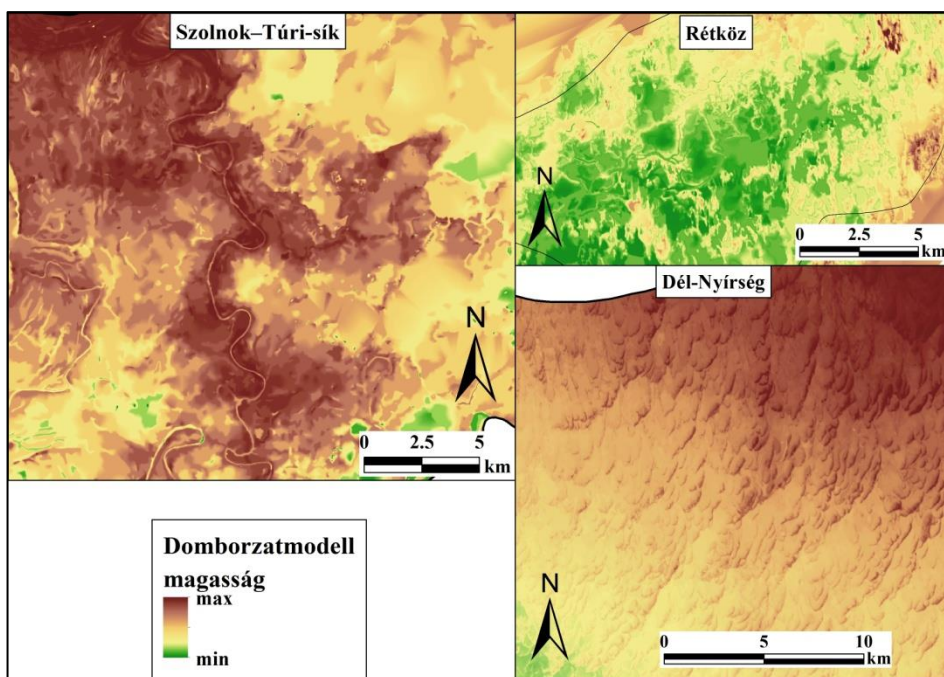
31. ábra Vízrel borított területek a Szolnok–Túri-síkon a harmadik katonai felmérés alapján (saját szerk.)

### 5.2.3. A 10 000-es topográfiai térképek alapján készült adatbázis

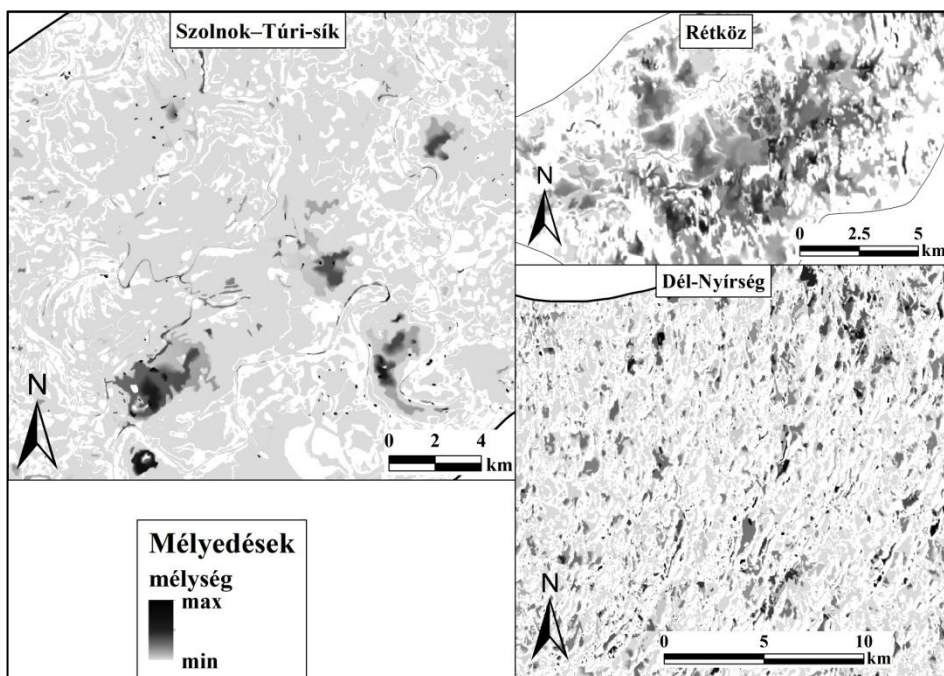
A georeferált térképszelvények szintvonalait vektorizáltuk. Ebből az adatbázisból szerkesztettük meg a mintaterületek domborzatmodelljeit (DDM) (32. ábra). A DDM-ek a Rétköz és a Dél-Nyírség területének 100%-áról, míg a Szolnok–Túri-sík kistájának 98%-áról álltak elő.

A DDM-ek alapján lehatároltuk a belvízképződés szempontjából releváns konvergens mélyedéseket (33. ábra). A negatív formákról létrehozott raszteres rétegek szerint a Szolnok–Túri-síkon a körülhatárolt mélyedések maximális mélysége 1 méter, a Rétközben közel 2 méter, a Dél-Nyírségben pedig 2,4 méter.

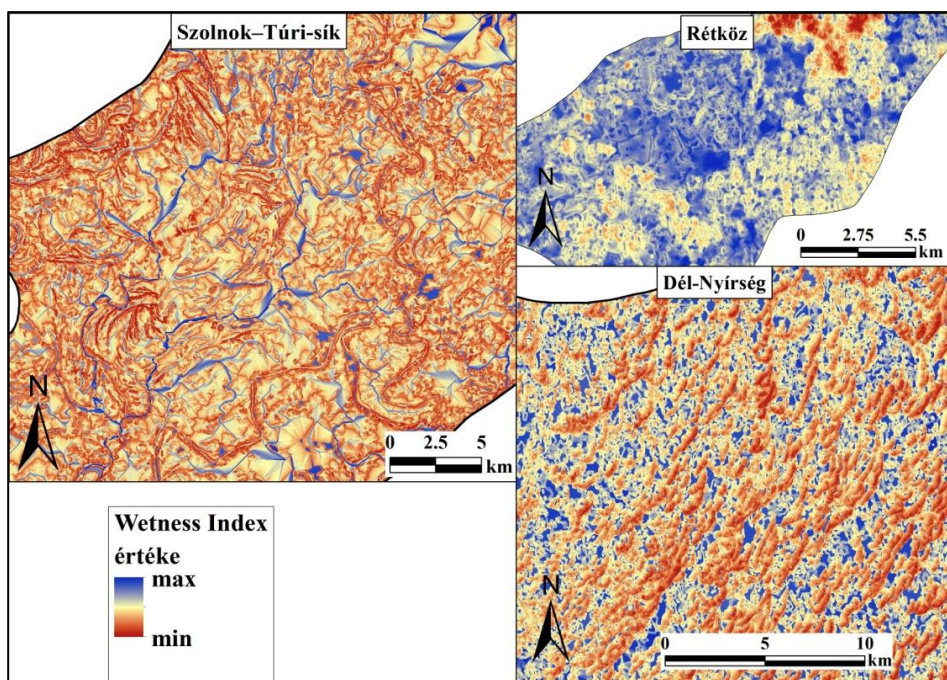
A mintaterületekre kiszámítottuk az úgynevezett domborzati nedvesség mutatót (Wetness Index) (34. ábra). Az index a belvíz-veszélyeztetettség egyik tényezőjeként funkcionált a mintaterületek veszélytérképeinek elkészítésekor. Az index értékei (0-12 körüli) alapján megállapítható, hogy a magasabb értékek a Szolnok–Túri-síkon az elhagyott folyómedrek vonalában, és a nagyobb kiterjedésű lefolyástalan mélyedésekben fordulnak elő. A Rétközben jól kirajzolódnak a keleti területeken megjelenő homokbuckák alacsony értékei, ahogyan a Dél-Nyírség buckák és a közöttük lévő mélyedések kontrasztja is.



32. ábra A mintaterületek szerkesztett domborzatmodell részletei (saját szerk.)  
 (az ábrán látható részlet a felmérési helyszínek környezetét mutatja)



33. ábra A domborzatmodellek alapján lehatárolt felszíni depressziók a mintaterületeken



34. ábra A mintaterületekre számított Wetness Index (WI)

### 5.3. Hidrometeorológiai adatok feldolgozásának eredményei

#### 5.3.1. A csapadék mennyiségének tér- és időbeli eloszlása a mintaterületeken

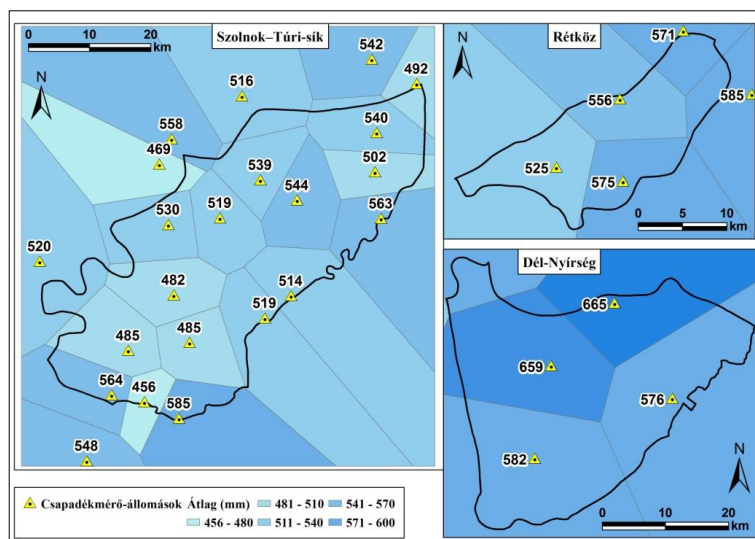
A belvíz veszélyeztetettségének mértékét a csapadék tér- és időbeli eloszlása nagymértékben befolyásolja. Ahol a csapadék mennyisége kiemelkedő, ott nagyobb az esélye a belvíz kialakulásának, továbbá a csapadék intenzitásától (hosszú ill. rövid ideig nagymennyiségű csapadék, hosszan tartó aszályos időszakok) függően változik a vízborítás megjelenése és tartóssága.

20 év (1989-2008) átlagos évi csapadékösszege a Szolnok-Túri-síkon 511 mm, a Rétközben 567 mm és a Dél-Nyírségben 588 mm. A csapadékmérő állomások alapján szerkesztett Thiessen-poligonok szemléltetik a mintaterületek csapadékeloszlását (35. ábra).

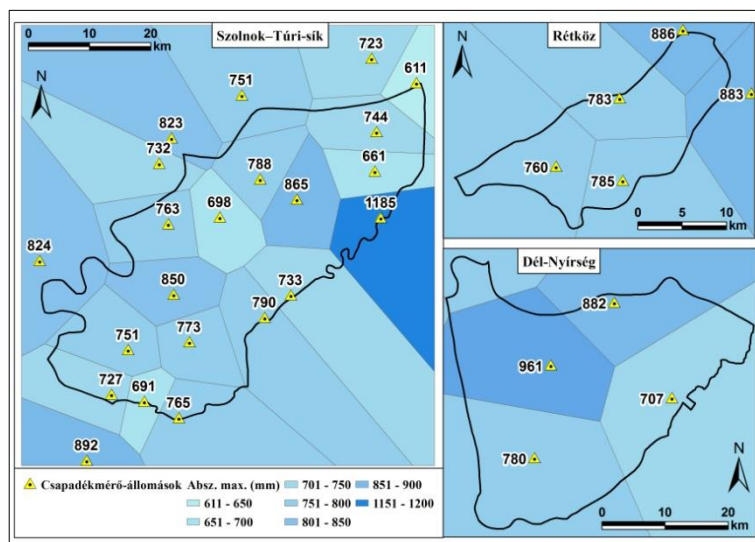
**A Szolnok-Túri-sík területén nincs térben egyértelműen kijelölhető növekedési irány a csapadék eloszlásában**, az átlagos csapadékösszegek 450-550 mm körül alakulnak. **A Rétközben a csapadék átlagos mennyisége K-DK felé növekszik** (525 mm-ről 585 mm-re), ami az ÉK-Kárpátok hatásával magyarázható, de a kialakult különbségek (20-30 mm) nem jelentősek. **A Dél-Nyírségben** 660 mm körüli értékeket mértek. A középső és É-ÉK-i részen figyelhető meg nagyobb csapadékmennyiség.

A csapadékösszegek abszolút maximuma (36. ábra) alapján megállapíthatjuk, hogy az idősorunk intervalluma alatt hol, és melyik évben veszélyeztette a területet az átlagosnál nagyobb mennyiségű csapadék.





35. ábra Az átlagos évi csapadék térbeli eloszlása a mintaterületeken (1989-2008) (saját szerk.)



36. ábra Az évi csapadékmennyiségek abszolút maximumai (1989-2008) (saját szerk.)

Az adatsorból megállapíthatjuk, hogy a Szolnok–Túri-sík területén, Karcag-Villogó mérőállomáson 2001-ben 1185 mm mennyiséget regisztráltak. Sajnos olyan adattal nem rendelkezünk, amely a kistáj belvízborítottságát mutatná éves bontásban. Az országos adatot azért nem vehetjük figyelembe, mert kistájanként eltérő években különböző mennyiségű csapadékmaximumot mértek.

A Rétközben 1998-ban Szabolcsveresmart állomáson regisztrálták a legnagyobb mennyiségű csapadékot (886 mm).

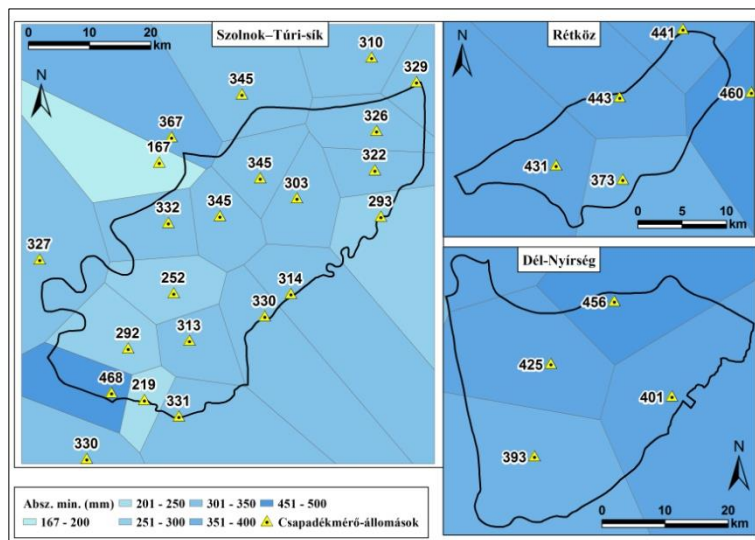
A Dél–Nyírség területén 1999-ben Hajdúsámsonban 961 mm-t mértek.

A csapadékmaximumok nem mindig ugyanabban a hónapban jelentkeznek. A belvíz szempontjából az is fontos, hogy az év melyik időszakában észlelték a legnagyobb csapadéértéket, ugyanis a nyári hónapokban egyrészt a növények vízfelvétele, másrészt a párolgás mértéke is nagyobb, mint a tavaszi, vagy őszi időszakban. A nagyobb csapadékkal rendelkező évek hatása a következő évben is jelentkezhet. Ez több hatótényezőtől függ.

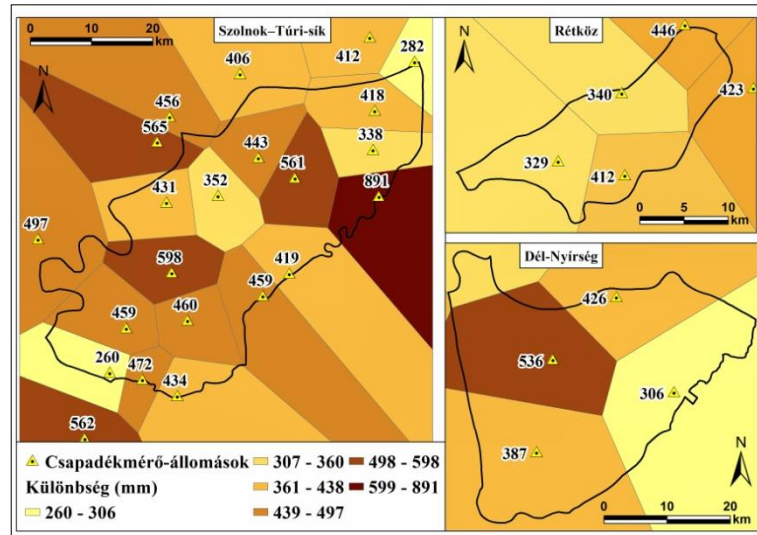
A többéves adatsor tanulmányozása alapján megállapíthatjuk, hogy az aszályosabb években kisebb a belvíz kialakulásának a kockázata. Ez különösen akkor igaz, ha a kisebb csapadékösszegű évet megelőzően nem, vagy csak kis mértékben alakultak ki belvizes területek.

A Szolnok–Túri-sík közelében 1995-ben 167 mm-t (Nagykörű), a Rétközben 2000-ben 373 mm-t (Gégény), a Dél-Nyírségben 1994-ben 322 mm-t (Hajdúböszörmény) mértek. A minimumok területi eloszlása (37. ábra) alapján megállapíthatjuk, hogy a Szolnok–Túri-síkon térbelileg elszórt (diszperz) az észlelt csapadékmennyiség eloszlása, míg a Rétközben K felé, a Dél-Nyírségben pedig É-ÉK-i irányba növekszik.

A fentebbi adatok alapján a szélsőségeket a csapadékmaximumok és minimumok különbségeivel határozhatjuk meg. A belvíz kialakulását a szélsőségek elősegíthetik. A Szolnok–Túri-sík mérőállomásainak adataiban jelentős eltéréseket tapasztaltunk (38. ábra), ezért itt a legnagyobbak a szélsőségek. A Rétközben viszonylag kiegyenlítették a különbségek, csak a mintaterület keleti peremén tapasztalható ettől eltérés (80 mm). A Dél-Nyírségben a középső területen jelentősebb, a DK-i részén kisebbek a különbségek.



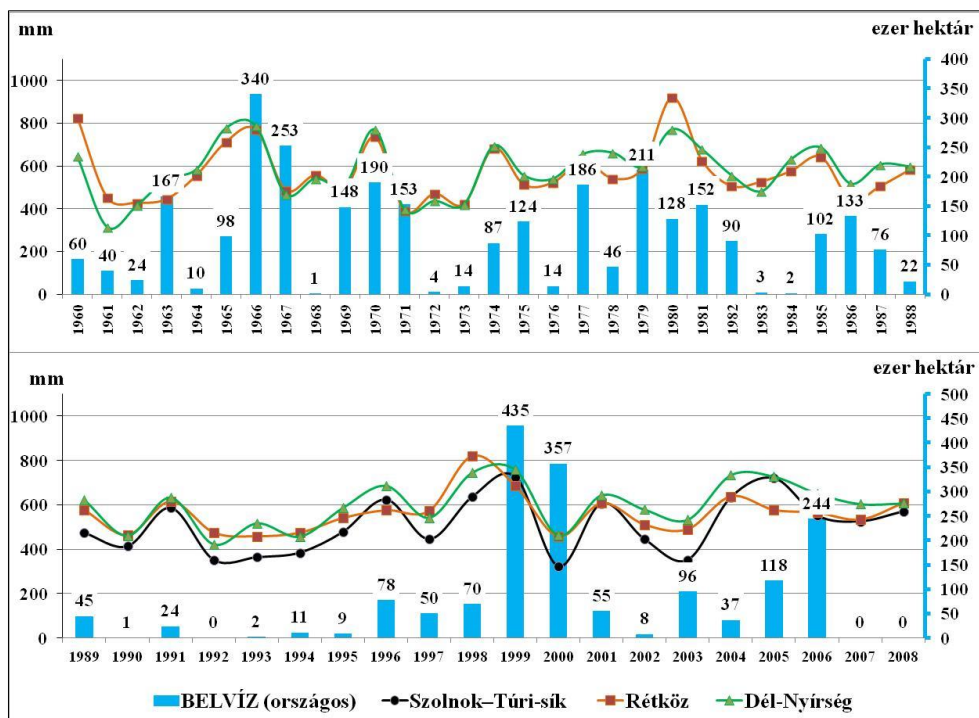
37. ábra Az évi csapadékmennyiségek abszolút minimumai (1989-2008) (saját szerk.)



38. ábra Az évi csapadékmennyiség abszolút különbségei (1989-2008) (saját szerk.)

Az 1989–2008-ig terjedő periódust vizsgálva megállapítható, hogy az átlagos évi csapadékösszegek alakulása összhangban van a belvízzel borított területek változásával, kivéve 2000 és 2003 éveket (39. ábra). A helyi csapadékmaximumok a belvíz maximumokat megelőző (1965; 1985; 1998–1999; 2004–2005), vagy azzal egyező években (1970; 1996) jelentkeztek. A mintaterületeken a legcsapadékosabb éveket az ezredfordulót megelőzően mérték: 1998-1999-ben (39. ábra és 8. táblázat). Ekkor következett be az elmúlt 50 év legnagyobb belvizes időszaka, amikor országosan 435 ezer hektár került vízborítás alá. Ez még 2000-ben sem csökkent számottevően (357 ezer ha) annak ellenére, hogy a mintaterületek többségén ez volt az elmúlt 25 év egyik legszárazabb éve. A 2006-os belvizes évet szintén egy nedvesebb időszak előzte meg, a mintaterületeken 2004-2005-ben a sokéves átlagot meghaladó mennyiséget regisztráltak. Minthogy a belvíz nemcsak a csapadékmennyiség függvénye, voltak olyan évek, amikor a csapadékosabb évek ellenére sem következett be nagy kiterjedésű belvízi elöntés (1976; 1978; 1980). De előfordult, hogy csökkenő éves csapadékmennyiség ellenére belvizet regisztráltak (2003).

**Az éves csapadékmennyiségek éves ingadozása a Szolnok–Túri-síkon nagyobb, mint a Dél–Nyírségben, vagy a Rétközben (39. ábra), de kisebb eltérésektől eltekintve a minimumok, maximumok ugyanúgy követik egymást minden mintaterületen.** Az átlagos évi csapadékmennyiség alapján számított korreláció a Szolnok–Túri-sík és a Dél–Nyírség között a legerősebb (0,934), a Rétköz és Dél–Nyírség között szintén erős a kapcsolat (0,835), a Rétköz és Szolnok–Túri-sík között az előbbiektől gyengébb (0,789).



39. ábra Az évi csapadékösszegek és az országos belvizek alakulása (1960–2008) (saját szerk.)

Tükrözi az erős hasonlóságot az is, hogy a Szolnok–Túri-síkon és a Dél–Nyírségben ugyanazon évek kerültek az első 5 legcsapadékosabb évek közé — a sorrendtől némileg eltekintve (8. táblázat). A Rétközben észlelt átlagos csapadékmennyiségek maximumai két év (1991; 2001) kivételével megegyeznek a másik két kistájéval. Felhívja a figyelmet a maximumok között mindenhol szereplő 2004-es év. A belvizek ebben az évben azonban (csak) 37 ezer hektár volt, így meg sem jelenik az első ötben. Ez jó példa arra, hogy **az extrém csapadékmennyiségnek nem feltétlen velejárója az extrém méreteket öltő belvízi elöntés.**

A minimumokat tekintve a Rétköz és a Dél–Nyírség mutat nagyobb hasonlóságot, de az alábbi évek mindenhol szerepelnek: 1992, 1993, 1994, 2000. A táblázatban szereplő szórás értékéből a területi eloszlás egyenlőtlenségére lehet következtetni. Látható, hogy a szárazabb években kisebb a területi differencia.

A kistájakon regisztrált abszolút maximumok és minimumok a 9. táblázatban kerültek bemutatásra. Több esetben is eltérés tapasztalható az átlagok sorrendjéhez képest. A Szolnok–Túri-síkon 2001-ben Karcag-Villogó állomáson mértek extrém csapadékot, de ebben az évben a területi különbségek nagyok voltak (ahogyan azt a szórás is mutatja, 144). A Rétközben Szabolcsveresmarton regisztrálták a legnagyobb éves csapadékot, ami nem meglepő, hiszen a mintaterület K-i peremén található, ahol a területi átlag is nagyobb. A Dél–Nyírségben Hajdúsámsonban rendszeresen több csapadékot észleltek azokban az években, amikor a területi átlag is magasabb volt.

8. táblázat Az éves csapadékösszeg területi átlaga és szórása 1989-2008 között

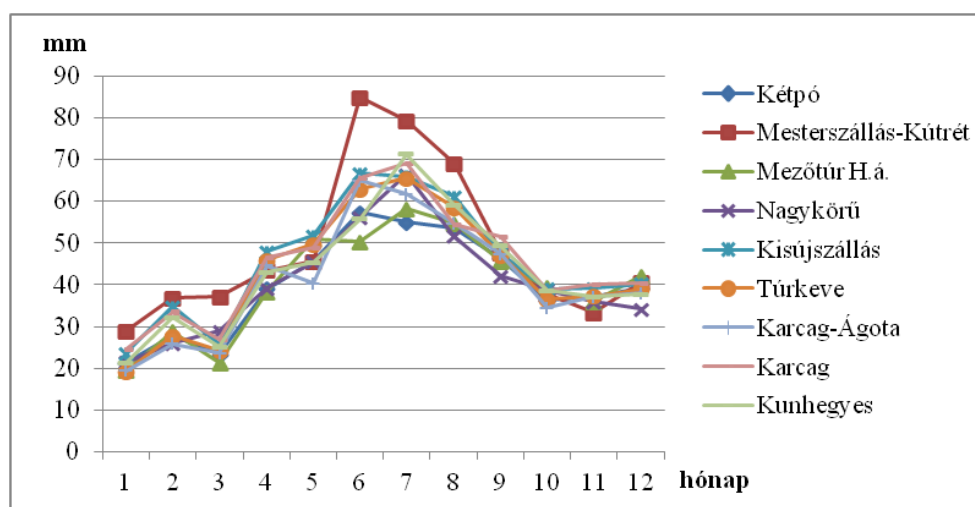
Átlagos évi csapadékösszegek csökkenő sorrendben (1989-től)									Belvív	
Szolnok–Túri-sík			Rétköz			Dél-Nyírség				
év	mm	szórás	év	mm	szórás	év	mm	szórás	év	ezer hektár
<b>1999</b>	726	84	<b>1998</b>	819	60	<b>1999</b>	759	107	<b>1999</b>	435
2005	720	67	<b>1999</b>	685	35	<b>1998</b>	746	92	<b>2000</b>	357
<b>1998</b>	636	62	<b>2004</b>	638	27	<b>2004</b>	735	59	2006	244
<b>2004</b>	634	128	1991	615	32	2005	728	75	2005	118
1996	624	60	2001	607	35	1996	687	76	2003	96
Átlagos évi csapadékösszegek növekvő sorrendben (1989-től)										
Szolnok–Túri-sík			Rétköz			Dél-Nyírség				
év	mm	szórás	év	mm	szórás	év	mm	szórás		
<b>2000</b>	323	36	<b>2000</b>	457	54	<b>1992</b>	422	54		
2003	352	33	<b>1993</b>	458	16	<b>1994</b>	457	74		
<b>1992</b>	352	45	1990	464	15	1990	461	31		
<b>1993</b>	364	46	<b>1994</b>	474	43	<b>2000</b>	463	51		
<b>1994</b>	385	35	<b>1992</b>	475	25	<b>1993</b>	517	81		

Az abszolút minimumok között természetesen a 2000-es csapadékszegény év is megjelenik, de a három mintaterület közül 1995-ben a Szolnok–Túri-sík területén regisztrálták, Nagykörű állomáson. Ez a meteorológiai állomás nem esik ugyan a kistáj határain belülre, de annak közelében található.. (Ugyanekkor a területen a csapadékmennyiségek mindenhol magasabbak voltak.) Ezen a kistájon jelentkeztek a legkisebb abszolút minimumok, amit a Dél-Nyírség, majd a Rétköz követ.

9. táblázat Az éves csapadék szélsőértékei 1989-2008 között

<b>Évi csapadékösszegek abszolút maximumai (1989-2008)</b>			
<b>Szolnok–Túri-sík</b>			
év	mm	mérőállomás	szórás
2001	1185	Karcag-Villogó	144
1999	892	Kunszentmárton H.á.	86
2005	865	Kisújszállás	70
2002	775	Karcag-Villogó	87
1998	770	Szolnok-Szandaszlős	59
<b>Rétköz</b>			
év	mm	mérőállomás	szórás
1998	886	Szabolcsveresmart	60
1999	740	Dombrád	35
1997	732	Gégény	103
2008	699	Szabolcsveresmart	73
2004	665	Szabolcsveresmart	27
<b>Dél-Nyírség</b>			
év	mm	mérőállomás	szórás
1999	961	Hajdúsámson	107
1991	882	Nyíradony	125
1998	866	Hajdúsámson	92
2005	863	Hajdúsámson	75
2004	826	Hajdúsámson	59
<b>Évi csapadékösszegek abszolút minimumai (1989-2008)</b>			
<b>Szolnok–Túri-sík</b>			
év	mm	mérőállomás	szórás
1995	167	Nagykörű	134
2000	219	Mesterszállás	37
1992	252	Kétpó	49
2003	303	Mezőhék	32
1993	313	Mezőtúr	32
<b>Rétköz</b>			
év	mm	mérőállomás	szórás
2000	373	Gégény	54
1994	408	Gégény	43
2003	441	Szabolcsveresmart	55
1993	443	Dombrád	16
1990	443	Gégény	15
<b>Dél-Nyírség</b>			
év	mm	mérőállomás	szórás
1994	323	Hajdúböszörmény	74
1992	340	Hajdúböszörmény	54
1993	417	Hajdúböszörmény	81
2000	425	Újfehértó	51
1990	425	Hajdúsámson	31

A havi csapadékösszegek éven belüli eloszlása a **Szolnok–Túri-sík** mérőállomásainak többségében egy nyári maximum jellemző június-július hónapokban (40. ábra). Ennek mennyisége nagy szórást mutat, Mesterszállás-Kútrét állomás esetében a legtöbb (85 mm), a többi állomáson 55-70 mm között alakul. A területen jelentkezik egy februári enyhe maximum is, de mennyisége messze elmarad a nyáritól (25-35 mm). A havi csapadék minimuma januárban jelentkezik 20-25 mm-rel a nyár végétől meginduló csökkenés végpontjaként, majd márciusban újra kevés csapadék a jellemző.



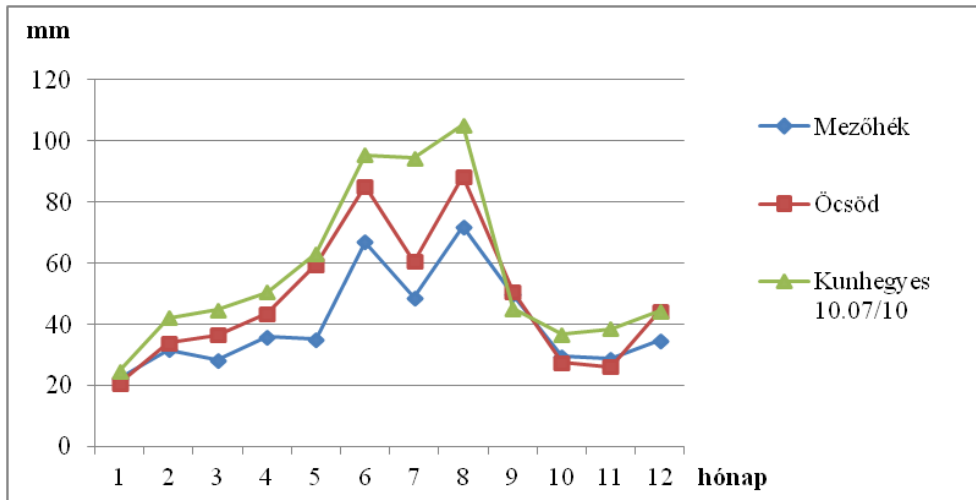
40. ábra Havi csapadékösszegek évi alakulása a Szolnok–Túri-síkon (1989–2008) (saját szerk.)

Néhány észlelőállomás esetében két nyári maximum is megfigyelhető: júniusban 70-90 mm, és augusztusban 75-100 mm között (41. ábra). A két csúcs között júliusban visszaesés figyelhető meg, amikor 50-60 mm-es csapadékot mértek. Ilyen állomások Mezőhék, Öcsöd, valamint Kunhegyes, ahol a júliusi csökkenés jelen van, de nem olyan markáns. Ezeknél az észlelőállomásoknál a nyár végétől novemberig 30 mm-re csökkent a csapadék mennyisége, majd decemberben 40 mm-re emelkedett. Januárban van az évi minimum, egységesen 20 mm körül.

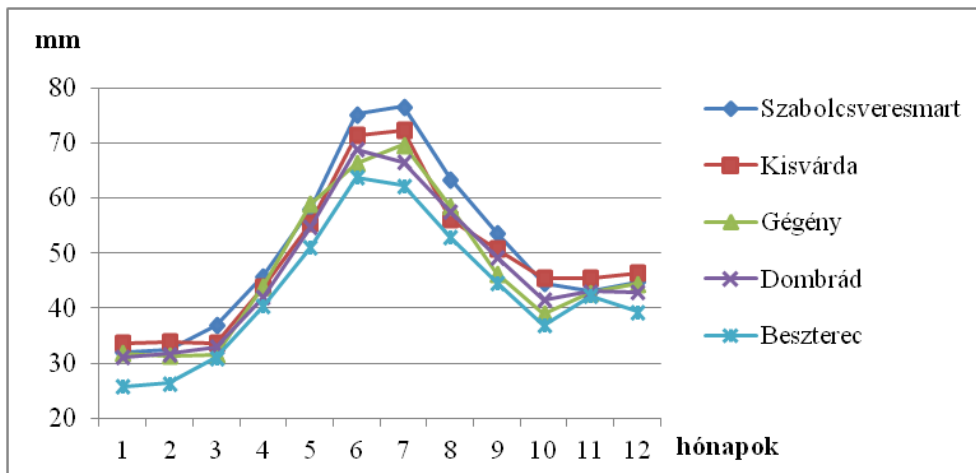
A **Rétközben** egyértelműen egy maximum észlelhető, június-július hónapokban (42. ábra), amikor átlagosan 65-75 mm csapadék hullik a területre. Augusztustól kezdődően októberig 40-45 mm-re csökken a havi csapadékmennyiség, amit enyhe emelkedés, vagy stagnálás követ. Január-február hónapokban jelentkezik az éves minimum 30 mm körül, kivéve Beszterec állomást (25 mm), ahol a havi csapadékmennyiségek egész évben alul maradnak a többihez képest.

A **Dél-Nyírség** területén észlelhető havi csapadék maximuma a másik két területhez hasonlóan június-júliusban következik be 68-80 mm között, majd októberig csökkenés tapasztalható 35-45 mm-ig (43. ábra). Novemberben aztán megnő a csapadék mennyisége 10 mm-rel, ez egy második enyhe maximum. Ezt követően újra csökkenés indul (Nyíradonyt kivéve, ahol decemberben további növekedés

észlelhető) és az évi minimum márciusban jelentkezik 30-40 mm körül. Áprilistól „meredeken” nő a csapadékmennyiség.

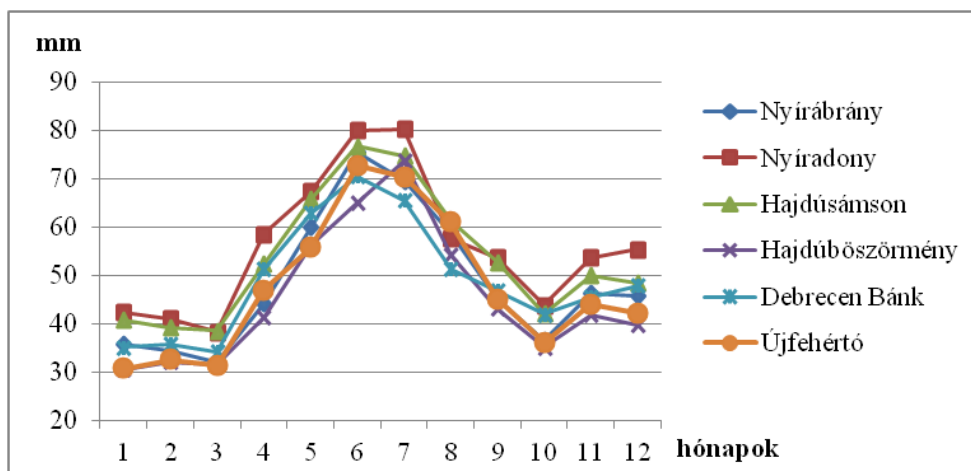


41. ábra Havi csapadékösszegek évi alakulása a Szolnok–Túri-síkon két maximummal (1989–2008) (saját szerk.)



42. ábra Havi csapadékösszegek évi alakulása a Rétközben (saját szerk.)





43. ábra Havi csapadékösszegek évi alakulása a Dél-Nyírségben (saját szerk.)

A csapadék éven belüli eloszlását tekintve tehát mindhárom mintaterületen június-júliusi maximum a jellemző, de a Szolnok–Túri-síkon augusztusi másodmaximumok is jelentkeznek. Az éves minimumok januárban tapasztalhatók kivéve a Dél-Nyírséget, ahol márciusig csökken a csapadékmennyiség.

A téli csapadéknál azt is figyelembe kell venni, hogy a talaj fagyott állapotban van-e. A fagyott talajra hulló csapadék a télvégi és tavaszi időszakban növeli a belvívveszélyt. Abban az esetben, ha a talaj nem fagyott, akkor a beszivárgó csapadék a talajnedvességet növeli, és a talajvízszintet emeli. Tulajdonképpen ez is hatással van a belvizek kialakulására, mert a vízzel telített talajba nehezebben szivárog be a belvíz.

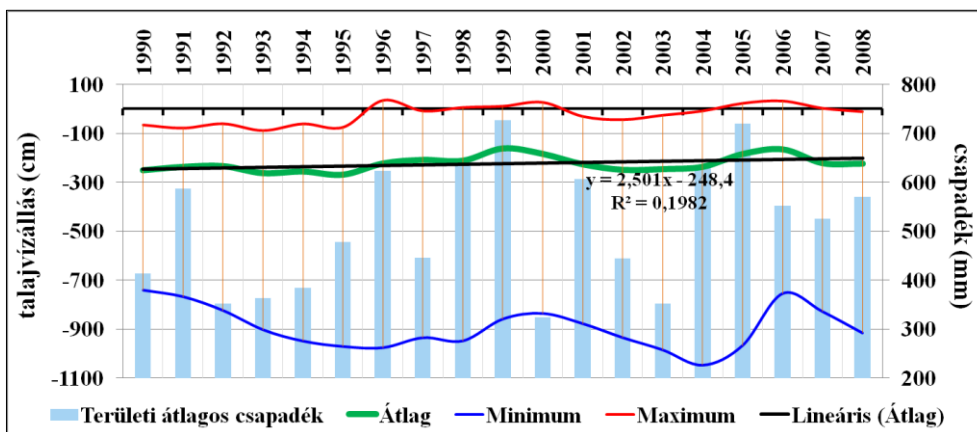
### 5.3.2. A talajvíz és a felszíni vizek hatása a belvízképződésre a Szolnok–Túri-síkon

A csapadék csak késleltetve fejti ki hatását a talajvízszintre. A hosszabb nedves, vagy száraz időszakok az átlagos havi talajvízállások alakulásában is megnyilvánulnak. A továbbiakban a talajvízszint időbeli változásait értékeljük a statisztikai vizsgálatok alapján.

A Szolnok–Túri-síkon 1989 és 2008 között a talajvízszintek területi átlaga, hasonlóan a csapadékadatokhoz, enyhén emelkedő trendet mutatott (44. ábra), ami követi a korábbi kutatásokban (Csordás L.–Lóki J. 1989) bemutatott tendenciát. A növekvő talajvízszint jelentős mértékben hozzájárul a belvizek kialakulásához. A talaj hamarabb telítetté válik, így a felszínre hulló csapadék nem tud beszivárogni és a felszínen gyűlik össze.

Az éves átlagos talajvízszint 1995-ben volt a legalacsonyabban (-269 cm), a maximumok 1999-ben és 2006-ban (-160 cm) jelentkeztek. A legnagyobb különbséget (424 cm) az éves átlagos talajvízszintek esetében Kunhegyes körzeté-

ben mérték, míg a legkisebb ingadozást (41 cm) Kenderes egyik észlelőkútjában figyeltük meg.



44. ábra A talajvízállás és a csapadék változása a Szolnok–Túri-síkon (1989–2008)

Megvizsgáltuk az éves csapadékösszegek és az évi átlagos talajvízszintek kapcsolatát. A legerősebb korreláció (0,76) a talajvíz észlelési adatsor csapadék-adatokhoz képesti egy éves eltolásakor adódott, a talajvízszint maximumok szintén egy év késleltetéssel mutatták a legerősebb kapcsolatot (0,6). A talajvízszint minimumainak vizsgálatánál csak közepes erősségű a korreláció a csapadékadatokkal. Ez az érték (0,48) csak 2 év csúsztatással jelentkezett, egyéb esetben gyenge összefüggést mutat. Ezek az értékek arra engednek következtetni, hogy a talajvíz szintjének apadásához hosszabb arid időszakra van szükség, míg a csapadékos évek hatása hamarabb (1 év) megjelenik a talajvíz nível alakulásában.

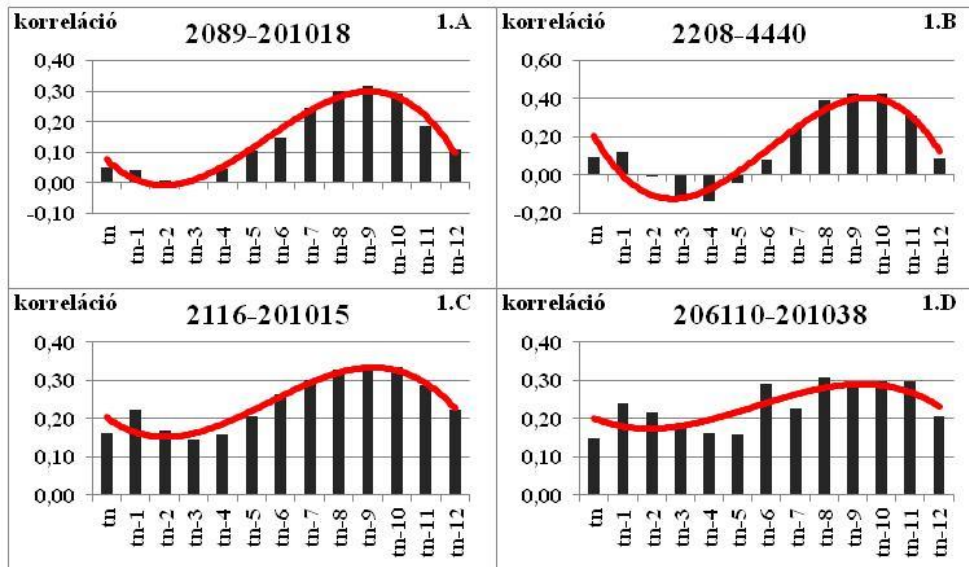
A csapadék hatását megvizsgáltuk havi felbontásban is. Minden kút adatsorát összevetettük a hozzá legközelebb található csapadékmérő állomáson regisztrált havi összegekkel, majd a két adatsort egymáshoz képest elcsúsztatva, maximum 12 hónapos eltolással vizsgáltuk. Az így kapott eredményeket oszlopdiagramokon (45-52. ábra) ábrázoltuk. A mintaterület kútjaira vonatkozó ábrák a CD mellékletben (II. melléklet) megtalálhatók. A korrelációs együttható maximális értéke 0,4 körül alakult. A korrelációs együttható eloszlása alapján több csoportot különítettünk el. Ezekből egy-egy példát mutatunk be.

1. Az első csoportba azok a talajvízkutak (47 db) tartoznak, amelyeknél a korrelációs együttható eloszlására illesztett görbe egy fordított szinusz-görbére emlékeztet. Ezeknél a kutaknál a csapadék hatása 8-10 hónap késleltetéssel jelentkezik legerősebben (45. ábra). A talajvízkutak többsége közepes és gyenge víznyelésű és vízvezető-képességű talajokon helyezkedik el.

A kategórián belül további altípusokat figyeltünk meg aszerint, hogy kisebb csúsztatás esetén mennyire gyenge a kapcsolat.

1. A. A kapcsolat erőssége 0-3 hónapos eltolás esetén nullához közeli, de nem negatív (45. ábra – 1.A). 14 db
1. B. A korrelációs együttható értéke 2-5 hónapos eltolás esetén negatív tartományba kerül (45. ábra – 1.B). 9 db

1. C. A harmadik csoportban végig pozitív kapcsolat mutatható ki, a minimális korrelációs érték 0,1 körül alakul (45. ábra – 1.C). 21 db
1. D. A korreláció eloszlása egyenletesebb, a görbe lapultabb, de a leírt tendencia felismerhető. A minimum 1-3 hónap, a maximum 8-10 hónap eltolás esetén (45. ábra – 1.D) tapasztalható. 4 db

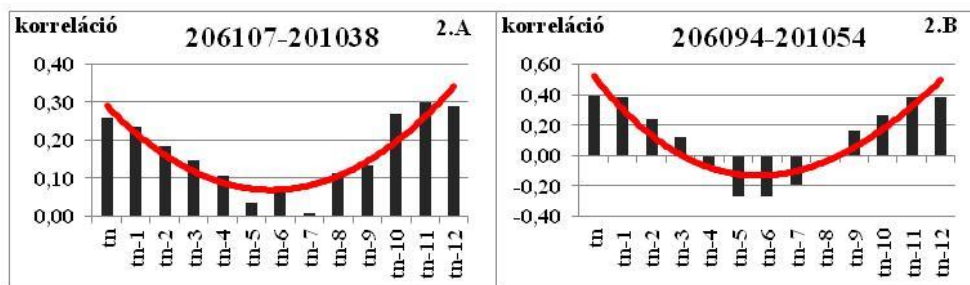


45. ábra A csapadék és a talajvíz kapcsolata a Szolnok–Túri-síkon – 1. csoport  
 Diagram cím: a talajvízkút törzsszáma és a hozzá legközelebbi csapadékmérő állomás törzsszáma;  
 1.A Karcag–Karcag; 1.B Mesterszállás–Mesterszállás; 1.C Kisújszállás–Kisújszállás;  
 1.D Túrkeve–Túrkeve  
 abszcissa feliratait:  $t_n$  – eltolás nélkül,  $t_{n-1}$  – 1 hónap eltolás, stb.

2. A második csoport esetében a korreláció kezdetben nagyobb, majd 4-7 hónap eltolásnál minimális, végül újra növekedni kezd egy hiperbolaívét követve (46. ábra). Vizsgálataink során 23 talajvízkutat soroltunk ebbe a kategóriába, amelyek közepes, vagy gyenge vízvezető-képességű, agyagos-vályog fizikai féleségű talajokon található. A talajtani tulajdonságok alapján a csapadék és a talajvíz közötti gyenge kapcsolatra és későn jelentkező hatásra számítottunk, azonban a korreláció maximuma már 1-2 hónapos eltolásnál tapasztalható. Ez valószínű a kutak csatorna melletti helyzetével magyarázható.

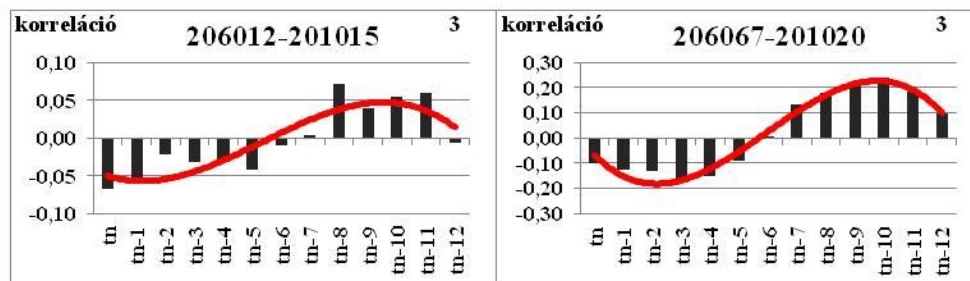
A 2. csoporton belül két alkategóriát különítettünk el:

2. A. A hiperbolaív végig pozitív tartományban marad (46. ábra – 2.A).
2. B. Az illesztett görbe nulla alá süllyed, vagy akár végig negatív tartományban is maradhat (46. ábra – 2.B).



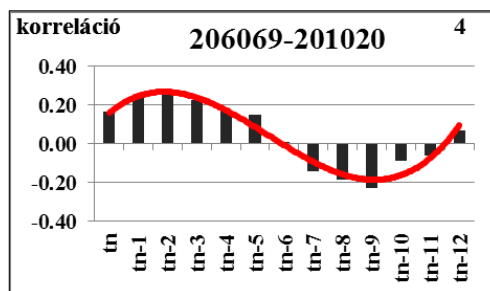
46. ábra A csapadék és a talajvíz kapcsolata a Szolnok–Túri-síkon – 2. csoport  
 Diagram cím: a talajvízkút törzsszáma és a hozzá legközelebbi csapadékmérő állomás törzsszáma;  
 Túrkeve–Túrkeve; Kisújszállás–Örményes  
 abszcissza feliratai:  $t_n$  – eltolás nélkül,  $t_{n-1}$  – 1 hónap eltolás, stb.

3. A 3. csoportba csupán két talajvízkutat soroltunk (Túrkeve-206012, Kunhegyes-206067) (47. ábra). A korrelációs együtthatóra illesztett görbe fordított szinusz görbe, melynek inflexió pontja pontosan 6 hónap eltolásnál nulla értéket vesz fel. A kapcsolat erőssége nagyon gyenge, feltételezhető, hogy a két talajvízkút környezetében a talajvíz szintjére a csapadéknak nincs közvetlen hatása. A túrkevei észlelőkút (206012) savanyú, igen erősen kötött talajú területen helyezkedik el a DKTIR adatbázisa szerint, ami magyarázatot ad a talajvíz és a csapadék gyenge kapcsolatára. Az agyagos, kötött talajok mintegy felszíni vízzáróként viselkedve megakadályozzák a csapadék beszivárgását, belvizek kialakulását okozzák.



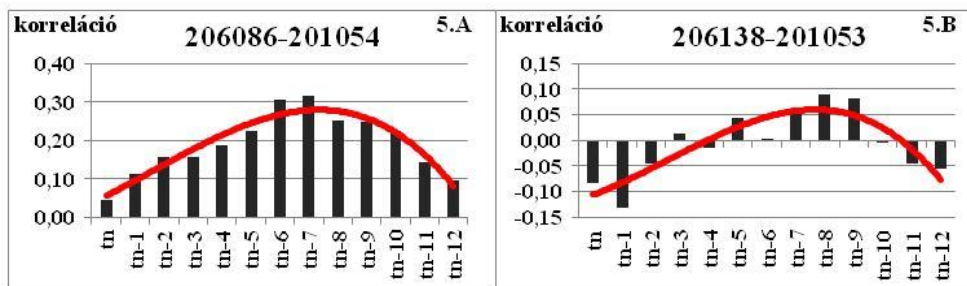
47. ábra A csapadék és a talajvíz kapcsolata a Szolnok–Túri-síkon – 3. csoport  
 Diagram cím: a talajvízkút törzsszáma és a hozzá legközelebbi csapadékmérő állomás törzsszáma;  
 Túrkeve–Kisújszállás; Kunhegyes–Kunhegyes  
 abszcissza feliratai:  $t_n$  – eltolás nélkül,  $t_{n-1}$  – 1 hónap eltolás, stb.

4. A negyedik csoportot a kenderesi (206069) talajvízszint-mérő állomás alkotja (48. ábra). Az észlelőkút kötött, agyagos vályogtalajon fekszik. A csapadék és a talajvízszint közötti kapcsolat görbéje megfelel egy szinusz görbe alakjának. A korreláció értéke 3 hónap eltolás esetén még erősebb, majd pontosan fél év elcsúsztatásnál ( $t_{n-6}$ ) metszi az abszcisszát és negatív tartományban folytatódik. Ennél a kútnál a csapadék hatása egy-két hónap elteltével jelentkezhet, de a korrelációs együttható értéke csak nagyon gyenge kapcsolatra utal.



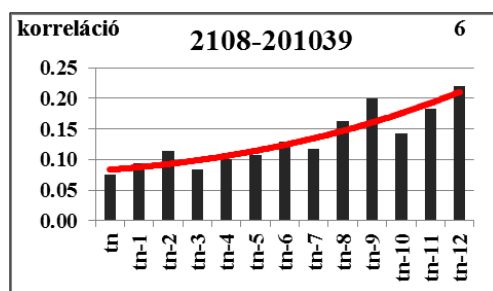
48. ábra A csapadék és a talajvíz kapcsolata a Szolnok–Túri-síkon – 4. csoport  
 Diagram cím: a talajvízkút törzsszáma és a hozzá legközelebbi csapadékmérő állomás törzsszáma;  
 Kenderes–Kunhegyes  
 abszcissa feliratai:  $t_n$  – eltolás nélkül,  $t_{n-1}$  – 1 hónap eltolás, stb.

5. A mintaterületen 5 olyan talajvízkút található, amelyknél a csapadék és a talajvízszint változása közötti korrelációs együtthatókra illesztett görbe domború (49. ábra). Négy kút esetében a görbe végig nulla fölött fut (49. ábra/5.A és II. melléklet), és egy kút esetében tolódik nulla alá (49. ábra/5.B). Az 5. csoportba tartozó kutaknál a kapcsolat gyenge. Ezeken a helyeken is felszín közeli vízzáró rétegek találhatóak. A 3. csoporttól való eltérést a talajvízre ható egyéb tényezőkkel lehet magyarázni.



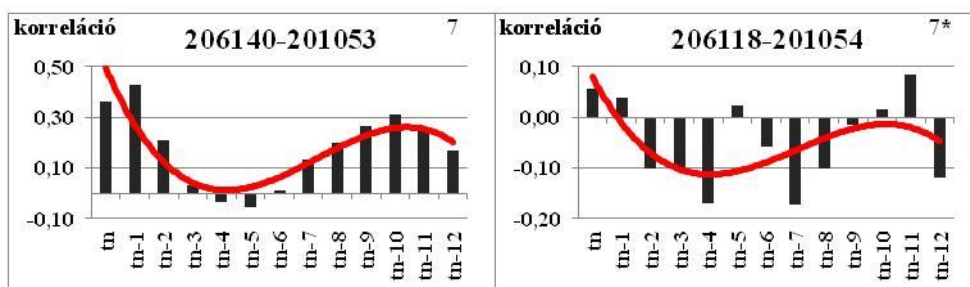
49. ábra A csapadék és a talajvíz kapcsolata a Szolnok–Túri-síkon – 5. csoport  
 Diagram cím: a talajvízkút törzsszáma és a hozzá legközelebbi csapadékmérő állomás törzsszáma;  
 Fegyvernek–Örményes; Mezőhék–Mezőhék  
 abszcissa feliratai:  $t_n$  – eltolás nélkül,  $t_{n-1}$  – 1 hónap eltolás, stb.

6. Törökszentmiklós egyik észlelő kútja (2108) külön kategóriát képez (50. ábra). A talajvízkút homoktalajon helyezkedik el, ahol a beszivárgás gyorsabb, mint az agyagos, vályogos talajokon. Ennek ellenére a csapadék és a talajvízszint változásának korrelációja gyenge, és nagyobb időszobeli elcsúsztatás esetén sem lesz jelentősen erősebb. Valószínű a beszivárgó csapadékvíz az észlelőkúttól távolabb érezteti hatását.



50. ábra A csapadék és a talajvíz kapcsolata a Szolnok–Túri-síkon – 6. csoport  
 Diagram cím: a talajvízkút törzsszáma és a hozzá legközelebbi csapadékmérő állomás törzsszáma;  
 Törökszentmiklós –Törökszentmiklós  
 abszcissa feliratait:  $t_n$  – eltolás nélkül,  $t_{n-1}$  – 1 hónap eltolás, stb.

7. Az utolsó csoportba tartozó kutaknál (Mezőhék és Örményes) a csapadék talajvízszintre gyakorolt hatása egy-két hónapon belül ( $t_n$ – $t_{n-1}$ ) jelentkezik, 0,3-0,4 körüli korrelációs értékkel (51. ábra). Az ebbe a csoportba tartozó kutak térségében azonban a kuncsorbai kút (206118) kivételnek tekinthető, ugyanis a talajvíz korrelációja a csapadékkal nagyon gyenge. A kutak környezetének DKTIR besorolása (vályog- és öntésiszap talajok) megegyezik, így a kuncsorbai kútnál valószínűleg a lokális tényezők okozhatják a különbséget.



51. ábra A csapadék és a talajvíz kapcsolata a Szolnok–Túri-síkon – 7. csoport  
 Diagram cím: a talajvízkút törzsszáma és a hozzá legközelebbi csapadékmérő állomás törzsszáma;  
 Mezőhék–Mezőhék, Kuncsorba–Örményes  
 abszcissa feliratait:  $t_n$  – eltolás nélkül,  $t_{n-1}$  – 1 hónap eltolás, stb.

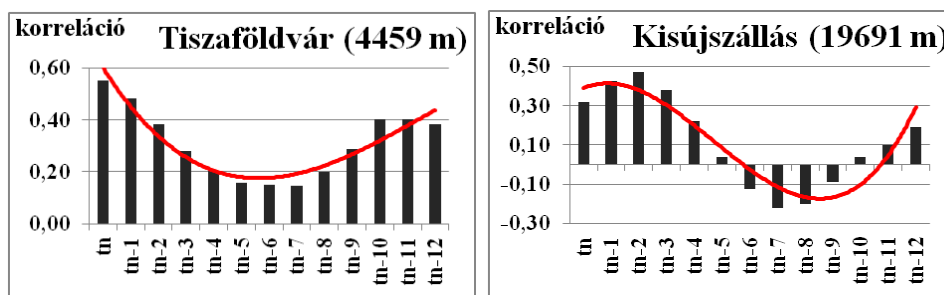
A 7 eltérő csoport körzetében a talajvíznek a kialakuló belvizekre is jelentős hatása van. Azokon a területeken, ahol a csapadékmennyiség nagy, de a beszivárgás mértéke kicsi, ott a talajvízszint emelkedését jelentős mértékben nem idézi elő, viszont a belvíz képződésének nagyobb a valószínűsége. Azoknak a kutaknak a körzetében, ahol a csapadék és a talajvíz közötti kapcsolat szorosabb, tehát gyorsabb a beszivárgás, a talajvízszint emelkedése csökkenti a belvizek távozásának lehetőségét.

A talajvíz szintjének változását jelentős mértékben befolyásolhatják a *felszíni vízfolyások*. Ezek a térszínek egyrészt a nagyobb vízfolyások (pl. Tisza) melletti néhány kilométeres sávban, másrészt azoknál a folyótól távolabb eső kutaknál figyelhetők meg, ahol talajvíz rétegsora kapcsolatban van a folyóval (pl. elhagyott

medrek esetén). A vízfolyásnak ezeken a területeken leszívó, vagy duzzasztó hatása jelentkezik. A folyó magas vízállása, ami valószínű egybeesik a vízgyűjtő nagyobb mennyiségű csapadékaival, a kis mélységű talajvízkutak körzetében olyan mértékű emelkedést eredményez, amely a belvizek kialakulásához vezethet, illetve csökkentheti a víz elszivárgásának mértékét. Az aszályosabb években, a folyó alacsony vízállásakor a kutak víztartó rétegéből elszívás tapasztalható. Ilyenkor a talajvíz szintje csökken, és kisebb az esélye a belvíz kialakulásának, illetve a korábban kialakult vízzel borított területekről gyorsabb a beszivárgás.

A talajvízszint és a Szolnok–Túri-sík nyugati peremén végigfolyó Tisza kapcsolatát a talajvízszint észlelő kutak és a hozzájuk legközelebbi vízmérce havi átlagos vízszintjei alapján vizsgáltuk meg. A korrelációs tényezőket 0-12 hónap eltolással számítottuk ki.

A legerősebb korreláció (0,55) Tiszaföldvár egyik észlelőkútjánál (törzsszám: 206285) tapasztalható, ez a hatás pedig egy hónapon belül érzékelhető (52. ábra). A mintaterület peremén elhelyezkedő kút a Tiszától 156 méterre, a hozzá legközelebbi vízmércétől (Martfű) 4,5 km-re található. A második legnagyobb korrelációs együttható (0,42) (52. ábra) a Kisújszállástól DNy-ra, Kuncsorba közelében található észlelőkútnál (törzsszám: 206094) adódott, a Tiszától 16 km, a tiszabői vízmércétől pedig 19 km távolságban.



52. ábra A talajvízszint és a Tisza vízállása közötti kapcsolat két talajvízkút példáján (címben: talajvízkút neve és távolsága a hozzá legközelebbi vízmércétől)

Annak ellenére, hogy több a Tiszától távoli talajvízszint észlelő kútra (III. melléklet) is hamar ( $t_n - t_{n-1}$ ) kihat a Tisza, megfigyelhető az a trend, hogy a felszíni vízszint változása a távolsággal arányosan egyre később jelentkezik a talajvízjátékban (IV. melléklet). A korrelációk trendje a távolság függvényében az adatsorok időbeli elcsúsztatása nélkül ( $t_n$ ) enyhén csökkenő, majd 4 hónap késleltetésnél megfordul. Azaz körülbelül 4 hónap szükséges ahhoz, hogy a Tisza visszaduzzasztó, vagy éppen leszívó hatása (sokkal gyengébben) akár 30-40 km-re is eljusson (IV. melléklet).

A folyó melletti területeken (53. ábra) egyrészt az árvizes időszakban a gátak átszakadásakor, másrészt a buzgárok kialakulásakor a vízfolyás kialakítja, vagy közvetlenül táplálja a mentett ártéri területek belvízfoltjait. Az árvízi vízszintnek közvetett hatása is van, ugyanis a mellékvizek vízszintje is megnő. A gyakran gátak nélküli csatornák és patakok melletti alacsonyabb fekvésű területe-

ken megjelenik a belvív. Természetesen a csatornák karbantartásával is összefügg a belvív-veszélyeztetettség.

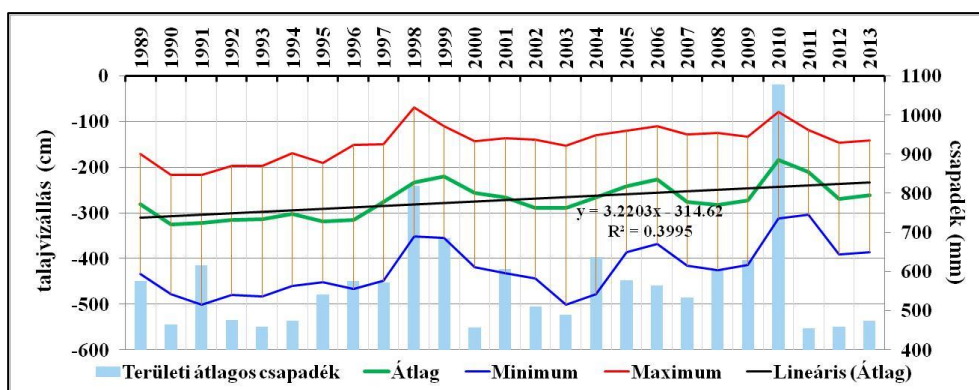


53. ábra Zagyva melletti belvívoltok (forrás:  
[http://kepek.origo.hu/galleriesdisplay/upload/1304/Belv\\_20134109131/img/n10.jpg](http://kepek.origo.hu/galleriesdisplay/upload/1304/Belv_20134109131/img/n10.jpg);  
letöltés ideje: 2015)



### 5.3.3. A talajvíz és a felszíni vizek hatása a belvízképződésre a Rétközben

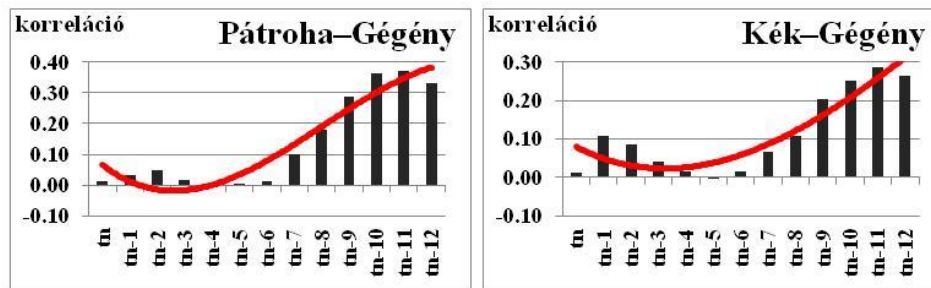
A Rétközben a talajvízszint területi átlaga összességében növekvő trendet mutatott 1989-2013 között. 1999-ben (-234 cm) és 2010-ben (-187 cm) állt legmagasabban a talajvíz nívója területi szinten, mely egybeesik a legcsapadékosabb évekkel (54. ábra). A talajvíz szintjének minimumát (-325 cm), egy csapadékszegény évben, 1990-ben észlelték. Az észlelőkutak adatai szerint a legnagyobb ingadozás (260 cm) Dombrád (Kis-Tisza-híd) esetében, a legkisebb (41 cm) pedig Kisvárdánál adódott.



54. ábra Az éves talajvízállás területi átlagának, minimumának és maximumának alakulása a Rétközben (1989-2013)

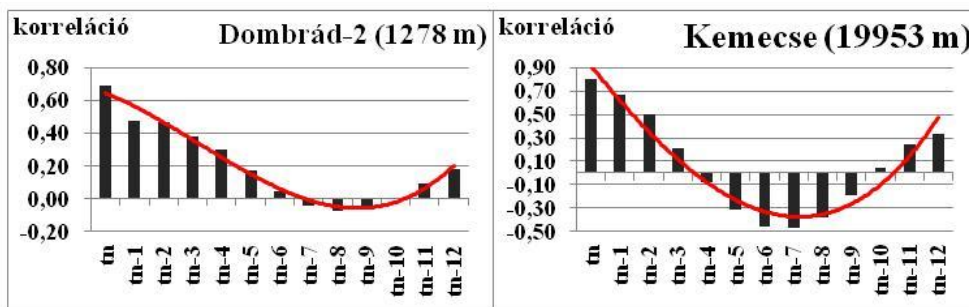
A talajvízszintek és a csapadékösszegek közötti korrelációk havi bontásban már nem mutatnak olyan erős kapcsolatot, mint az évi átlagok összevetésénél tapasztaltuk. A havi adatok alapján számított korrelációk maximuma (0,37), Pátróha talajvízkútjánál, 11 hónapos időbeli eltolásnál adódott. A Rétköz talajvízkútjait is besoroltuk, a Szolnok–Túri-síknál már ismertetett, a talajvízszint és csapadékmennyiség havi adatainak összefüggései alapján elkülönített csoportokba. Az észlelőkutak többségét az 1-es kategóriába (*V. melléklet*) soroltuk. A Nagyhalász és a Szabolcsveresmart körzetében elhelyezkedő kutak (*V. melléklet*) a 2.A csoport tulajdonságainak feleltek meg. Ibrány észlelőkútjánál (*V. melléklet*) az időbeli eltolással növekvő korrelációt tapasztaltunk, ezért a 6-os csoportba soroltuk.

Az Rétköz 2 talajvízszint észlelő kútja (55. ábra) esetében a csapadék és a talajvízszint közötti korreláció kb. 8 hónap eltolással kezd növekedni, 11 hónapos maximummal. Ezeket a kutakat egy új, 8-as kategóriába soroltuk.



55. ábra A csapadék és a talajvíz kapcsolata a Rétközben – 8. csoport  
 Diagram cím: a talajvízkút és a hozzá legközelebbi csapadékmérő állomás neve;  
 abszcissza feliratait: tn – eltolás nélkül, tn-1 – 1 hónap eltolás, stb.

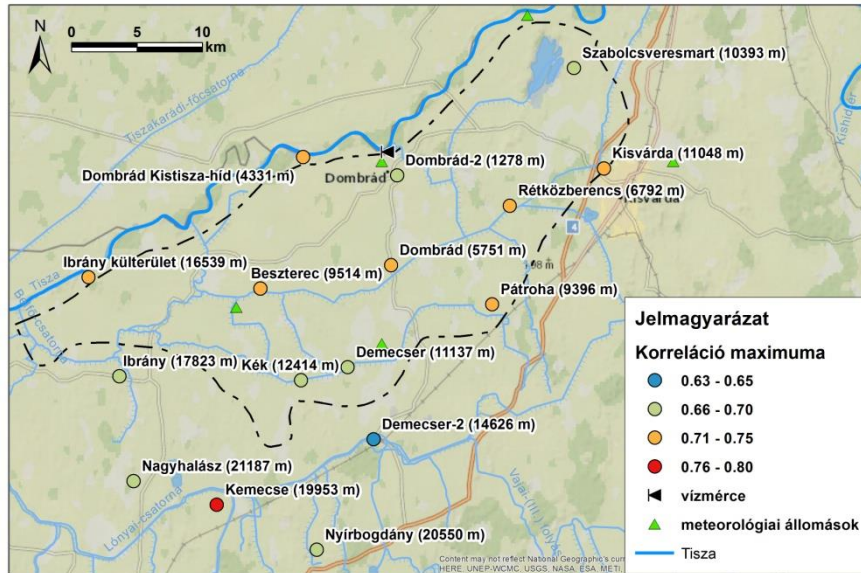
A Rétköz területe sűrűn átszőtt eltemetett folyómedrekkel, amelyek mintegy csatornákként kapcsolatot biztosítanak a Tisza és a folyó tágabb környezete között, lehetővé téve a vízfolyás visszaduzzasztó, vagy leszívó hatásának viszonylag gyors érvényesülését. Ezt a megállapítást megerősítették a havi tiszai vízállások és a mintaterületen található talajvízszint érzékelő kutak havi adataival végzett korrelációs vizsgálatok is. Minden talajvízkút esetében egy hónapon belül adódott a korreláció maximuma, majd ezt követően hol erőteljes, hol mérsékelt csökkenés figyelhető meg (56. ábra és VI. melléklet). A korrelációs együtthatók abszolút maximumát Kemecsenél (0,79) számítottuk, amely a dombrádi vízmércétől majdnem 20 km-re, a Tiszától több mint 13,5 km-re fekszik (56. ábra). A Tisza vízállására Dombrádig hatással van a Tiszalöknél épített duzzasztómű, így közvetve jelentkezik a Rétköz talajvízszintjének változásában is.



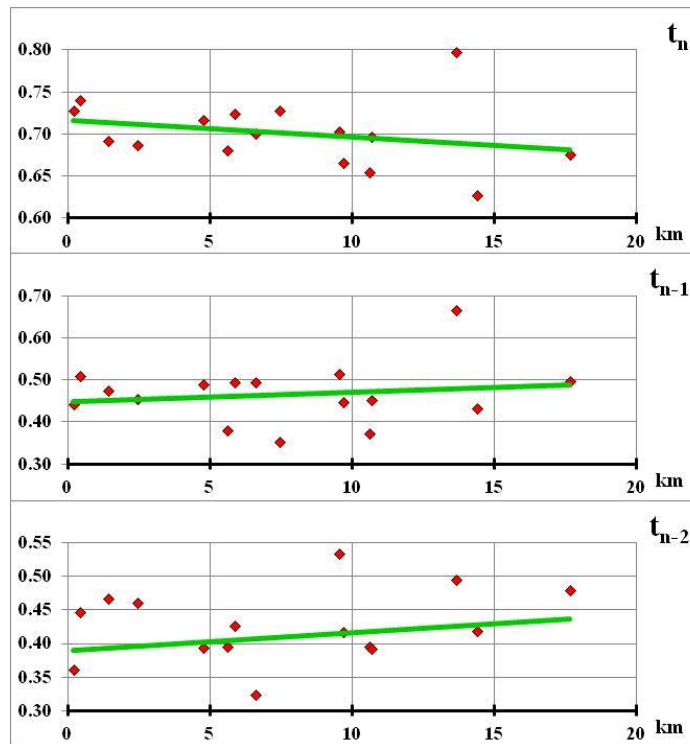
56. ábra A talajvízszint és a Tisza kapcsolata két talajvízkút példáján a Rétközben

A Rétközben található talajvízkutak a csatornák közelében (57. ábra) helyezkednek el, amelyek jelentős hatást gyakorolnak azok vízállására.

A Tiszától való távolság függvényében a különböző időeltolással számított korrelációs együtthatókra lineáris trendet illesztettünk. A trendek (58. ábra és VII. melléklet) alapján 2 hónapon belül gyűrűzik végig a Tisza hatása a Rétköz területén. A trendvonal esése megváltozik, miközben az idővel csökken a korreláció értéke.



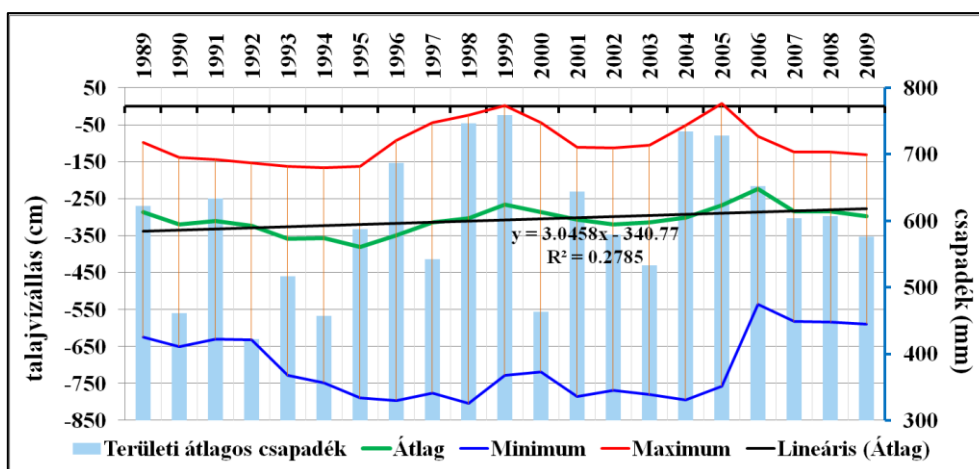
57. ábra A talajvizkutak helyzete a Rétközben



58. ábra A talajvízszint és a tiszai vízállás közötti kapcsolat a távolság függvényében a Rétközben

### 5.3.4. A talajvíz és a felszíni vizek hatása a belvízképződésre a Dél-Nyírségben

A Dél-Nyírségben a talajvízszint évi átlaga enyhén emelkedő trendet mutat 1989 és 2009 között (59. ábra). A legmagasabb vízállást 2006-ban (-222 cm) regisztrálták, ami a 2004-2005-ös csapadékos éveknél köszönhető, ekkor a területen tapasztalható színtingadozás is kisebb volt. 1995-ben (-381 cm) észlelték a talajvíz szintjének minimumát, ami az azt megelőző szárazabb évek hatására következett be. Jelentős színtingadozások 1995 és 2005 között következtek be.



59. ábra Az éves talajvízállás területi átlagának, minimumának és maximumának alakulása a Dél-Nyírségben (1989-2009)

A talajvízszintek és a csapadék kapcsolata a Dél-Nyírségben a mintaterületek közül a leggyengébb, a korrelációs együtthatók maximuma átlagosan 0,26. A legszorosabb kapcsolatot (0,47) Újfehértó (törzsszám: 4598) adatainál (VIII. melléklet) tapasztaltuk. A talajvízszakutak többségénél 9-11 hónap eltolásnál jelentkezett a legerősebb korreláció. Az észlelőszakutak háromnegyedét (VIII. melléklet) a csapadékkal való kapcsolattal alapján – a fentebb már ismertetett – 1.A; B; C; D csoportba soroltuk be. A többi kút korrelációs jellemzői a 3-as, 4-es, 6-os és 8-as csoportoknak feleltek meg.

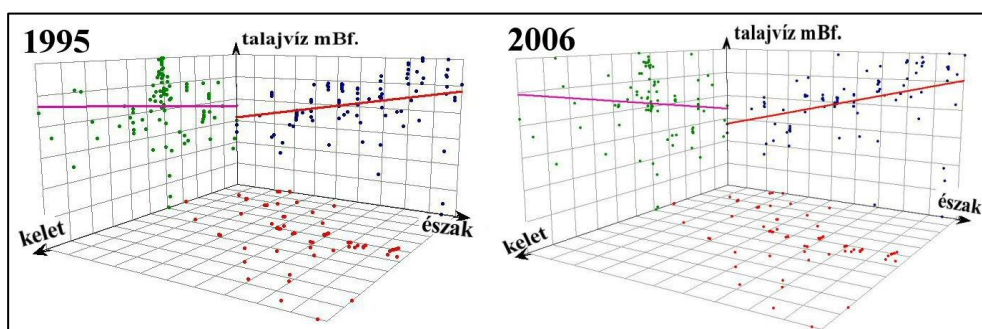
A Nyírségben folyó nyírvizek, csatornák vízállás-adatsorának hiányában a talajvíz és a felszíni vizek kapcsolatát a Dél-Nyírségben nem vizsgáltuk. Az azonban elmondható, hogy a Dél-Nyírség belvizes területeire hatással vannak az ÉK-DNy irányú nyírvizek, amelyek többsége buckák között, az egykori hordalékúpot építő vízfolyások elhagyott medreiben található. Ezeken a buckák közötti, széles, lapos területeken a talajvíz közel van a felszínhez. A talajvíz ingadozásának köszönhetően a gypvasérc réteg alakult ki a felszín közelében, ami akadályozza a felszínen felhalmozódott belvizek beszívását. A szélsőséges időjárási helyzetekben (különösen az utóbbi években) a területre hulló csapadékot az enyhe lejtésű nyírvizek lassan tudják elszállítani, ezért a megáradt patakok mentén a laposokat rövidebb-hosszabb ideig belvizek borítja. Ilyen nagy esők alkalmával a buckák felszínéről esőbarázdákban távozik a víz, egyrészt a buckák közötti mélyedésekbe,

ahol hosszabb ideig belvizet okoznak, másrészt a nyírvizek irányába, ahol a fentebb már említett laposabb térszíneken halmozódnak fel.

### 5.3.5. A talajvíz térbeli eloszlásának vizsgálata

A talajvíz térbeli eloszlásának bemutatásához minden mintaterületről egy száraz és egy nedves időszakot választottunk ki, továbbá a 2000-es évet, amelyről légi felvételekkel rendelkezünk. Ezeket az időszakokat hasonlítottuk össze a belvízfoltok térbeli megjelenésével.

A Szolnok–Túri-sík területén a legalacsonyabb talajvízszintek 1995-ben (-267 cm), a legmagasabb pedig 1999-ben (-158 cm) és 2006-ban (-168 cm) jelentkeztek. 2000-ben már kezdett süllyedni a talajvíz nívója, a területi éves átlag -183,5 cm volt. A talajvíz tengerszint feletti magassága a vizsgált időszakban minden évben egyrészt egy észak felől délre, másrészt keletről nyugatra irányuló csökkenést mutat (60. ábra), követve a domborzat főbb lejtési irányát.



60. ábra A talajvíz szintjének térbeli trendje a Szolnok–Túri-síkon

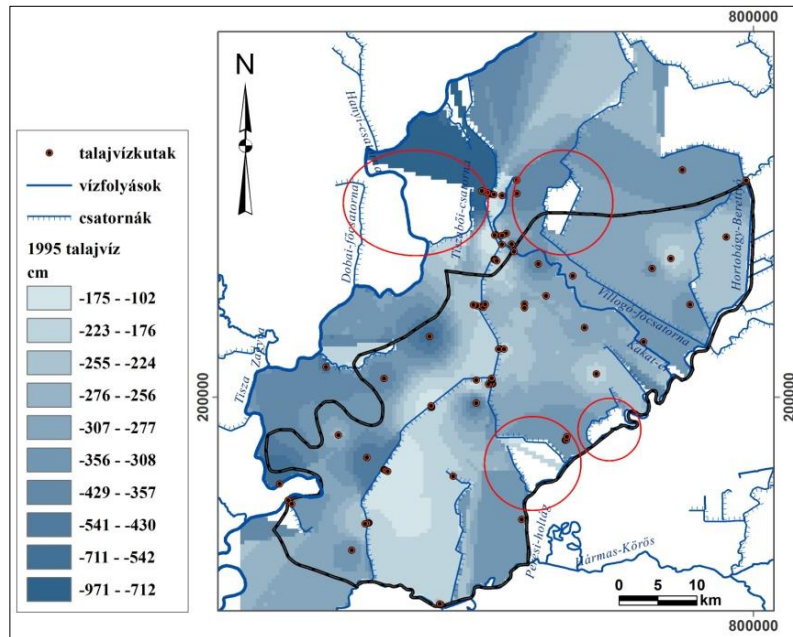
Ha a talajvíz felszíntől mért mélységét vesszük figyelembe, kicsit másképp alakul a térbeli trend. Az észak–dél tengely mentén nem csökkenés, hanem enyhe növekedés jellemző. Ez azt jelenti, hogy D-felé haladva a talajvíz mind közelebb kerül a felszínhez.

A talajvízfelszín interpolációjakor a csatornák hatását nem vettük figyelembe. Ha „gátként” beépítjük a becslési műveletbe, akkor a talajvíz észlelő kutak egyenetlen és helyenként túl ritka elhelyezkedése miatt olyan adathiányos területek maradnak, ahová nem kapunk becslést eredményt. A mintaterületen elvégeztünk olyan számítást is, amely során a terület vízfolyásait figyelembe vettük. A számítások igazolták a feltételezésünket, hogy a vízfolyások által körülhatárolt területeken nem kaptunk becslési adatot (61. ábra).

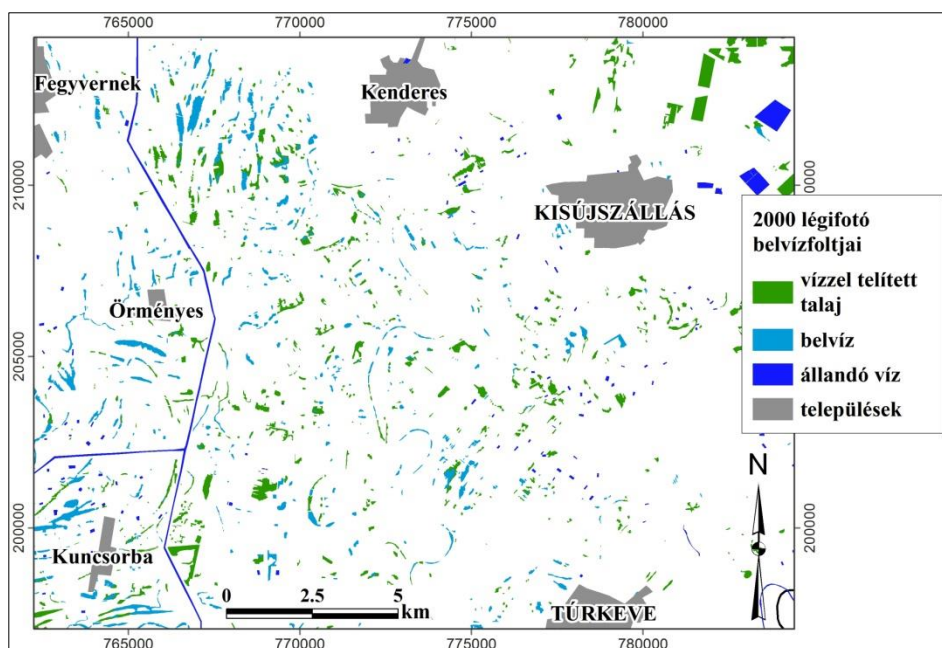
1995-ben a mintaterület középső részén állt legközelebb a felszínhez a talajvíz (XI. melléklet), ettől keletre és nyugatra csökkenés tapasztalható. Valószínűsíthető, hogy a folyók mentén a száraz időszak miatti leszívó hatás érvényesül.

2000-ben elkezdődött a talajvízszint 2003-ig tartó csökkenése. A szárazodás ellenére a belvízzel elöntött területek kiterjedése országos szinten is nagy maradt. Ezt bizonyítja a 2000-es légifotók alapján megrajzolt belvíztérkép (62. ábra) is.

Megvizsgáltuk a légifotók által lefedett, belvízzel borított részeken a talajvízszint mélységét. A 440 km<sup>2</sup> kiterjedésű területen 15,63 km<sup>2</sup>-t borított víz, amelynek jelentős része (13 km<sup>2</sup>) belvíz volt. A légifotók alapján megkülönböztettünk állandóan, időszakosan vízzel borított területeket és vízzel telített talajfelszíneket. Mindhárom kategórián belül az átlagos talajvízszint magasabb a kistájra számított átlagnál (-184 cm) (10. táblázat).



61. ábra Interpoláció a vízfolyások figyelembevételével



62. ábra A 2000. évi légifelvételek alapján szerkesztett belvíztérkép

10. táblázat A 2000-ben belvízzel érintett területek talajvizviszonyai

Kategória	Minimum	Maximum	Terjedelem	Átlag	Szórás
telített talaj	-214.975	-106.464	108.511	-153.616	26.362
időszakos vízborítás	-217.251	-83.848	133.403	-154.989	29.182
állandó vízborítás	-238.575	-114.523	124.053	-154.617	29.275

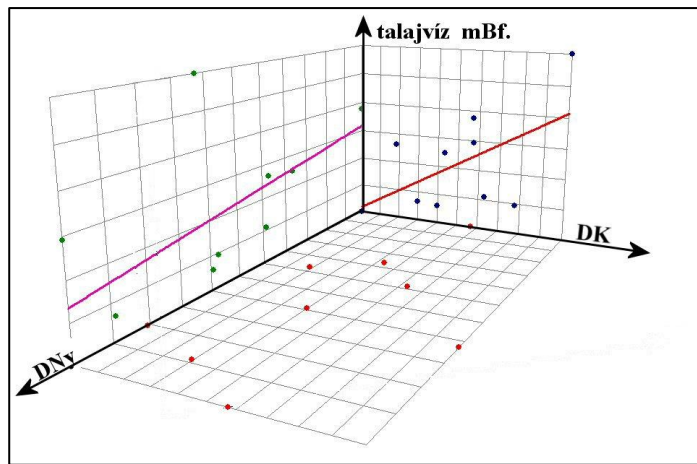
2006-ban is megfigyelhető, hogy a mintaterület középső részén magasabban a talajvízszintek, mint amit 2000-ben tapasztaltunk. A 2000-es légifotók alapján megrajzolt belvíztérképpel összevetve ebben az évben már a száraz időszakhoz képest 1 méterrel magasabb talajvízszintek jellemzik a területet (11. táblázat). 2006 márciusában országosan is nagy kiterjedésű belvízelöntés történt.

11. táblázat A 2006-os átlagos talajvízszintek paraméterei a 2000-es légifelvételek alapján megrajzolt belvízfoltokra vonatkozóan

Kategória	Minimum	Maximum	Terjedelem	Átlag	Szórás
telített talaj	-208.84	-92.78	116.06	-142.67	21.59
időszakos vízborítás	-195.27	-78.87	116.40	-142.42	20.34
állandó vízborítás	-209.36	-83.58	125.78	-146.65	25.19

A Rétközben 1989-2013 között az éves átlagos talajvíznívó területi szinten 1990-ben (-324 cm), 1995-ben (-322 cm), továbbá 2003-ban (-288 cm) volt mélyebben (54. ábra). A talajvíz területi eloszlásának bemutatására 2003 adatsorát választottuk ki, mert ebben az évben a mintaterületen elhelyezkedő 16 talajvízszint észlelő kút mindegyike rendelkezett teljes mérési adatsorral. Magas talajvízállás 1998-ban (-220 cm) és 2010-ben (-184 cm) jellemezte a területet. Adatsűrűségi szempontból 2010 volt kedvezőbb, 15 észlelőkút adatsorával. 2000-ben szintén 15 kút rögzített adatokat.

A talajvízszint tengerszint feletti magasságára ÉNy-DK-i, illetve DNy-ÉK-i irányú növekedés (63. ábra) figyelhető meg, ami összhangban van az orográfiai viszonyokkal is. A trendek meredekségét befolyásolják a tiszai áradások, és azzal összefüggő csatornarendszerek.

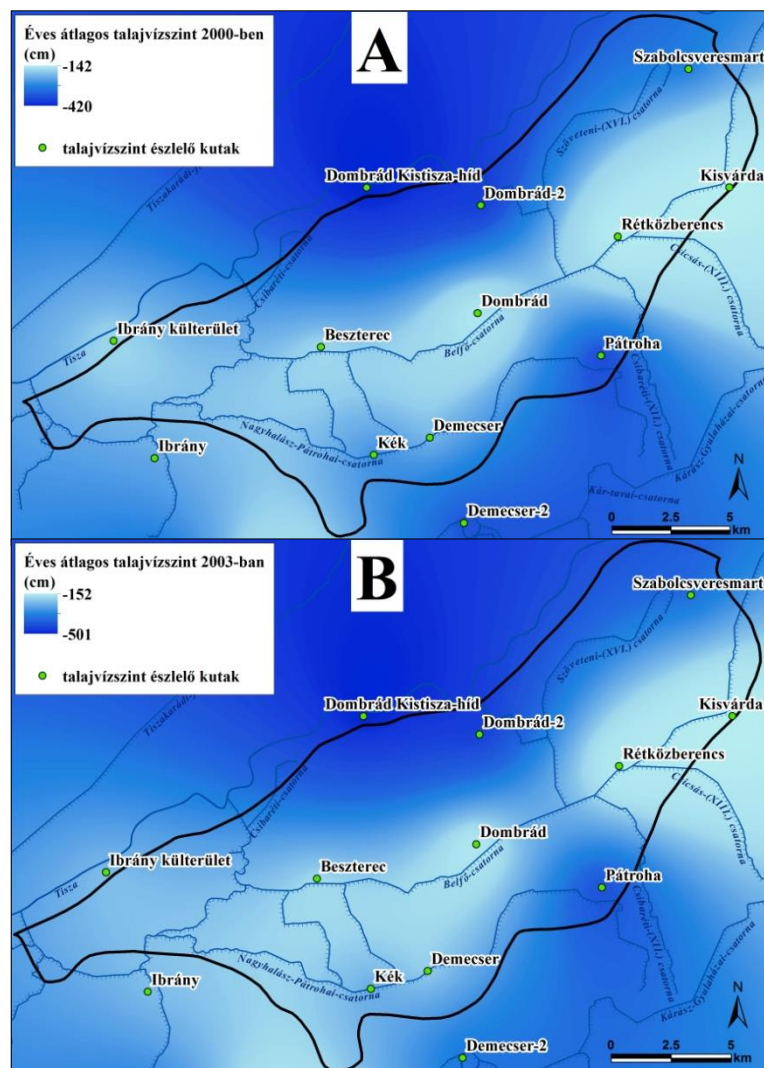


63. ábra A talajvízszint tengerszint feletti magasságának trendje a Rétközben

A Rétköz területére is igaz a fentebbi megállapításunk, hogy a csatornahálózattal átszőtt, talajvízkúttal nem rendelkező, területre interpolációval nem tudunk megbízható talajvízszint adatokat nyerni.

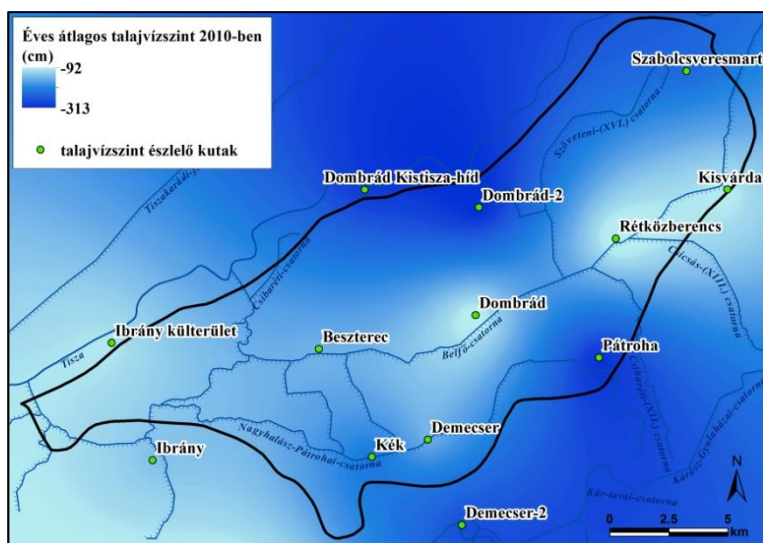
A 2000-es adatok alapján a terület átlagos évi talajvízszintje -142 és -419 cm között változott. A Belfő-csatorna menti mérőkutak esetében észlelték a legmagasabb szinteket. A csatornától távolodva a talajvíz nívója egyre mélyebbre került. Ugyanezt tapasztaltuk 2003-ban is (64. A és B ábra).





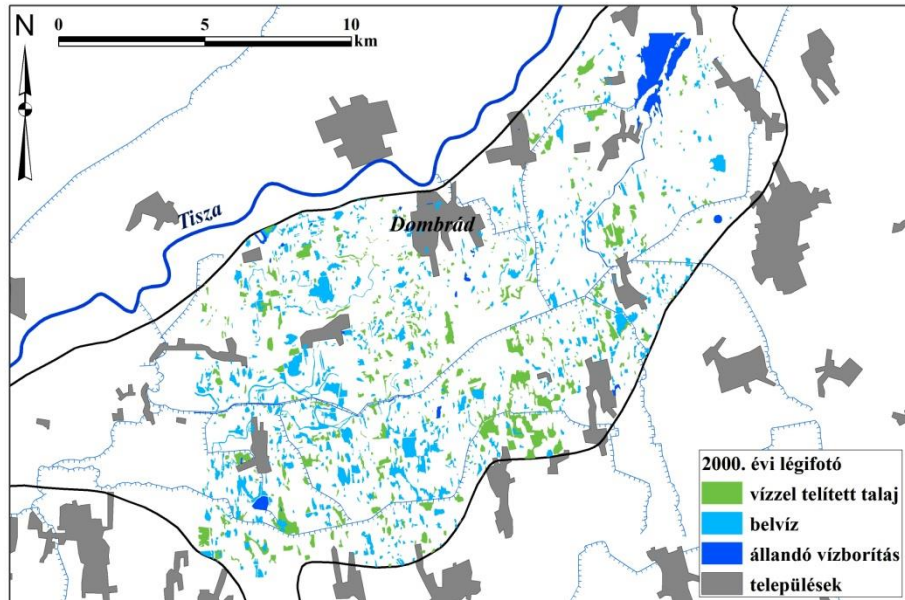
64. ábra A talajvízszint felszín alatti mélysége a Rétközben (A: 2000-ben; B: 2003-ban)

2010-ben a sokéves átlagot meghaladó mennyiségű csapadék hullott ezen a területen is. Ekkor a talajvíz szintje is megemelkedett csaknem egy méterrel az előző évi átlaghoz képest (65. ábra). A magasabb talajvízszintek ebben az évben is a Belfő-csatorna körzetében jelentkeztek, továbbá meg kell jegyeznünk azt is, hogy a csatorna és a Tisza torkolatához közeledve a talajvíz emelkedése volt a jellemző. Valószínű a vízfolyások visszaduzzasztó hatása érvényesült.



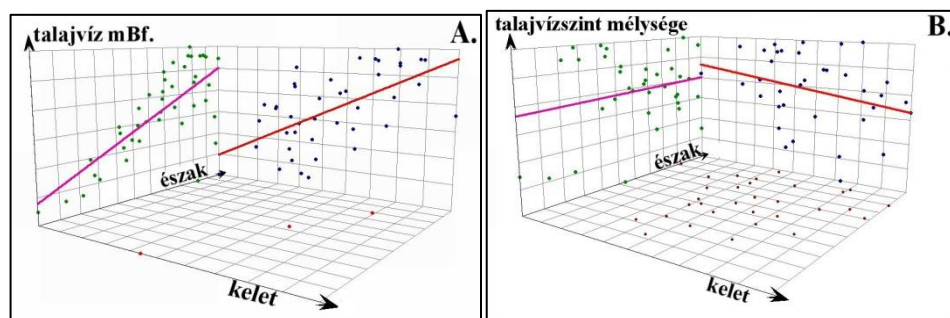
65. ábra A talajvízszint felszín alatti mélysége a Rétközben 2010-ben

A Rétköz morfológiáját, talajvíz adatbázisát és az interpretált légifelvételeket figyelembe véve megállapítható, hogy az állandóan vizenyős-mocsaras, nagyobb kiterjedésű területek kivételével kisebb foltokban jelentkeznek a belvizek (66. ábra). Ezek kialakulását a következőképpen magyarázhatjuk. A keleti területeken, ahol homok üledékek borítják a felszín, elsősorban a buckák közötti mélyedések veszélyeztetettek. Az adatok alapján megállapítottuk, hogy a térségben ÉK-felé nő a talajvíz tengerszintfeletti magassága, a buckák közötti mélyedésekben a felszínhez közel helyezkedik el. A csapadékosabb években a felszínre jutó nagyobb vízmennyiség nem tud beszivárogni. A terület középső részén, a sűrű csatornahálózat hatására jelentkezik a magasabb talajvízszint, ami ezek környezetében növeli a belvíz kialakulásának kockázatát. Ez a veszély különösen akkor jelentkezik, ha a csatornában magas a vízszint (visszaduzzasztás), illetve ha elhanyagolt állapotban vannak. A harmadik veszélyeztetett terület a Rétköz nyugati részén található, ahol a Belfő-csatorna és a Tisza közötti területen gyakori a folyók visszaduzzasztó hatása. A Tisza esetében ez összefüggésben van a tiszalöki duzzasztóval.



66. ábra A 2000. évi légifelvételek alapján szerkesztett belvíztérkép a Rétközben

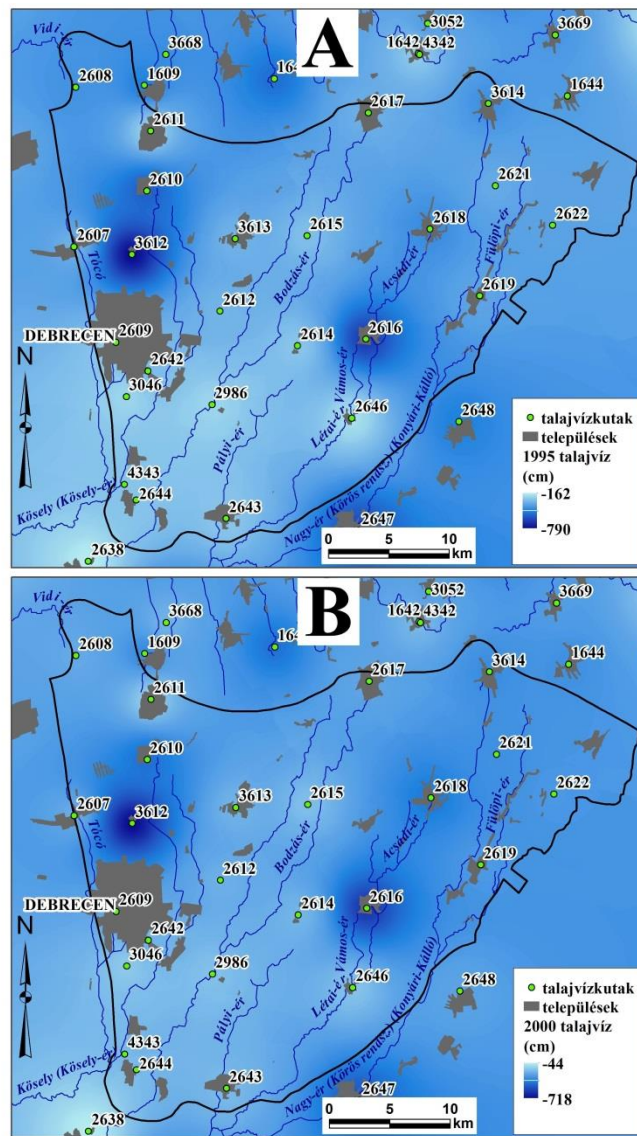
A Dél-Nyírségben szintén 1995-ben (-381,4 cm) volt minimális a talajvíz szintjének területi átlaga, a maximuma pedig 2006-ban (-223 cm) volt mérhető. A talajvíz szintjének emelkedése már 2005-ben kezdetét vette a megnövekedett csapadékmennyiség hatására, és már akkor megközelítette a 2006-os szintet. Mivel 2005-ben több kút mérési adatsora állt rendelkezésre, ezért a maximumnál ezt az időpontot mutatjuk be.



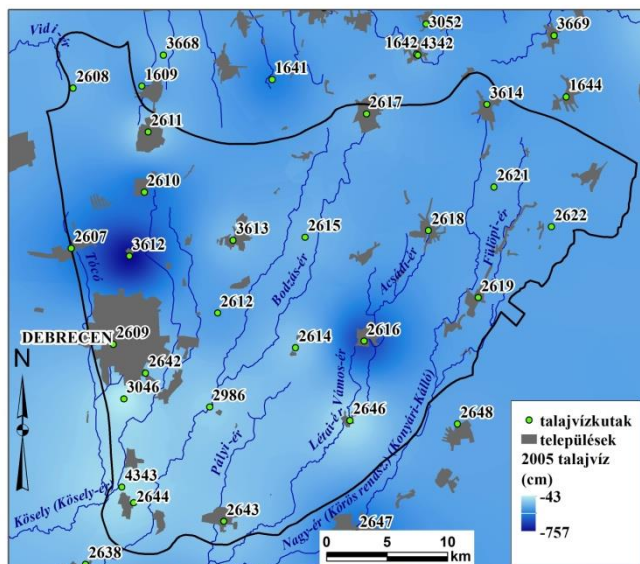
67. ábra A talajvízszint tengerszint feletti magasságának (A) és a terepszinttől mért mélységének (B) trendje a Dél-Nyírségben

A Dél-Nyírségben a talajvíztükör tengerszint feletti magassága É-D-i irányban erőteljesen csökken, Ny-K-i irányban pedig emelkedik (67.A ábra). Ezek a trendek jellemzőek a domborzati viszonyokra is. A talajvíz terepszinttől mért mélysége azonban ezzel ellentétes tendenciával (67. B ábra) jellemezhető, ami a talajvíz térbeli eloszlását ábrázoló térképeken (68. A; B és 69. ábra) meg is jelenik.

A területre jellemző tulajdonságok mellett fel kell hívnunk a figyelmet arra, hogy a vizsgált években (mind a három térképen) megfigyelhetők depressziós tölcserék, ahol a talajvíz szintje a környezetüktől jelentős mértékben mélyebben helyezkedik el. Ezek kialakulása nagy valószínűséggel antropogén hatással magyarázható (pl. a Debrecenről É-ra található folt térségében vannak a város vízellátásáért felelős kútjai). A mélyebben elhelyezkedő rétegvizek kinyerésével szívóhatás lép fel, ami csökkenti a talajvíz szintjét. A hordalékkúp területeken több helyen megfigyelhető ez a jelenség.

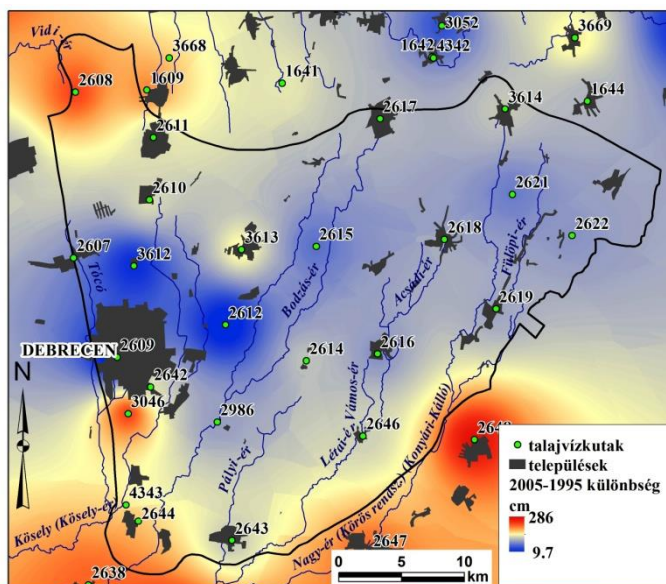


68. ábra A talajvízszint mélységének térbeli eloszlása a Dél-Nyírségben  
A: 1995-ben; B:2000-ben



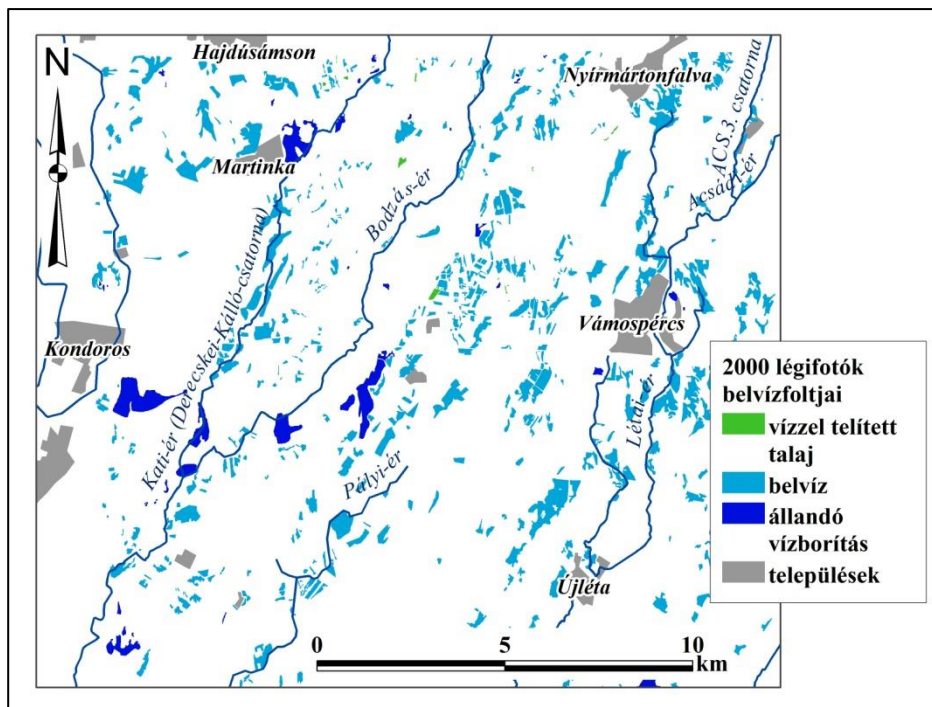
69. ábra A talajvízszint mélységének térbeli eloszlása a Dél-Nyírségben

A két év különbségtérképén (70. ábra) csak pozitív eltéréseket láthatunk, azaz a 2005-ben észlelt vízszintek mindenhol meghaladták az 1995-ös értéket. A különbségnek sajátos térbeli eloszlása van, a mintaterület közepén K-ÉK–Ny-DNy-i irányban húzódik egy kisebb különbségekkel jellemezhető sáv, majd ettől a „vonaltól” távolodva nő a talajvízszint ingadozásának mértéke.



70. ábra Az éves átlagos talajvízszint 2005 és 1995 közti különbsége a Dél-Nyírségben

A Dél–Nyírség területét a belvízveszély szempontjából morfológiailag két területre oszthatjuk. A Debrecentől északra elterülő rész a magasabb, ahol közelítünk a nyírségi vízválasztóhoz. Ezen a területen csak az elhagyott folyómedrek (pl. 4. sz. főút mellett) maradványaiban képződhet belvíz. A magasabb területekről a víz egyrészt a Hajdúság, másrészt a nyírvizek irányába lefolyik. A Dél–Nyírség DK-i része ettől eltérő képet mutat. Ezen a területen az ÉK–Dny-i irányú akkumulációs zónákban az aszimmetrikus parabolabuckák és szegélybuckák mélyedései kedveznek a belvíz kialakulásának. A buckavonulatok közötti nyírvízlaposokban a talajvíz közel van a felszínhez. A talajvízadatok elemzésekor megállapítottuk, hogy a talajvízszintek is ebbe az irányba emelkednek, ami szintén kedvez a belvízképződésnek.

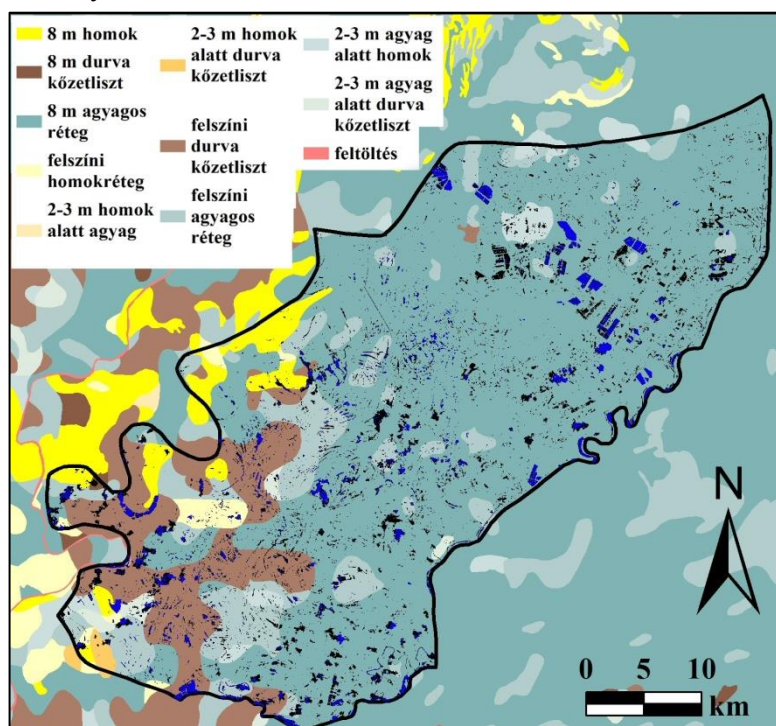


71. ábra Belvízterkép a 2000-es légifelvételek alapján a Dél-Nyírségi mintaterületen

## 5.4. Sekélyföldtani jellemzők a mintaterületeken

### 5.4.1. Szolnok–Túri-sík

A 17. ábra alapján a 4.1.6. fejezetben kifejtettük a mintaterület főbb földtani jellemzőit. Figyelembe véve a műholdas távérzékelés adatait a 72. ábra szerint megállapíthatjuk, hogy a belvízzel borított területek többségében a kötöttebb agyagos képződményeken alakultak ki.

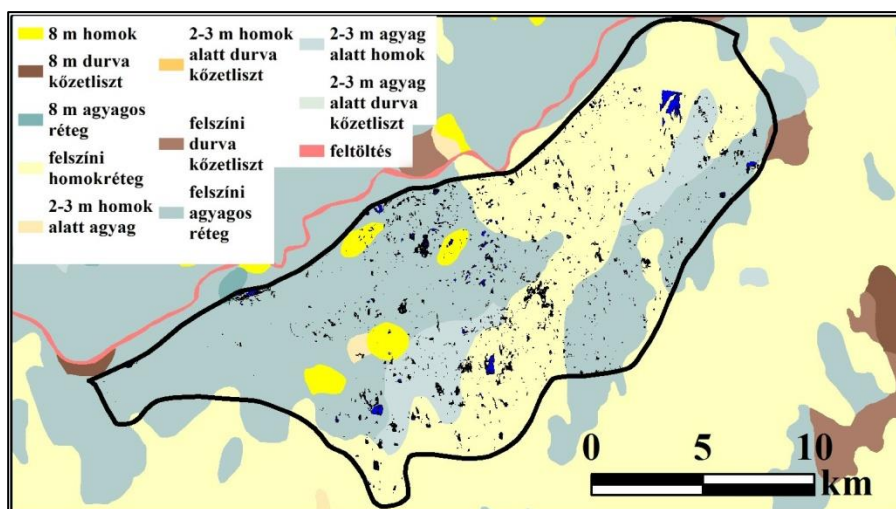


72. ábra A műholdfelvételek alapján interpretált belvízfoltok elhelyezkedése a földtani térképen (a fekete foltok a belvizes területek, 2010-ben)

### 5.4.2. Rétköz

A Rétköz fő jellemzője földtani szempontból, ahogyan ezt már a 4.1.6 fejezetben részletesen kifejtettük, hogy az egész területen végighúzódik a kötöttebb agyagos rétegsor, amelyet a kistáj keleti felén több méter vastagságú futóhomok fed. A műholdfelvételek alapján megállapítottuk, hogy a belvízzel borított területek nagysága a vizsgált időintervallumon belül 2000 áprilisában volt a legjelentősebb. Ezért a két hatótényező összevetésénél ennek a műholdfelvételt használtuk fel (73. ábra).

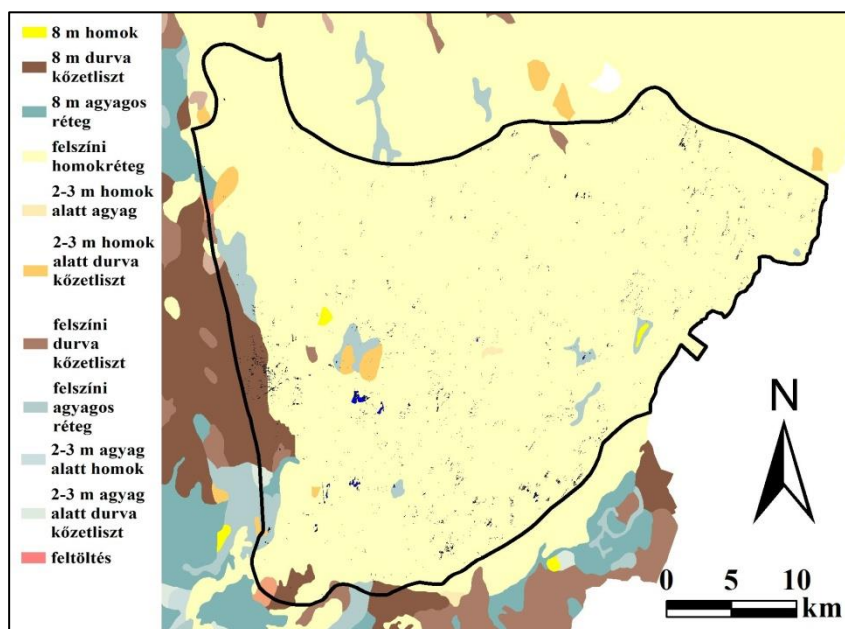
Ezen a mintaterületen a belvízzel veszélyeztetett felszínek mindegyik földtani rétegződésnél megfigyelhetők.



73. ábra A műholdfelvételek alapján interpretált belvízfoltok elhelyezkedése a földtani térképen (a fekete foltok a belvizes területek)

#### 5.4.3. Dél-Nyírség

A Dél-Nyírség futóhomokkal borított felszínén a buckaközi mélyedések (ahol gyakrabban kialakulnak belvizek) kisebb kiterjedésűek, amit a Magyarország Földtani Atlaszára vetített – 2002. márciusi műholdfelvétel interpretálásával létrehozott – foltok is jeleznek (74 ábra).



74. ábra A műholdfelvételek alapján interpretált belvízfoltok elhelyezkedése a földtani térképen (a fekete foltok a belvizes területek)

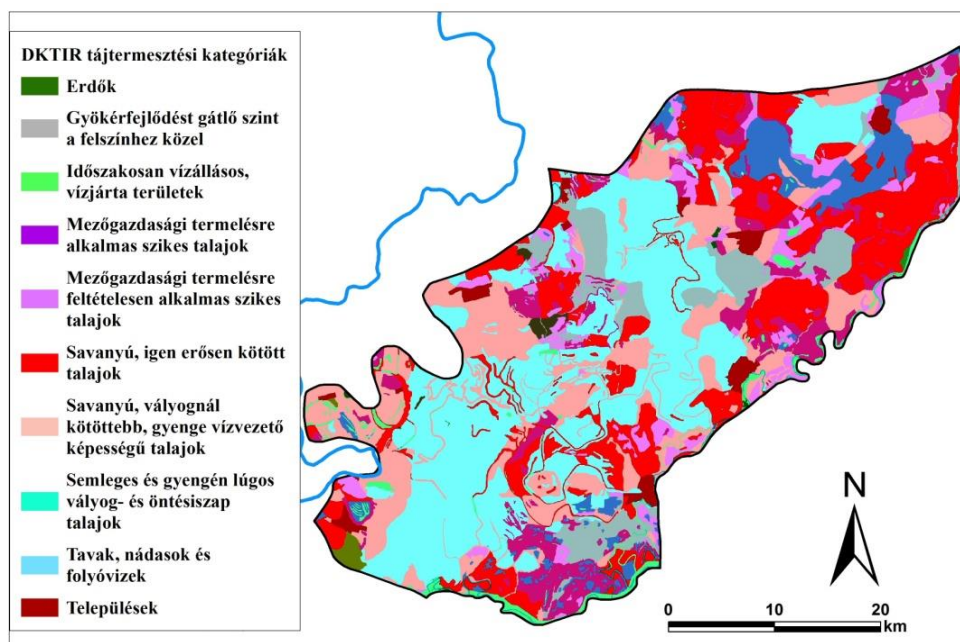


A kistáj belvízfoltjainak elhelyezkedésénél ugyanazt állapíthatjuk meg, mint amire már a talajvíz hatótényező tárgyalásakor utaltunk.

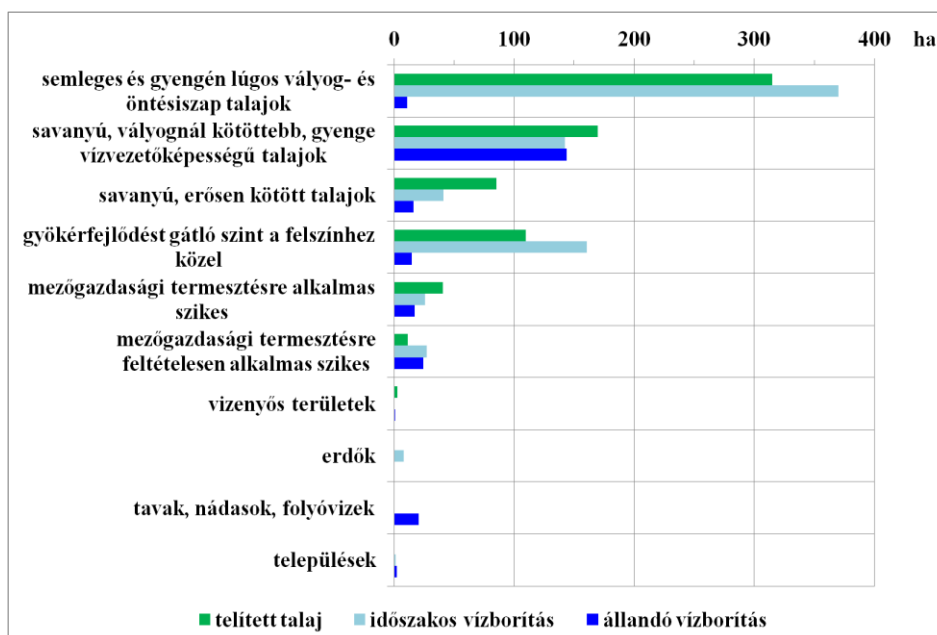
## 5.5. Talajtani tulajdonságok alakulása a belvízzel borított területeken

### 5.5.1. Szolnok–Túri-sík

A mintaterületünk 90%-án rossz vízgazdálkodási tulajdonságú talajok borítják. A kistáj keleti felét az ott található gyenge víznyelésű és vízvezetőképességű talajok a belvízképződés szempontjából veszélyeztetettebbé teszik. Ez a tulajdonság a savanyú, erősen kötött talajok dominanciájával (75. ábra) magyarázható. A mintaterület középső és DNY-i része vízgazdálkodási szempontból valamivel kedvezőbb, de a vályog- és öntésiszap talajok jelentősen lassítják a belvizek beszivárgását. A 2000. évi légifelvételek szerint a belvíz által borított felszínek legnagyobb része ez utóbbi talajokhoz köthető (76. ábra).



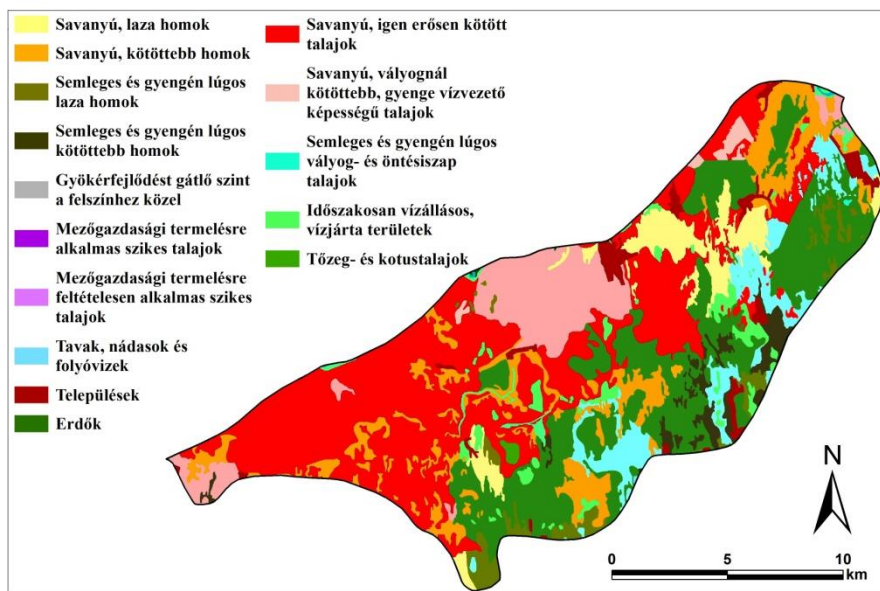
75. ábra A DKTIR tájtermesztési kategóriák a Szolnok–Túri-síkon



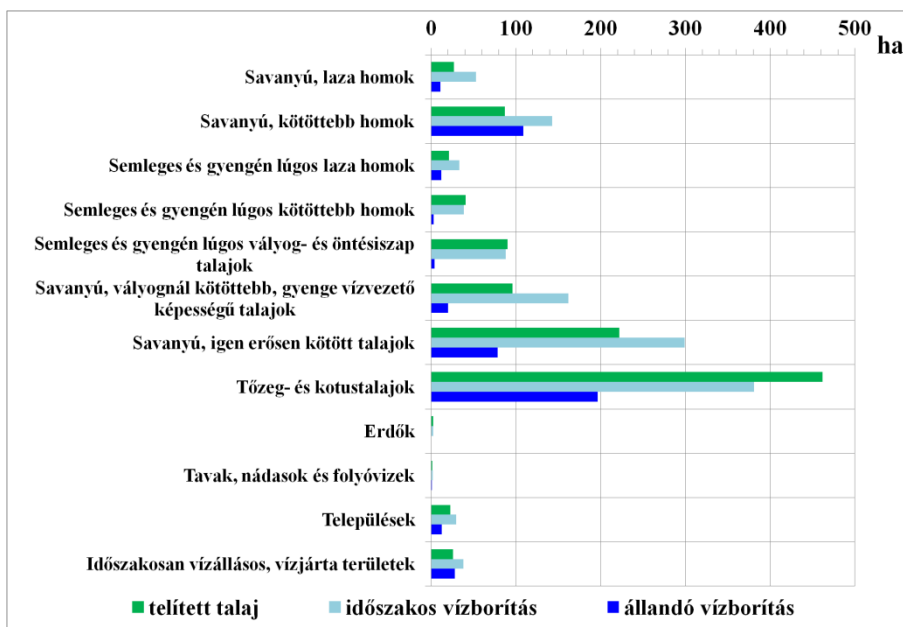
76. ábra A 2000. évi légifotó alapján vektorizált belvízfoltok megoszlása "tájtermesztési kategóriák szerint"

### 5.5.2. Rétköz

A mintaterület talajtani szempontból is két fő részre osztható. A kistáj nyugati részén erősen kötött agyagos talajok az uralkodóak (77. ábra) rossz vízgazdálkodási tulajdonságokkal. Ahogyan a többi hatótényező tárgyalásakor már említettük, a keleti rész homokos térszínei jó víznyelésűek és vízvezetőképességűek, de a buckaközi mélyedések kedveznek a belvizek kialakulásának. Mindezek mellett meg kell említeni a tőzeg- és kotus talajokat, amelyeket nagy arányban borított belvíz a 2000-es légifelvételek alapján (78. ábra).



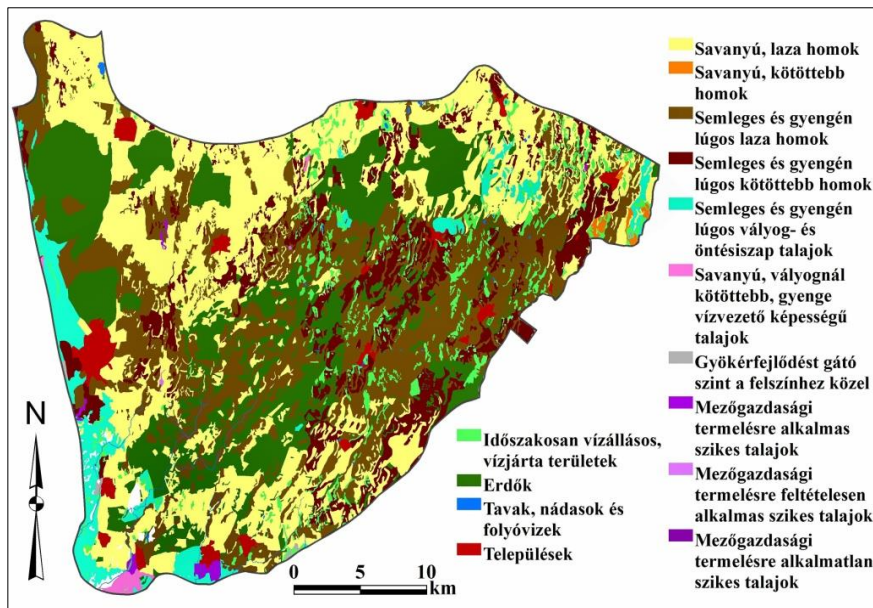
77. ábra A DKTIR tájtermesztési kategóriák a Rétközben



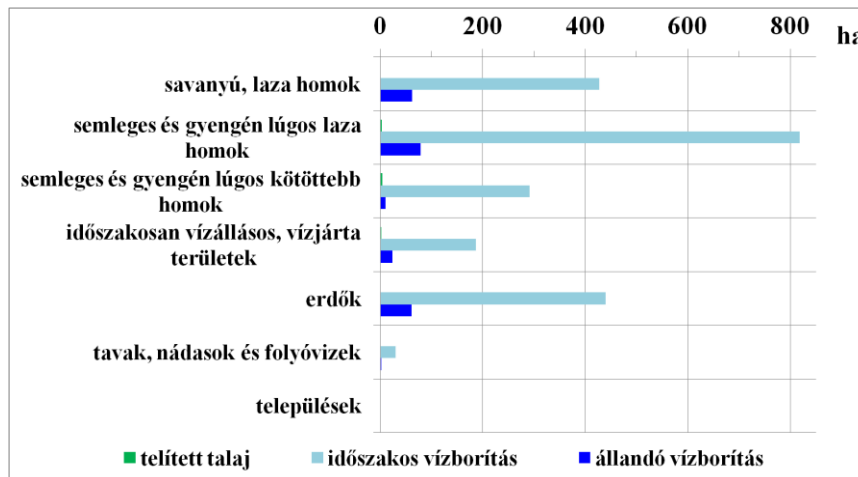
78. ábra A 2000. évi légifotó alapján vektorizált belvízfoltok megoszlása "tájtermesztési kategóriák szerint

### 5.5.3. Dél-Nyírség

A Dél-Nyírségben a különböző kötöttségű homokos üledékek dominálnak (79. ábra). A hordalékkúp homokrétegei között eltérő mélységben gypvasérc rétegek találhatóak. Ezek a képződmények a talajvíz elhelyezkedésétől függően alakultak ki, vízszintemelkedés hatására. A belvízképződés szempontjából jelentősek, ugyanis vízzáró rétegeként működnek, amik megakadályozzák a csapadék beszivárgását. Emiatt a kiterjedt homokfelszíneken (80. ábra) is képződhetnek belvízfoltok.



79. ábra A DKTIR tájtermesztési kategóriák eloszlása a Dél-Nyírségben

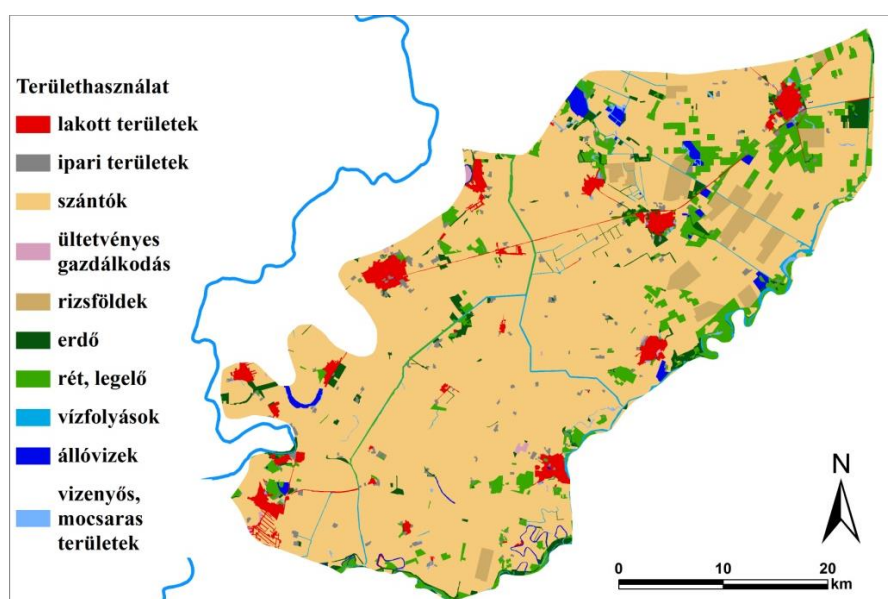


80. ábra A 2000. évi légifotó alapján vektorizált belvízfoltok megoszlása "tájtermesztési" kategóriák szerint

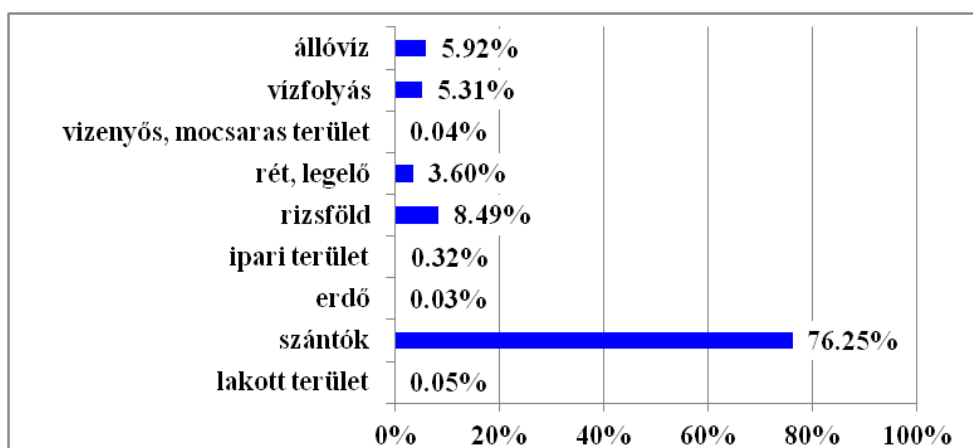
## 5.6. A felszínborítás alakulása a belvízzel borított területeken

### 5.6.1. Szolnok–Túri-sík

A kistáj legnagyobb részén a Corine LC 50 felszínborítási adatbázisa (81. ábra) szerint mezőgazdasági művelés folyik. A kiterjedt szántóföldeket kisebb legelők, rétek szakítják meg. A 2000-es légifelvételek alapján szerkesztett belvízfoltok, a területhasználati típusok arányainak megfelelően, a szántóterületeken alakultak ki (82. ábra). Nagy százalékban (8,49%) mutattunk ki vízborítást rizsföldeken is. Ezek a parcellák Kisújszállástól ÉNy-ra helyezkednek el és jelentős gazdasági szerepük van.



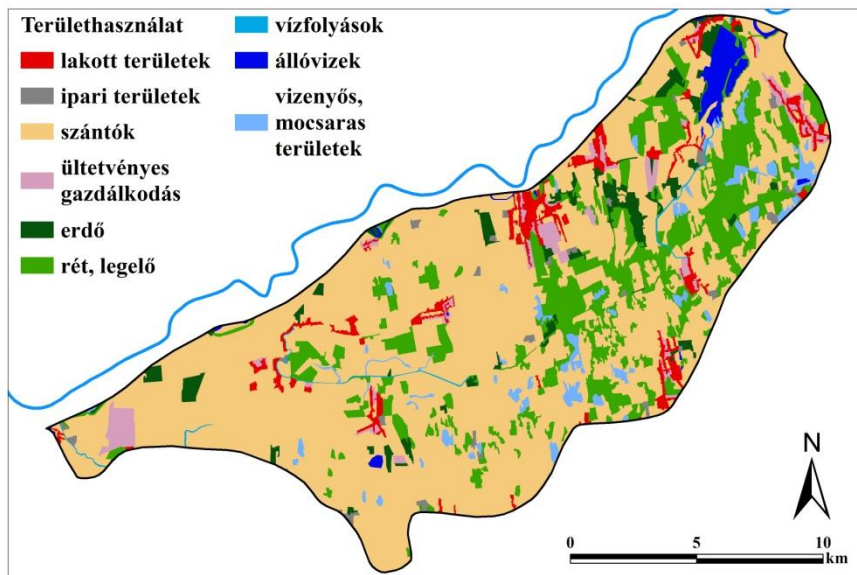
81. ábra A Szolnok–Túri-sík felszínborítási típusai a CLC 50 összevont kategóriái alapján



82. ábra A 2000. évi légifelvételek alapján interpretált belvízfoltok felszínborítási kategóriák szerinti megoszlása a Szolnok–Túri-síkon

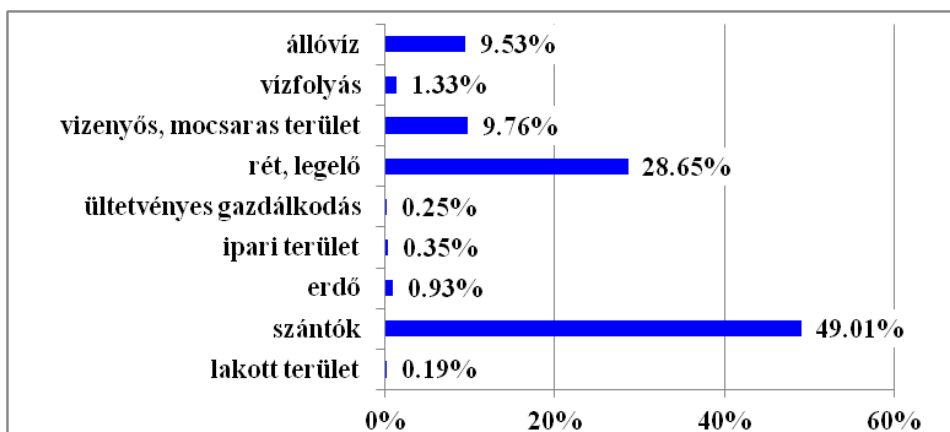
### 5.6.2. Rétköz

A Rétköz területén tapasztalt kettősség területhasználatában is megnyilvánul (83. ábra). Egyrészt nagy területeken mezőgazdasági tevékenységet végeznek (kistáj nyugati fele), másrészt jelentős kiterjedésben találunk réteket, legelőket (főleg a keleti részen). Fel kell hívni a figyelmet az elszórtan előforduló vizegyes, mocsaras területekre is, hiszen ezek a térszínek mindig nedvesebbek környezetüknél, csapadékos időszakban pedig több deciméteres vízborítás is kialakulhat.



83. ábra A Rétköz felszínborítási típusai a CLC 50 összevont kategóriái alapján

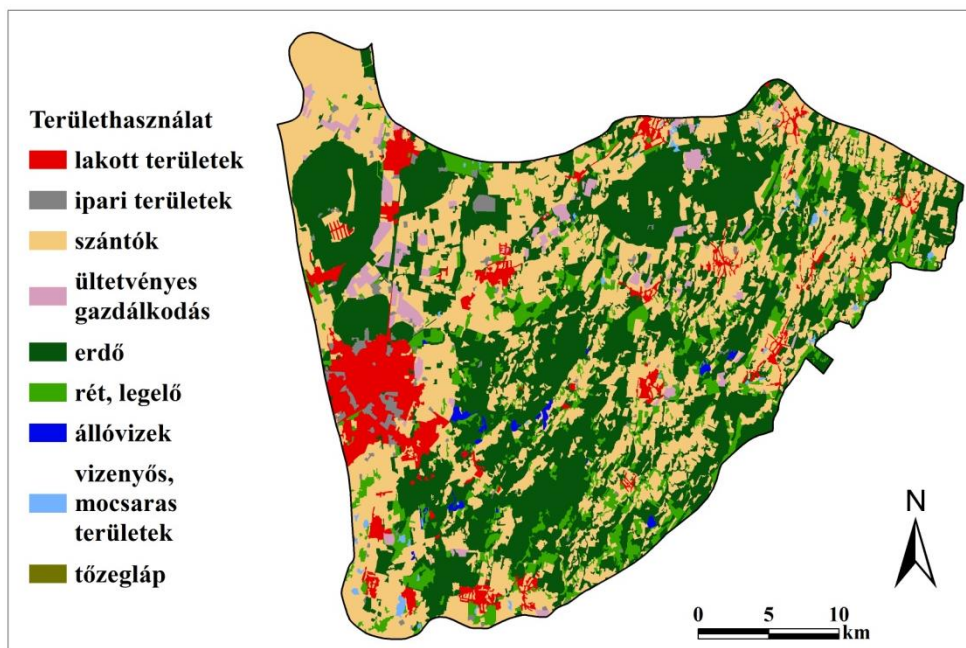
A légifelvétel alapján lehatárolt belvízfoltok többsége szántóföldi területen jelent meg, de nagy arányban fordultak elő rét, legelők területhasználati típuson is (84. ábra).



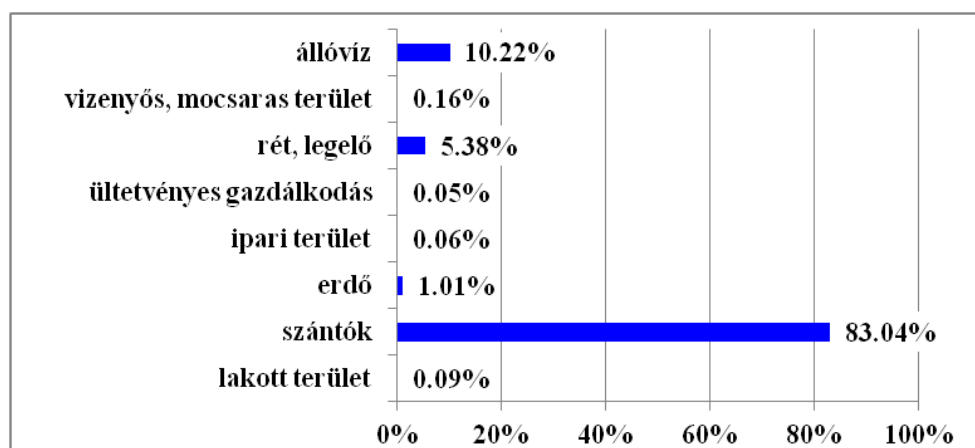
84. ábra A 2000. évi légifelvétel alapján interpretált belvízfoltok felszínborítási kategóriái a Rétközben

### 5.6.3. Dél-Nyírség

A Dél-Nyírség területén az elmúlt évtizedekben jelentősen növekedett az erdők kiterjedése. Emellett a mezőgazdasági művelésbe vont területek teszik ki a kistáj nagyobb részét (85. ábra). A légifelvétel alapján készített belvítérkép szerint a belvizek a szántókon jelentkezik legnagyobb mértékben (86. ábra).



85. ábra A Dél-Nyírség felszínborítási típusai a CLC 50 összevont kategóriái alapján



86. ábra A 2000. évi légifelvétel alapján interpretált belvizek felszínborítási kategóriái a Dél-Nyírségben

## 5.7. A műholdas távérzékelési adatok elemzéséből származó belvízborítási térképek

### 5.7.1. Szolnok–Túri-sík távérzékelés alapú belvíztérképe

A Szolnok–Túri-sík területéről 12 műholdfelvételt értékeltünk ki. A belvízborítottságot a spektrális indexek segítségével határoztuk meg. A vízzel borított területek leválogatásánál alkalmazott határértékeket a 12. táblázatban tüntettük fel. Az MNDWI határértékei olykor negatív tartományba is esnek, de erre az átitatott talajok pontosabb körülhatárolása miatt szükség volt.

12. táblázat A vízborítás leválogatásához alkalmazott határértékek

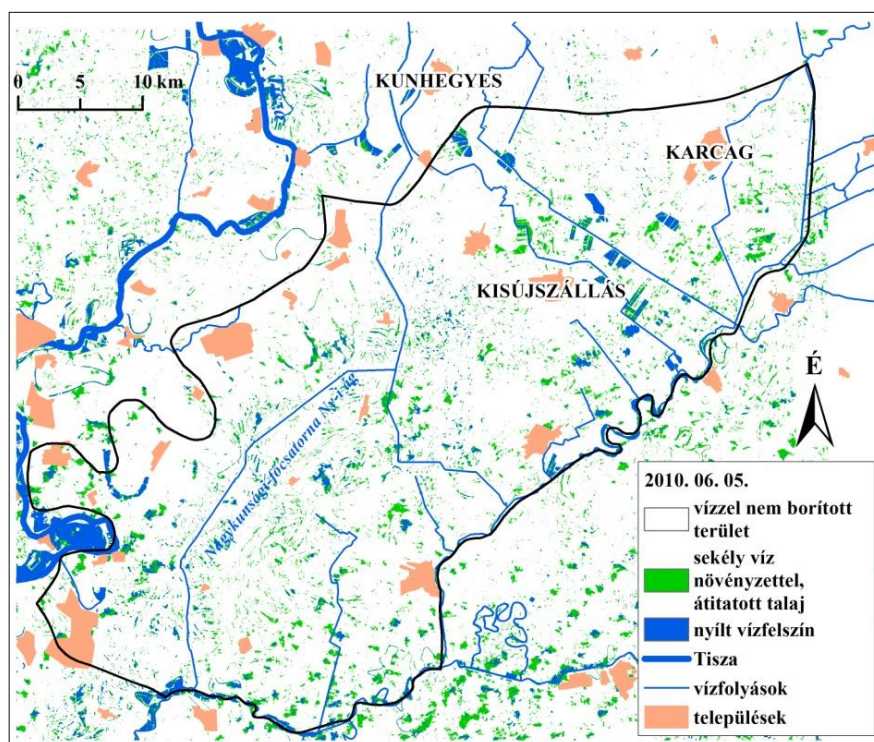
Műhold	Időpont	Határérték MNDWI*NDWI (ha >0) (nyílt vízfelszín)	Határérték MNDWI (telített talaj)
Landsat-7 ETM	2000.08.20	0.210	0.120
Landsat-7 ETM	2000.09.30*	0.160	0.167
Landsat-5 TM	2002.03.12*	0.110	0.002
Lansat TM	2006.10.16*	0.070	0
Landsat-5 TM	2009.10.08	0.080	-0.100
Landsat-5 TM	2010.06.05	0.028	-0.110
Landsat-5 TM	2011.07.10	0.045	-0.060
Landsat-5 TM	2011.09.28	0.052	-0.045
Landsat 8 OLI/TIRS	2014.03.12	0.200	0
Landsat 8 OLI/TIRS	2014.03.28	0.002	0.020
Landsat 8 OLI/TIRS	2014.04.13	0.150	0.089
Landsat 8 OLI/TIRS	2014.06.09*	0.025	0.024
* a műholdfelvétel nem fedte le a teljes területet			

A belvízzel érintett területek kiterjedése a vizsgált időpontokban egy kivételtől (2010. 06. 05.) eltekintve nagyon egyöntetű. Mind a nyílt vízborítás, mind a vízzel telített talaj, vagy sekély vízborítás átlagosan 0,5%-nyi területet érintett (87. ábra). A 2010. június 5-i felvétel, amely teljesen lefedte a területet, nedvesebb állapotról adott tanúbizonyságot (87. ábra). A kistáj területének 6,2 %-át (~106 km<sup>2</sup>) borította sekély víz, vagy került a talaj túltelített állapotba. A nyílt vízfelszín aránya is megemelkedett 2,6%-ra (~44 km<sup>2</sup>). Ebben az évben egy nedvesebb periódus kezdődött, melynek hatására országosan mintegy 224 ezer hektárt borított belvíz, mely júniusban tetőzött. Ez a tendencia folytatódott 2011-ben is, de az előntési maximum januárban volt, amelyet apadás követett, így a nyári és őszi felvételeken már nem érzékelhető a belvíz nyoma.

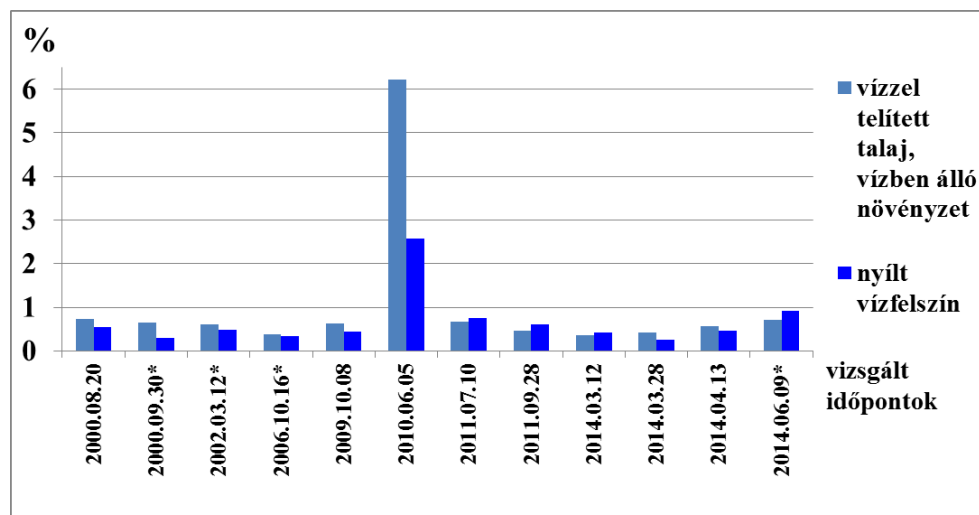
A rendelkezésünkre álló műholdfelvételek kiértékelése alapján megállapíthatjuk, hogy a 2010-es évben a megnövekedett csapadékmennyiség hatására nagy területeket borított belvíz. Ezzel magyarázható, hogy ennek az évnek az adatai kiemelkedőek (88. ábra). A vizsgált többi időpontban a sekély és a nyílt víz



százalékos aránya mutatja a nedvesebb és a szárazabb évek hatásait, de az értékük 1% alatt marad.



87. ábra Belvizzel borított területek műholdfelvétel alapján



88. ábra Belvizzel érintett területek %-os aránya a Szolnok-Túri-síkon műholdfelvételek alapján

\* a felvétel nem fedte le a teljes területet, de a vízborítás a lefedett terület arányában van feltüntetve

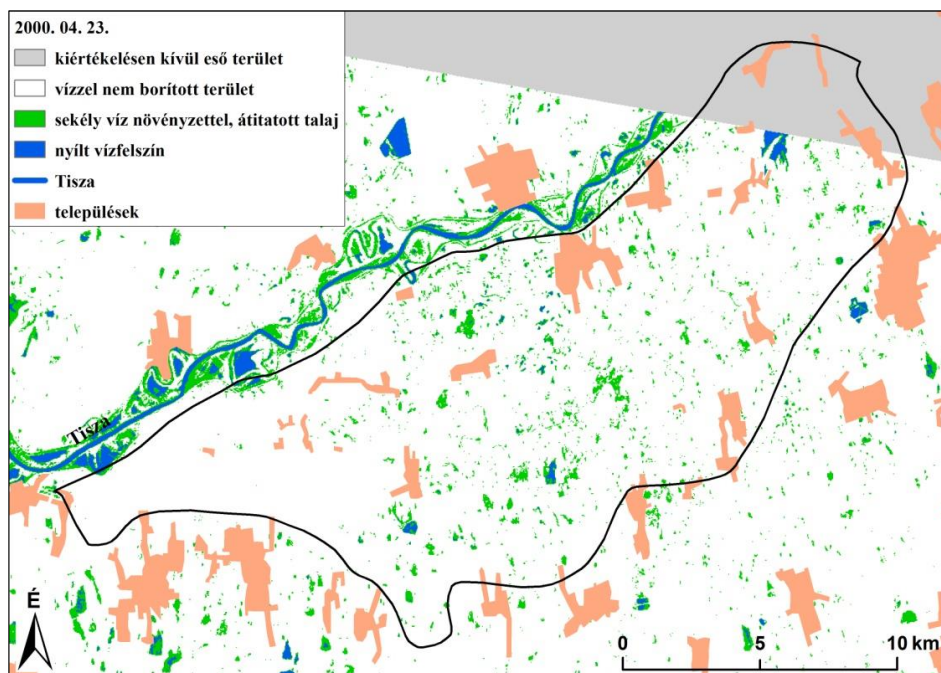
### 5.7.2. A Rétköz távérzékelés alapú belvíztérképe

A Rétközről 11 db műholdfelvétel került elemzésre, egyrészt a spektrális indexek alapján, másrészt a módszertani fejezetben ismertetett eljárással. (A Xu által kidolgozott MNDWI és McFeeters NDWI ( $ha > 0$ ) szorzata alapján került lehatárolásra a nyílt vízfelület, a vízzel átitatott talaj és vízben álló növényzet pedig az MNDWI értékei szerint, a 13. táblázatban felsorolt határértékek alapján.)

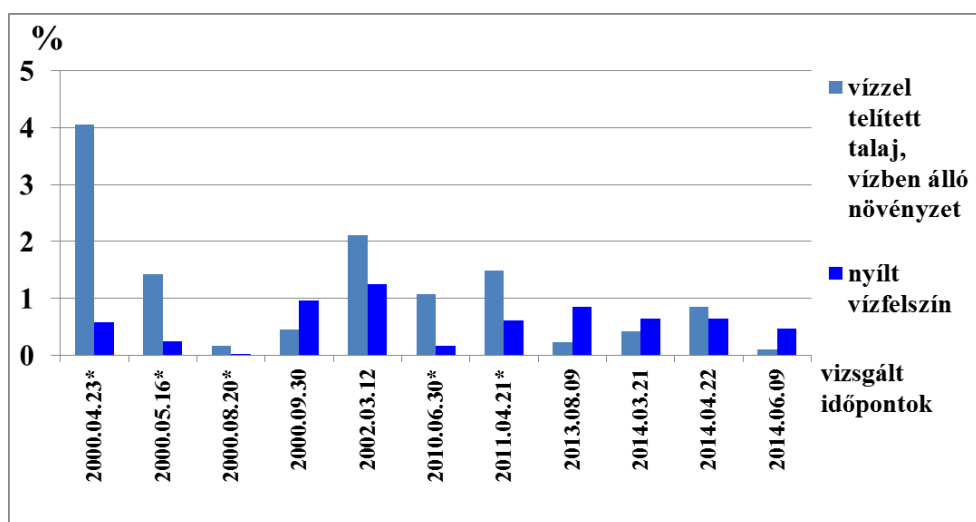
13. táblázat A vízborítás leválogatásához alkalmazott határértékek

Műhold	Időpont	Határérték MNDWI*NDWI ( $ha > 0$ ) (nyílt vízfelszín)	Határérték MNDWI (telített talaj)
Landsat-7 ETM	2000.04.23*	0.110	0
Landsat-7 ETM	2000.05.16*	0.085	0
Landsat-7 ETM	2000.08.20*	0.095	0.082
Landsat-7 ETM	2000.09.30	0.130	0.150
Landsat-5 TM	2002.03.12	0.100	0
Landsat-5 TM	2010.06.30*	0.001	-0.150
Landsat-5 TM	2011.04.21*	0.050	-0.180
Landsat 8 OLI/TIRS	2013.08.09	0.048	0.100
Landsat 8 OLI/TIRS	2014.03.21	0.190	-0.170
Landsat 8 OLI/TIRS	2014.04.22	0.020	0
Landsat 8 OLI/TIRS	2014.06.09	0.001	0.102
* a műholdfelvétel nem fedte le a teljes területet			

A vizsgált időpontok közül a legnagyobb előntést a 2000. 04. 23-i felvétel alapján tudunk kimutatni (89. ábra). Ez a felvétel a Rétköz 93,4%-át fedte le (257,063 km<sup>2</sup>). A kiértékelés szerint 1,48 km<sup>2</sup>-t borított nyílt víz, vízzel átitatott talaj és vízben álló növényzet pedig 10,4 km<sup>2</sup>-nyi területen volt a felvételezés időpontjában. Ez összesen a Rétköz (teljes) területének több mint 4%-a (90. ábra). Jelentősebb mértékű előntést ezen kívül csak a 2002. márciusi felvétel alapján tudunk megállapítani. A műholdfelvétel alapján készült tematikus térképről megállapíthatjuk, hogy a veszélyeztetett területek a Rétköz középső részén nagyobb arányban fordulnak elő.



89. ábra Belvízzel borított területek műholdfelvétel alapján



90. ábra Belvízzel érintett területek %-os aránya a Rétközben műholdfelvételek alapján  
 \* a felvétel nem fedte le a teljes területet, de a vízborítás az lefedett terület arányában van feltüntetve

### 5.7.3. Dél–Nyírség távérzékelés alapú belvizeképe

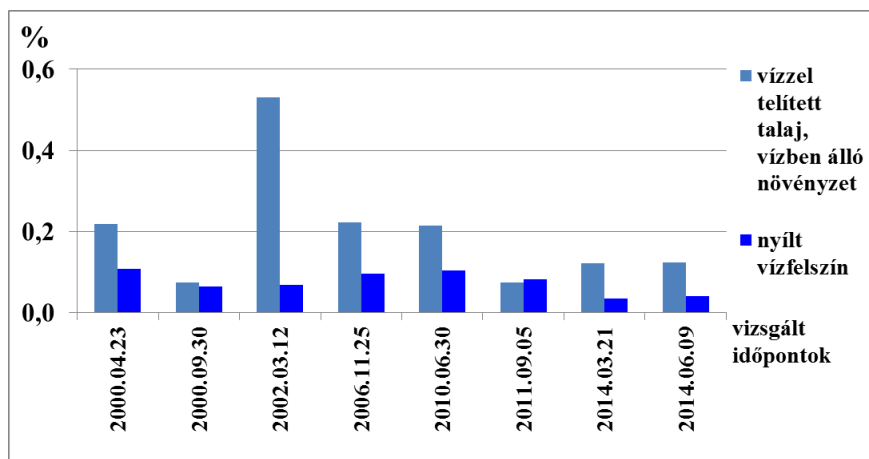
A Dél–Nyírség területéről 8 műholdfelvételt elemeztünk. A vizsgált felvételek mindegyike 100%-ban lefedte a kistájat, de a felhővel borított területeket nem lehetett értékelni. A spektrális indexek határértégeit a 14. táblázatban tüntetjük fel.

14. táblázat A vízborítás leválogatásához alkalmazott határértékek

Műhold	Időpont	Határérték MNDWI*NDWI (ha >0) (nyílt vízfelszín)	Határérték MNDWI (telített talaj)
Landsat-7 ETM	2000.04.23	0.150	0.090
Landsat-7 ETM	2000.09.30	0.043	0.310
Landsat-5 TM	2002.03.12	0.350	0.073
Landsat TM	2006.11.25	0.110	0
Landsat-5 TM	2010.06.30	0.001	-0.146
Landsat-5 TM	2011.09.05	0.017	-0.060
Landsat 8 OLI/TIRS	2014.03.21	0.300	0.030
Landsat 8 OLI/TIRS	2014.06.09	0.106	-0.022

\* a műholdfelvétel nem fedte le a teljes területet

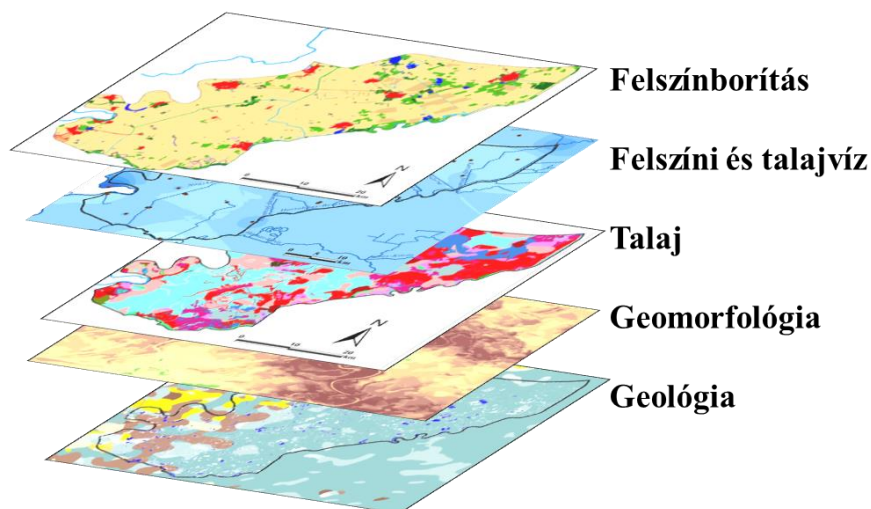
A kistáj területének nagyon csekély részét borította belvíz a kiértékelt műholdfelvételek alapján: 0,1-0,25% átlagosan (91. ábra). A vizsgált időpontok közül 2002 márciusában volt a legnagyobb kiterjedésű vízborítás, összesen 0,6%, ami kb. 7,27 km<sup>2</sup>-t jelent.



91. ábra Belvizzel érintett területek %-os aránya a Dél–Nyírségben műholdfelvételek alapján

## 5.8. A belvízre ható tényezők összehasonlító vizsgálata

A belvízre ható természeti tényezők (92. ábra) főkomponens analízissel kerültek kiértékelésre minden mintaterületen. A meghatározott főkomponensek és regressziós vizsgálatok alapján elkészítettük a mintaterületek belvíz-veszélyeztetettségi térképeit. A veszélyeztetettség mértékét három fokozatba soroltuk (erősen, közepesen és gyengén, vagy nem).



92. ábra A belvízre ható természeti tényezők

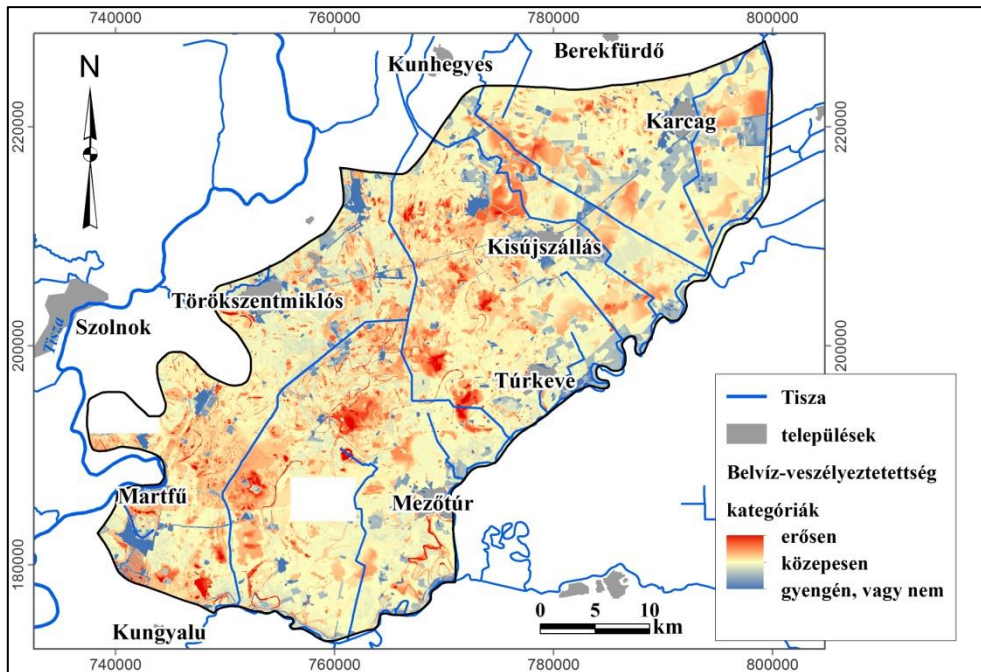
### 5.8.1. Szolnok–Túri-sík

A belvizes területek adataival végzett főkomponens analízis alapján három főkomponens adódott (15. táblázat). Az első komponens a talaj textúráját tartalmazza, a második a hidrometeorológiai tényezőket és a felszínborítást, a harmadik pedig a domborzat derivátumait.

15. táblázat A belvizet befolyásoló tényezők alapján számított főkomponensek

	Főkomponensek		
	PC-1	PC-2	PC-3
Talaj textúra 30-60 cm	<b>0,914</b>	-0,035	0,005
Talaj textúra 0-30 cm	<b>0,900</b>	0,023	0,031
Csapadékmennyiség	0,060	<b>0,696</b>	0,132
Felszínborítás	-0,061	<b>-0,632</b>	0,351
Talajvíz	-0,437	<b>0,625</b>	-0,075
Mélyedések	0,045	0,172	<b>0,847</b>
WI (Wetness Index)	-0,013	0,356	<b>-0,704</b>

A főkomponens analízis szerint a Szolnok–Túri-síkon a talajtani tényezők határozzák meg leginkább a belvizek megjelenését. A főkomponens analízis eredményének figyelembe vételével, lineáris regresszióval állítottuk elő a kistáj belvíz-veszélyeztetettségi térképét (93. ábra).



93. ábra A Szolnok–Túri-sík belvíz-veszélyeztetettségi térképe

A mintaterület középső és keleti részén nagy kiterjedésben vannak jelen az agyagos, kötött rétegek a felszínhez közeli elhelyezkedésben. A belvíz szempontjából ezek a területek jelentenek kockázatot. A területet morfológiai szempontból a kis relief energia jellemzi, a belvíz képződésének kedvező feltételeket nyújtanak az elhagyott folyómedrek, amelyek a veszélyeztetettségi térképen meg is jelennek. Talajtani szempontból a terület két kategóriába sorolható, egyrészt a rossz vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező, másrészt a közepes vízvezetőképességű és víznyelésűek. Hidrológiai viszonyoknál egyrészt a talajvíz mélységét és a vízfolyások hatását kell figyelembe vennünk. Azokon a helyeken, ahol a talajvíz közel van a felszínhez és gyorsan változik a szintje, ott nagyobb az esély a belvíz kialakulására. A vízfolyásoknál azok duzzasztó hatása, továbbá a tartós árszintek növelik a belvízveszélyt. A csapadék esetében jelentős területi különbségek nem tapasztalhatók. A belvíz szempontjából a szélsőséges csapadékmaximumok okozzák a legjelentősebb veszélyt.

A fentieket figyelembe véve ennek a mintaterületnek a középső sávját sorolhatjuk az erősen veszélyeztetett kategóriába. A közepes kategóriába tartoznak a térképen sárgás színnel megjelenített területek. Gyengén, vagy egyáltalán nem veszélyeztetett területek csak kisebb kiterjedésben fordulnak elő, ahol homokos üledékek borítják a felszínt.

## 5.8.2. Rétköz

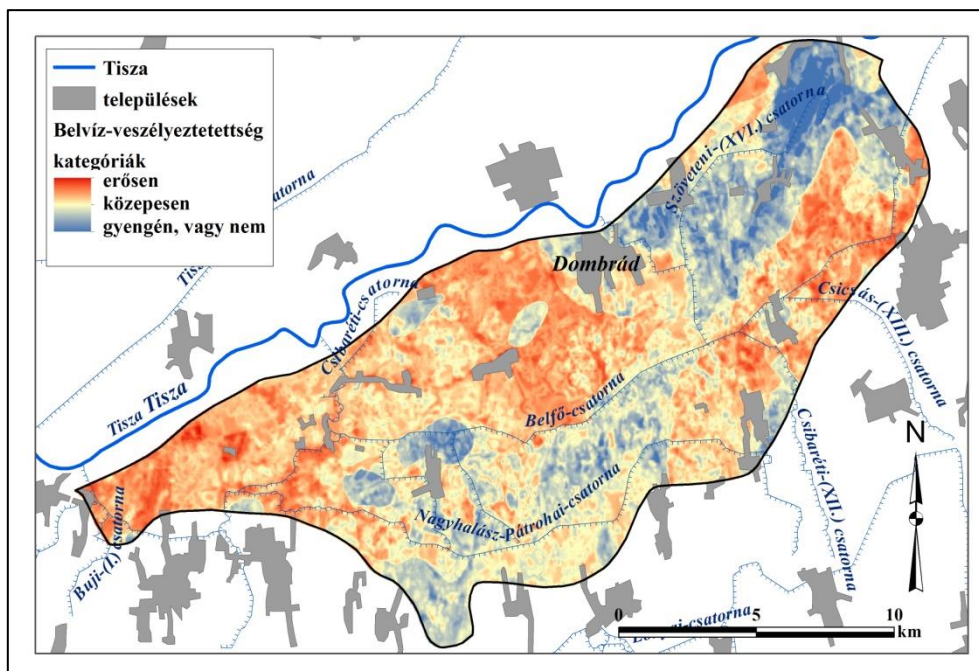
A Rétköz belvizet befolyásoló természeti tényezőinek főkomponens analízise alapján a talaj textúra és az ezzel szorosan összefüggő geológiai tényező alkotja az első főkomponenst (16. táblázat), a második a talajvíz, a csapadékmennyiség és a felszíni mélyedések értékeit jellemzi, míg a harmadik a felszínborítást és a WI-et.

16. táblázat A Rétköz belvizet befolyásoló tényezői alapján számított főkomponensek

	Főkomponensek		
	PC-1	PC-2	PC-3
Talaj textúra 30-60 cm	<b>0,871</b>	-0,053	0,311
Talaj textúra 0-30 cm	<b>0,863</b>	-0,157	0,301
Geológiai tényező	<b>0,689</b>	0,034	-0,377
Talajvíz	0,061	<b>0,738</b>	-0,236
Csapadékmennyiség	-0,233	<b>0,673</b>	0,270
Mélyedések	-0,014	<b>0,557</b>	0,092
Felszínborítás	0,005	-0,085	<b>-0,711</b>
WI (Wetness Index)	0,256	0,011	<b>0,514</b>

A Rétköz közettani és talajtani szempontból két részre osztható, ami az elkészített belvív-veszélyeztetettségi térkép (94. ábra) alapján is megállapítható. A nyugati részen a kis vízvezető-képesség, keleten pedig a jó vízáteresztő-képesség a jellemző. Ezzel összefüggésben nyugaton nagyobb, keleten kisebb a belvív kialakulásának kockázata. Morfológiai formakincsében és veszélyeztetettségében is e kettősség mutatható ki. Hidrológiai szempontból ki kell emelnünk a sűrű csatornahálózatot, amely a fenti vizsgálataink szerint (különösen a Belfő-csatorna környezetében) jelentős hatással vannak a talajvízszintre, a magasabb talajvízszint pedig a belvív kialakulására. A terület É-i határán folyó Tisza duzzasztott vízszintje segíti elő, illetve tartja fent a belvívveszélyt.

A hatótényezők vizsgálata alapján megállapíthatjuk, hogy az erősen veszélyeztetett területek közé a Rétköz középső részét, továbbá a Tisza és a Belfő-csatorna összefolyásának néhány km-es határát sorolhatjuk. A második kategóriába a nyugati szántóföldi területek egy része és a buckák közötti mélyedések tartoznak. Kisebb a valószínűsége a belvizek kialakulásának a Rétköz keleti homokbuckákkal borított részén (94. ábra, kék szín).



94. ábra A Rétköz belvíz-veszélyeztetettségi térképe

### 5.8.3. Dél-Nyírség

A Dél-Nyírségben a belvíz-hatótényezők főkomponens analízise szerint az első komponens a talaj textúrája, a második a talajvíz, a csapadék és a felszíni mélyedések, a harmadik pedig a WI, a felszínborítás és a geológiai tényező értékeit reprezentálja.

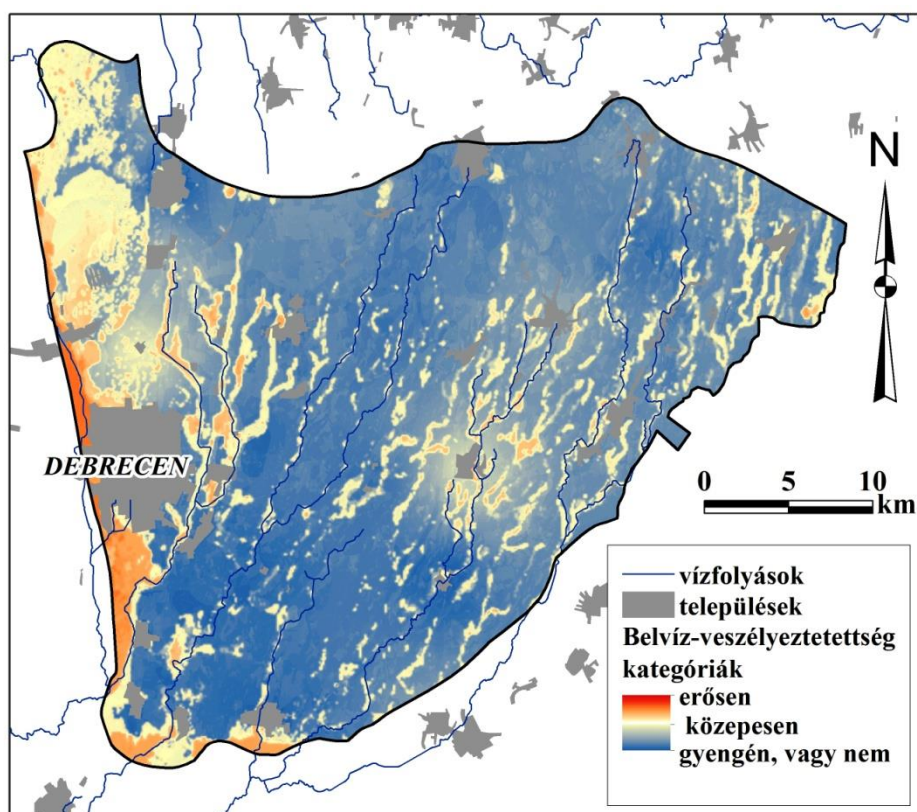
17. táblázat A Dél-Nyírség belvizet befolyásoló tényezői alapján számított főkomponensek

	Főkomponensek		
	PC-1	PC-2	PC-3
Talaj textúra 0-30 cm	<b>0,940</b>	0,000	0,027
Talaj textúra 30-60 cm	<b>0,931</b>	-0,021	0,017
Talajvíz	-0,226	<b>0,662</b>	0,090
Csapadékmennyiség	0,258	<b>0,619</b>	-0,272
Mélyedések	-0,023	<b>-0,591</b>	-0,116
WI (Wetness Index)	0,053	0,040	<b>0,768</b>
Felszínborítás	-0,061	0,066	<b>0,641</b>
Geológiai tényező	0,219	-0,254	<b>0,306</b>



A három mintaterület közül közettani szempontból a Dél–Nyírség a leg-homogénebb. A kistáj nyugati, Hajdúhátal határos sávjában a nyugatról a felszíni futóhomok rétegek alá benyúló löszös, lösziszapos rétegek miatt ez a terület a veszélyeztetettségi térképen (95. ábra) erősen veszélyeztettként jelenik meg. Itt a talajok az USDA szerinti homokos-vályog textúracsoportba tartoznak (iszap: 20-40% között, agyag: 30% körül). Gyengébb vízvezető képességű rétegek az elhagyott folyómedrek sávjában is kialakultak, itt a talajok is gyenge vízvezető képességűek. A belvizek kialakulásának itt is nagy az esélye, ezért ezeket is erősen veszélyeztetett kategóriába sorolhatjuk. A kisebb kiterjedésű, ilyen típusú területek azonban a veszélyeztetettségi térkép (95. ábra) kis méretaránya miatt nem jelennek meg.

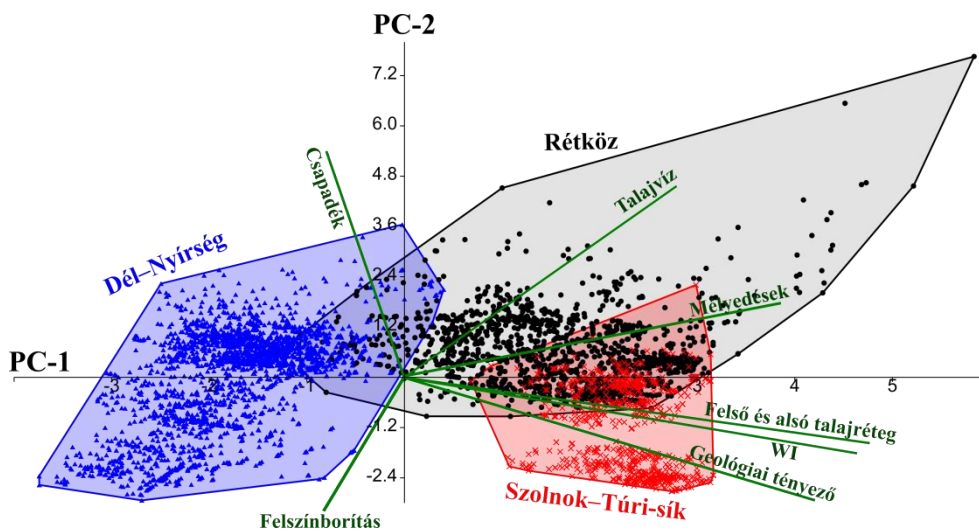
A buckákról lemosott rétegek finomabb szemcse-összetételű képződményei a buckák közötti mélyedésekben kisebb vízáteresztő képességűek, ezért itt is fennáll a belvíz borítás veszélye. Az összes hatótényezőt figyelembe véve megállapíthatjuk, hogy a terület nagy része a gyengén, vagy nem veszélyeztetett kategóriába sorolható.



95. ábra A Dél–Nyírség belvíz-veszélyeztetettségi térképe

#### 5.8.4. A mintaterületek statisztikai összehasonlító elemzése

A három kistáj közötti eltérések és párhuzamok kimutatásához az összes mintázott (random mintavétel) belvíz-hatótényezőn főkomponens analízist végeztünk. Ennek eredménye biplot diagramon került ábrázolásra (96. ábra). A diagram jól alátámasztja a korábbi eredményeket és feltételezéseket. A kistájak különböző genetikai, morfológiai, szedimentológiai felépítése miatt azok belvízfeltjai is elkülöníthetők. A Rétköz belvízfeltjai átfedést mutatnak a másik két vizsgált területtel, hiszen a nyugati, ártéri síksági területek a Szolnok–Túri-sík, a keleti futóhomokos felszínek a Dél–Nyírség felépítéséhez hasonlítanak. A Szolnok–Túri-sík és a Dél–Nyírség belvízfeltjai ezzel szemben a főkomponensek alapján teljesen elkülöníthetők, minthogy eltérő természetföldrajzi felépítésű környezetben található. A biploton (96. ábra) zöld vonallal vannak jelölve a belvizet befolyásoló tényezők, amelyek egymáshoz való közelsége korrelációjukat mutatja. A természetben zajló folyamatok révén is kölcsönhatásban álló tényezők nagyobb korrelációt mutatnak egymással, úgymint a talaj textúra, a geológiai tényező, valamint a topográfiai helyzetből számított WI. A többi tényező kapcsolata a biplot alapján gyengének mondható.



96. ábra A mintaterületek PCA eredménye

## 6. Összefoglalás

Az Alföld területén a folyószabályozási munkálatok előtt jelentős mértékű vízborítás akadályozta a mezőgazdasági területek terjeszkedését. A vízrendezés javított ugyan az állapotot, de a felépült gátak miatt az árvizek alkalmával a mentett területre áramló víz már nem tudott a folyómederbe visszajutni, így helyi elöntéseket, **belvizet** okozott. Nemcsak a folyóvizek környékén, hanem azoktól nagy távolságra szintén komoly problémákat okozhat a belvív, bár ott kialakulását már más tényezők határozzák meg. A jelenséggel napjaink erősödő időjárási szélsőségei miatt egyre gyakrabban kell számolni, emiatt is foglalkoztatják a különböző tudományterületek szakembereit kialakulásának körülményeit, térképezési módszereit, a megelőzést, vagy a hatékony és gyors kármentesítést célzó kérdések. Interdiszciplináris jellege miatt egységes definíciója nincs, minden szakterület más szempontokat vesz figyelembe. A disszertáció keretében végzett vizsgálatok során a belvív fogalmát természetföldrajzi szemszögből közelítettük meg, és a következőképpen definiáltuk:

*A belvív olyan felszíni vízborítás, vagy a talaj túlnedvesedett állapota, mely vagy közvetlenül csapadékból, vagy feltörő talajvízből származik, kialakulásában jelentős szerepet játszik a talaj felső zónájában a beszivárgást akadályozó rétegek elhelyezkedése.*

A belvizet befolyásolják természetes és antropogén hatótényezők, melyek adott környezetben más mértékben járulnak hozzá a jelenség kialakulásához. A kutatás célkitűzései között szerepelt, három, különböző tájtípusba tartozó alföldi kistáj – Szolnok–Túri-sík, Rétköz, Dél–Nyírség – területén a természetes hatótényezők és azok összefüggéseinek vizsgálata. Cél volt még a belvízzel veszélyeztetett területek meghatározása és ennek alapján belvív-veszélyeztetettségi térképek szerkesztése, továbbá ezek közötti különbségek feltárása. A tervek között szerepelt újszerű belvív-térképezési módszerek kidolgozás is.

A természetes hatótényezőket (a sekélyföldtani felépítést, talajtani tulajdonságokat, domborzati, hidrológiai, meteorológiai tényezőket, valamint a felszínborítást) többféle módszer alkalmazásával értékeltük.

A belvízzel borított területek felmérését, egy-egy belvívolt mikrodomborzatának, helyi talajtani jellemzőinek és a belvívborítás típusainak meghatározását terepi mérésekkel végeztünk. A belvívoltok kiterjedésének meghatározása terepi GPS segítségével egzakt eredményt adott ugyan, de nagy területek felmérésére ez a módszer nem alkalmas. Ennek oka egyrészt az időtényező, ugyanis a belvívborítás határai gyorsan változnak a felszín kis magasságkülönbségei miatt, amellyel a terepi felmérés nem tud lépést tartani, másrészt túlságosan nagy anyagi- és humán erőforrást igényel.

A mikrodomborzati viszonyok térképezéséhez három módszert alkalmaztunk: optikai szintezést, nagy pontosságú GPS-t és UHV-t (drónt). Megállapítható, hogy az optikai szintezéssel végezhető a legpontosabb mérés, melyet a nagy pontosságú GPS követ. Utóbbival azonban ugyanannyi idő alatt nagyobb terület mérhető fel, valamint alkalmas arra, hogy a domborzatban bekövetkező, belvív szempontjából releváns, kisebb változásokat is kimutassuk. A drónnal történő felmérés

nemcsak a mikrodomborzat felmérésében jelenthet újítást, hanem a belvíztérképezésben egyaránt. A drónos felmérés eredményeiből azt a következtetést vontuk le, hogy belvíz szempontú domborzat-modellezéshez egyrészt több földi illesztőpontra van szükség, másrészt a módszert pontosító további vizsgálatokra is.

A terepen felmért belvízfoltokat két csoportba soroltuk morfológiai tulajdonságaik alapján: sekély és mély típusú foltok. A terepen gyűjtött talajminták szemcseösszetételének elemzése alapján megállapítottuk, hogy mindkét típus esetében a folt közepétől távolodva a durvább lesz a szemcseméret, a sekély foltok esetében azonban ez nem szignifikáns.

A mintaterületek vízrendezések előtti vízzel borított részeinek lehatárolásához „A Kárpát-medence vízborította, és árvízjárta területei az ármentesítő és lecsapoló munkálatok megkezdése előtt” c. térképet (1938) használtuk fel. A térkép a méretaránya miatt azonban csak a korabeli vízborította területek általános bemutatóására használható. Ez alapján kimutattuk, hogy a Rétköz területét borította legnagyobb arányban víz, ezt követte a Szolnok–Túri-sík, majd a Dél–Nyírség. A vízrendezések utáni harmadik katonai felmérés szelvényei szerint nagy összefüggés tapasztalható az egykori medrek elhelyezkedése és a napjainkban kialakuló belvízfoltok között.

A földtani tényezőt a 10 méteres sekélyföldtani réteg elterjedésével jellemeztük, meghatároztuk az egyes rétegződési típusok belvíz-faktorait. Ezeket a súlyokat (1-5-ig) az agyagos réteg mélysége és vastagsága alapján határoztuk meg a belvíz-veszélyeztetettséggel egyenes arányban.

A Szolnok–Túri-sík területét legnagyobb kiterjedésben olyan sekélyföldtani képződmények alkotják, amelyek jelentősen növelik a belvíz-veszélyeztetettséget. Ezzel összefüggésben a távérzékeléses adatok alapján interpretált belvízfoltok elhelyezkedése is ezekhez a képződményekhez köthető. A Rétközben a keleti területeken fordulnak elő felszínközeli futóhomok rétegek, nyugati felében viszont agyagos rétegek találhatók a felszín közelében változó vastagságban. Az interpretált belvíztérkép alapján mindkét típusú képződményen vannak belvizek. Ez a térkép kis méretarányával is magyarázható, emiatt ugyanis a kisebb kiterjedésű, a keleti területen jellemző buckaközi mélyedések eltérő üledéke nem jelenik meg. Ugyanez a megállapítás igaz a Dél–Nyírségre is, ahol a futóhomokkal borított felszínen előforduló buckaközi mélyedések, nyírvízlaposok nem jelennek meg ebben a méretarányban.

A belvíz kialakulásának kedveznek a rossz vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező talajok, melyek szoros kapcsolatban vannak a talaj fizikai félségével. A talajtani tényezőt ezen okok miatt a talaj textúra alapján súlyoztuk. Ehhez egy 100 méteres felbontású, az USDA textúrabesorítás szerint készült talaj textúra térképet használtunk fel. A talaj hatótényező súlyait 1-5 közötti értékekkel jellemeztük a veszélyeztetettséggel egyenes arányban. Felhasználtuk továbbá a talajok tájtermesztési kategóriáit ábrázoló tematikus térképeket is, melyek a fizikai és vízgazdálkodási kategóriák, valamint a kémhatás és mészállapot összevonásával álltak elő. A tájtermesztési tulajdonság ismeretével mezőgazdasági szempontú értékelésre is végezhető. Az adatbázis alapján meghatároztuk, mely tájtermesztési típusokon alakul ki nagyobb mértékben belvízborítás.

A Szolnok–Túri-sík 90%-án rossz vízgazdálkodási tulajdonságú talajok fordulnak elő. A 2000. évi légifelvételek szerint a belvív által borított felszínnek legnagyobb része is ilyen talajokhoz köthető, tájtermesztési kategóriákat tekintve a semleges és gyengén lúgos vályog- és öntésiszap talajokhoz, a savanyú, vályognál kötöttebb, gyenge vízvezető-képességű talajokhoz, illetve a felszínhez közeli gyökérfejlődést gátló szinttel rendelkező talajokhoz. A Rétközben nagy arányban vannak jelen kotustalajok. A légifotó-interpretációval szerkesztett belvívterkép alapján ezeken a talajokon mutattuk ki a legnagyobb belvívborítást, ezt követik a savanyú, igen erősen kötött talajok, majd a savanyú, vályognál kötöttebb, gyenge vízvezető-képességű talajok. A Dél–Nyírségben kiterjedt homoktalajainak megfelelően a belvívelöntés nagyobb hányadát is semleges, gyengén lúgos laza homokon mutatuk ki. Ez gyeppasércnek is köszönhető, amely vízzáróként működik, és a csapadékot nem engedi a talajba szívárogni.

A belvív-veszélyeztetettségi térképek egyik alapját adó domborzati tényező adatai topográfiai térképek alapján kerültek meghatározásra. A mintaterületek domborzatmodelljeiből (DDM) meghatároztuk a belvív kialakulásának kedvező topográfiai helyeket, valamint kiszámítottuk az úgynevezett Wetness Index-et, melynek értéke egyenesen arányos a potenciális nedvességtartalommal. A belvívképződés szempontjából a mélyebb felszíni depressziók és a magasabb WI értékek jelentenek nagyobb súlyt.

A DDM alapján lehatárolt mélyedések maximális mélysége a Szolnok–Túri-síkon 1 méter, a Rétközben közel 2 méter, a Dél–Nyírségben pedig 2,4 méter körül adódott. A Wetness Index magasabb értékei a Szolnok–Túri-síkon az elhagyott folyómedrek vonalában, és a nagyobb kiterjedésű lefolyástalan mélyedésekben fordulnak elő. A Rétközben jól kirajzolódnak a keleti területeken található homokbuckák alacsony Wetness Index értékei, ahogyan a Dél–Nyírség béli buckák és a közöttük lévő mélyedések kontrasztja is.

A hosszú, áztató esőzések, vagy a nagy intenzitású záporok egyaránt belvívképződéshez vezethetnek. A mintaterületek csapadékviszonyainak jellemzéséhez megvizsgáltuk az éves átlagos, minimális és maximális csapadékmennyiségek tér- és időbeli eloszlásának sajátosságait.

A Szolnok–Túri-sík területén nincs térben egyértelműen kijelölhető növekedési irány a csapadék eloszlásában, az átlagos csapadékösszegek 450-550 mm körül alakulnak. A Rétközben a csapadék átlagos mennyisége K-DK felé növekszik (525 mm-ről 585 mm-re). A Dél-Nyírségben 660 mm körüli értékeket mértek. A középső és É-ÉK-i részen figyelhető meg nagyobb csapadékmennyiség. Az éves csapadékmennyiségek ingadozása a Szolnok–Túri-síkon nagyobb, mint a Dél–Nyírségben, vagy a Rétközben, de kisebb eltérésektől eltekintve a minimumok, maximumok ugyanakkor jelentkeznek minden mintaterületen. A csapadék éven belüli eloszlását tekintve mindhárom mintaterületen június-júliusi maximum a jellemző, de a Szolnok–Túri-síkon augusztusi másodmaximumok is jelentkeznek. Az éves minimumok januárban tapasztalhatók kivéve a Dél–Nyírséget, ahol márciusig csökken a csapadékmennyiség.

A belvív kialakulását elősegíti, vagy akár elő is idézheti a felszínhez közel húzódo talajvíznívó. Ennek tükrében megvizsgáltuk a talajvíz szintjének tér- és

időbeli sajátságait. A talajvíz szintjének változására hatást gyakorol a felszínről leszivárgó csapadékhányad, és a felszíni vízfolyások vízállása is. A csapadék és a felszíni vizek talajvízre gyakorolt hatását korrelációs vizsgálatokkal elemeztük. A talajvíz-csapadék, illetve a talajvíz-felszíni víz korrelációs együtthatóit havi eltolással számítottuk, és diagramokon ábráztuk. A korreláció alapján csoportokba soroltuk az egyes talajvízkutakat.

A Szolnok–Túri-síkon a talajvízkutak többségénél a csapadék hatása 8-10 hónap elteltével jelentkezik. Ez a kései hatás a rossz vízvezető-képességű talajok nagy arányával magyarázható. A Rétközben és a Dél–Nyírségben szintén ezek a típusú kutak vannak túlsúlyban.

A talajvíz és felszíni vizek kapcsolatának vizsgálatakor azt tapasztaltuk, hogy a Szolnok–Túri-síkon a Tiszától nagy távolságban lehelyezkedő talajvízkutak esetében is kimutatható a tiszai vízállás 1-2 hónapon belüli hatása, de az általános trend a távolsággal arányosan csökkenő korreláció. A Rétközben minden talajvízkút esetében egy hónapon belül adódott a korreláció maximuma. A Rétközben található talajvízkutak a csatornák közelében helyezkednek el, amelyek jelentős hatást gyakorolnak azok vízállására.

A talajvízszintek térbeli vizsgálata azt az eredményt mutatta, hogy a Szolnok–Túri-síkon a kistáj középső részén, a Rétközben szintén a mintaterület középső sávjában, a csatornák mentén húzódik legközelebb a talajvíz szintje a felszínhez. A Dél–Nyírségben a talajvíztükör terepszinttől mért mélysége É-D-i irányban növekszik, Ny-K-i irányban pedig csökken.

A talajvíz, mint a belvív-veszélyeztetettségi térkép egyik hatótényezőjének meghatározásához a legmagasabb talajvízállást vettük figyelembe. A csapadék esetében pedig a 3 havi maximális csapadékmennyiség poligon alapú térképét.

A felszínborítás a vegetáció mennyiségétől függően hatással van a belvív kialakulására. Sűrűbb növényzet a nagyobb vízfelvétel miatt kedvezően hathat a belvív megszűnésére. Ennek függvényében súlyoztuk az egyes felszínborítási csoportokat, amelyek a Corine Land Cover 50 adatbázis összevont kategóriáiból származtak.

Meghatároztuk a légifotók alapján interpretált belvívoltok felszínborítási kategóriák szerinti megoszlását is. E szerint a Szolnok–Túri-síkon a belvívoltok 76,3%-a szántóterületeken fordulnak elő. A Rétközben szintén a szántóföldi belvívoltok (49%) dominálnak, de jelentős a rét, legelő (28,7%) területhasználati típuson megjelenő belvizek aránya is. A Dél–Nyírségben szintén szántókon (83%) tudtuk kimutatni a legnagyobb belvívborítást.

A belvízi elöntés térképezésének újszerű módszereként spektrális indexeket alkalmaztunk. Az úgynevezett „vízindexek” használata nem ismeretlen a felszíni vízborítás és annak változás-vizsgálatában, több számítási módszerük létezik. A dolgozatban két index ( $NDWI_{McFeeters}$ ;  $MNDWI_{Xu}$ ) kombinálásával határoztuk meg a nyílt vízfelszíneket, és a vízzel telített talajokat, vagy vízben álló növényzetet. A kiértékelést LANDSAT műholdfelvételek alapján végeztük. A vizsgált időpontok közül a Szolnok–Túri-síkon 2010-ben, a Rétközben 2000-ben, a Dél–Nyírségben pedig 2002-ben tudtuk kimutatni a legnagyobb elöntést. A mód-

szert mindenképpen hatékonynak tartjuk a belvív gyors, műholdfelvétel-alapú térképezéséhez.

A kistájak belvív-hatótényezőinek főkomponens analízise alapján megállapítottuk, hogy minden mintaterület esetében a talajtani tényező mutatja a legnagyobb összefüggést a belvízképződésre hajlamos területekkel. A Rétközben és a Dél-Nyírségben a felső 0-30 cm, a Szolnok-Túri-síkon az alatta lévő 30-60 cm-es réteg textúra besorolása áll az első helyen. A második főkomponensben a hidrometeorológiai tényezők szerepelnek a domborzat valamely derivátumával.

A belvív-hatótényezőinek együttes vizsgálatával alátámasztottuk azon megállapításunkat, hogy a Szolnok-Túri-sík és a Dél-Nyírség belvízfoltjai a kistájak eltérő felépítésének köszönhetően a hatótényezőkből számított főkomponensek értékei alapján jól elkülöníthetők egymástól. A Rétközben detektált belvízfoltok tulajdonságai azonban részben egyezést mutatnak a Szolnok-Túri-síkkal és a Dél-Nyírséggel is. Ez a kistáj kettősségével magyarázható. Keleti fele genetikailag a Nyírséghez kötődik, míg nyugati ártéri síksági területei a Szolnok-Túri-síkhöz hasonlítanak.

A mintaterületek belvív-veszélyeztetettségi térképét a hatótényezők térbeli regressziójával készítettük el. Ez alapján három fokozatot különböztettünk meg: erősen, közepesen és gyengén, vagy nem veszélyeztetett. Erősen veszélyeztetett a Szolnok-Túri-sík középső sávja, az elhagyott folyómedrek, közepes kategóriába tartozik a terület nagy része, ahol csak sekély felszíni mélyedések fordulnak elő, és mezőgazdasági művelés folyik. Gyengén, vagy egyáltalán nem veszélyeztetett területek csak kisebb kiterjedésben fordulnak elő, ahol homokos üledékek borítják a felszínt.

A Rétközben a fentebb már vázolt ambivalencia rajzolódik ki. A kistáj középső, illetve nyugati (a Tisza és a Belfő-csatorna összefolyása környékén) része erősen veszélyeztetett, itt nemcsak a kötött talajok hatása érvényesül, hanem a kiterjedt csatornahálózaté is. A levezető csatornáknak ugyanis a tiszai visszaduzzasztás tartós magas vízállást idéz elő, ami a környező területek belviveinek elvezetését akadályozza, továbbá magasan tartja a talajvíz szintjét és növeli a talajok nedveségtartalmát is. Közepesen veszélyeztetett a nyugati szántóföldi területek egy része és a buckák közötti mélyedések. A keleti, homokbuckás felszínen nem alakulnak ki belvizek.

A Dél-Nyírség nagy kiterjedésű homoktalajainak köszönhetően területének nagy része gyengén, vagy nem veszélyeztetett. Erősen veszélyeztetett a kistáj keskeny, nyugati pereme, amit a Hajdúhát irányából a homokrétegek közé nyomuló löszös, lösziszapos rétegek okoznak. Erősen, vagy közepesen veszélyeztetettek a buckaközi mélyedések és a nyírvízlaposok menti területek. A kisebb kiterjedésű buckaközi mélyedések a veszélyeztetettségi térképen azonban nem jelennek meg annak kis méretaránya miatt.

## 7. Summary

On the Great Hungarian Plain the expansion of agricultural areas was hindered by extended water coverage before the river regulation. The water training improved the situation, however, due to the built dams the water flowing into the protected area during flood couldn't get back to the river bed, resulting in local flooding i.e. excess water inundation. Excess water inundation can cause serious problems not only along streams, but also far from them, although its formation is determined there by other factors. We have to face this phenomena more and more often in consequence of the increasing weather extremes nowadays, therefore specialists of different sciences are interested in the circumstances of its formation, its mapping methods, prevention or the efficient and fast remediation. During the investigations of my thesis excess water inundation was approached from a natural geographic point of view, and its definition was given as follows:

*Excess water inundation is water on the surface or the oversaturated state of soil, deriving directly from precipitation or resurgent groundwater, in the formation of which the location of layers restricting the infiltration in the upper soil zone plays important role.*

Excess water is influenced by natural and anthropogenic factors, contributing to the formation of the phenomena to different degree in a given environment. One of the goals of the research was to investigate the natural factors and their correlation on the area of three flatland microregions of different types, Szolnok–Túri Plain, Rétköz and South Nyírség. A further aim was to determine the areas of excess water hazard, to prepare excess water hazard maps, and to detect the differences between them. We planned to elaborate novel excess water planning methods as well.

Natural factors (shallow geological structure, pedological features, relief, hydrological, meteorological factors, as well as land cover) were evaluated using several methods.

Field survey were used to estimate the areas inundated by excess water and to determine the microrelief, local pedological features of an excess water patch, and the type of excess water inundation. Though the determination of the expansion of excess water by GPS gave exact results, this method is not available to estimate large areas. The reason for that is the time factor on the one hand, i.e. the borders of excess water inundation change fast due to the small altitude differences, with which it is hard for the field surveys to keep in step. On the other hand GPS technology requires too big financial and human resources.

Three methods were used to map micro relief circumstances: optical levelling, GPS with high accuracy and UHV. We could determine that optical levelling gives the most accurate measurements, followed by the GPS with high accuracy. However, the latter one is suitable for the estimation of a larger area during the same time, as well as for the detection of smaller changes in the relief, relevant from the point of view of excess water. Estimation with UHV can be an innovation not only in the micro relief but in excess water mapping as well. From



the UHV results we could draw the conclusion that more ground control points (GCP) and further investigations making the method more accurate are needed.

On the basis of their morphological characteristics we divided the excess water patches of field measurements into two groups: shallow and deep patches. According to the particle composition analysis of the soil samples collected on field we determined that the particle size increases getting further from the middle of the patch, but it is not significant in the case of shallow patches.

In order to border the parts of the sample areas which were covered with water before the river training, we used the map of “The inundated and flooded areas of the Carpatian Basin before the beginning of the water training and flood control” (1938). However, this map can be used only for the general presentation of the water covered areas at that time because of its scale. We demonstrated that Rétköz was covered with water to the greatest extent, followed by the Szolnok–Túri Plain and the South Nyírség. According to the sections of the third military recording after the river training project correlation occurs between the location of the former river beds and the excess water patches forming nowadays.

The geological factor was characterized with the spread of the 10 meter shallow geological layer, and the excess water factors of each stratification type were determined. The weights (from 1 to 5) were given on the basis of the depth and thickness of the layer with high clay content, in ratio with the excess water inundation hazard.

The Szolnok–Túri Plain mainly consists of shallow geological formations, significantly increasing the excess water hazard. The location of the excess water patches interpreted from remote sensing data can also be connected to these formations. In the Rétköz, near-surface blown sand layers occur in the eastern region, while in the western region layers with high clay content can be found near the surface with various thicknesses. The interpreted excess water map shows inundation in both formation types. The explanation can be the small scale of the map, which doesn't show the different sediment of the smaller inter-hillock depressions characteristic for the eastern area. The same observation is true for the Southern Nyírség region, where the inter-hillock depressions on the surface covered by blown sand, remnants of ancient stream valleys (*nyírvízlaposok*), do not appear in this scale.

Soils with bad water supply features, being in close connection with the physical type of the soil, favour the formation of excess water inundation. Therefore we weighted the pedological factor according to the soil texture. A soil texture map with 100 meter resolution was applied for this purpose, which was prepared according to the USDA textural soil classification. We characterized the weights of the soil factor with values from 1 to 5 in ratio with the hazard. We applied the thematic maps showing the agri-environmental categories of soils as well, which were composed combining the physical and water management categories, the pH and the lime condition. With the knowledge of the agri-environmental character agricultural assessment can also be carried out. On the basis of the database we determined which agri-environmental categories result in excess water inundation to a higher degree.

On the 90% of the Szolnok–Túri Plain soils with bad water management properties occur. According to the airborne photos in 2000, the largest part of the inundated surfaces can be in relation to such soils, neutral and slightly basic loamy and fluvial slit soils, acidic soils with weak water permeability being more cohesive than the loam, as well as the soils with a root development inhibiting level near the surface, considering the agri-environmental categories. In the Rétköz region there are mull soils present in a high ratio. The excess water map constructed with airborne photo interpretation showed the largest inundation on these soils, which are followed by the acidic, strongly cohesive soils, and then the acidic soils with weak water permeability being more cohesive than the loam. In the South Nyírség region, due to its extensive sandy soils, we detected the bigger ratio of the excess water inundation on neutral, slightly basic, incoherent sand. It is also caused by bog ore, which behaves as an aquiclude preventing the precipitation from the infiltration into the soil.

The data of one basic relief factor of the excess water maps were determined on the basis of topographic maps. From the relief models (DDM) of the sample areas we found out the topographic places advantageous for excess water formation, and calculated the so called Wetness Index, the value of which is in ratio with the potential moisture. In the formation of excess water inundation deeper surface depressions and higher WI values mean bigger weight.

Depressions bordered according to the DDM have a maximum depth of 1 meter in Szolnok–Túri Plain, near 2 meters in Rétköz, and about 2.4 meters in South Nyírség region. Higher Wetness Index values occur along the abandoned river beds and in the extensive closed depressions in Szolnok-Túri Plain. In Rétköz region the low Wetness Index values of the sand dunes in the eastern part are well profiled, as well as the contrast of the dunes and depressions among them in South Nyírség region.

Long rainfalls or high intensity showers can also lead to excess water formation. We investigated the temporal and spatial distribution of the annual average, minimum and maximum amount of precipitation, to characterize the rainfall conditions of the sample areas.

In the Szolnok–Túri Plain region there is no definitely presentable increasing direction in the spatial distribution of the precipitation, the annual precipitation summaries vary about 450-550 mm. The average precipitation amount in Rétköz increases to east, southeast direction (from 525 mm to 585 mm). In South Nyírség region values around 660 mm were recorded. Greater amount of precipitation can be observed in the middle and northern, north-eastern part. The amplitude of the annual rain yields is higher in the Szolnok–Túri Plain region than in South Nyírség or Rétköz, but the minima and maxima can be detected at the same time in every sample area, apart from smaller differences. Considering the annual precipitation distribution, maxima in June and July are characteristic for all the three sample areas, but in the Szolnok–Túri Plain region second maxima in August can also be observed. The annual minima occur in January except for South Nyírség, where the amount of precipitation decreases until March.

Near-surface groundwater level can help or induce the formation of excess water inundation. Therefore we investigated the properties of the groundwater level in space and time. The groundwater level is influenced by the precipitation fraction infiltrating from the surface and the water level of surface waters. We analysed the effect of precipitation and surface waters on the groundwater using correlation investigations. The groundwater – precipitation and groundwater – surface water correlation coefficients were calculated with monthly shifting, and figured. Each groundwater well was divided into groups according to the correlation.

In the Szolnok-Túri Plain region the effect of precipitation can be observed 8-10 months later for most of the groundwater wells. The explanation of this late effect is the high ratio of soils with pure permeability. The same types of wells are dominant in the Rétköz and South Nyírség regions as well.

The investigation of the connection between the groundwater and the surface waters showed that on the Szolnok-Túri Plain the influence of the water level of the Tisza is detectable in 1 or 2 months even in the case of wells far from the river, however, the general trend is the decreasing correlation proportional to the distance. In Rétköz the maximum of the correlation occurred in one month in the case of every groundwater well. These wells are located close to the canals, which significantly affect their water level.

The spatial investigation of groundwater levels showed that they are the closest to the surface in the middle of the Szolnok-Túri Plain and in the central zone of the sample area in Rétköz, along the canals. In South Nyírség the depth of the groundwater level measured from the ground level, increases in north-south direction, and decreases in west-east direction.

To determine the groundwater, as one of the factors of the excess water hazard map, we took the highest groundwater level into consideration. In the case of precipitation the polygon map of the maximum rain yield of three months was considered.

Land cover, depending on the amount of vegetation, influences the excess water formation. Denser vegetation can be advantageous for the disappearance of excess water inundation because of the higher water uptake. As a function of this we weighted the land cover groups deriving from the generalized categories of the Corine Land Cover 50 database.

We also determined the distribution of excess water patches interpreted on the basis of the airborne photos according to the land cover categories. In the Szolnok-Túri Plain region the 76.3% of the excess water patches occurs on arable land. The same is dominant in Rétköz (49%), but the ratio of excess water inundation on meadow and pasture land use types is significant as well (28.7%). In South Nyírség we could demonstrate the highest inundation on arable land (83%) as well.

We used spectral indices as a new method in excess water inundation mapping. The usage of the so-called “water indices” is not unknown in the investigation of the surface water cover and its fluctuation; there are several methods for calculation. In the thesis we combined two indices (NDWI<sub>McFeeters</sub>;

MNDWI<sub>X<sub>u</sub></sub>) to determine the open water surfaces and the soils saturated with water, or vegetation standing in water. The data evaluation was carried out on the basis of LANDSAT satellite images. In the studied period the highest inundation was found in 2010 in the Szolnok–Túri Plain region, in 2000 in Rétköz region and in 2002 in South Nyírség. We consider the method as very effective for the fast mapping of excess water from satellite images.

The principal component analysis of excess water inundation factors in the microregions showed that the pedological factor had the highest correlation to the areas subject to excess water formation. In Rétköz and South Nyírség the texture classification of the upper 0-30 cm layer is on the first place, while in the Szolnok–Túri Plain the 30-60 cm layer. In the second principal component the hydrometeorological factors occur with one of the derivatives of the relief.

Investigating the excess water factors together we confirmed our establishment that the excess water patches of the Szolnok–Túri Plain and South Nyírség can be well separated according to principal component values derived from the factors, due to the different construction of the areas. However, the properties of the excess water patches detected in Rétköz are in partly accordance with the Szolnok–Túri Plain and South Nyírség as well. This can be explained with the duality of this microregion. The eastern part genetically connects to Nyírség, while the western alluvial plain areas are similar to the Szolnok–Túri Plain.

The excess water hazard map of the sample areas was prepared with the spatial regression of the factors. Three stages were differentiated: strongly, medium and slightly or not endangered areas. The central zone of the Szolnok–Túri Plain and the ancient river beds are strongly endangered, while the main part of the area, where only shallow depressions and agricultural cultivation occur, belongs to the medium category. Only smaller areas covered by sandy sediment are slightly or not endangered.

In Rétköz the ambivalence mentioned above is determinant. The central and western parts of the microregion (around the confluence of the Tisza River and the Inner-Canal) are strongly endangered, which is influenced not only by the cohesive soils but also the expanded canal network. The backwater from the Tisza results in constantly high water level in the drain-canals, which inhibits the drainage of the excess waters in the surrounding areas, as well as keeps the groundwater level high and increases the moisture content of the soils as well. A part of the western arable lands and the inter-hillock depressions are endangered to the medium level. There is no excess water formation in the eastern part with sand dunes.

The main area of the South Nyírség is slightly or not endangered due to its sandy soils. The narrow western edge of the microregion is strongly endangered as a result of loess and eolian slit layers pushing into the sand layers from the direction of the Hajdúhát. Inter-hillock depressions and areas along the remnants of ancient stream valleys (nyírvízlaposok) are endangered to the strong or medium level. Smaller inter-hillock depressions cannot be seen in the hazard map because of its low scale.

## Irodalomjegyzék

1. A Földművelésügyi Minisztérium Vízügyi Műszaki Szolgálatának beszámolója 1945-1946. évi működéséről (1947): Vízügyi Közlemények. Vol. 29. No. 1-4. pp. 3-40.
2. Adams, J. B.–Sabol, D. E.–Kapos, V.–Almeida Filho, R.–Roberts, D. A.–Smith, M. O.–Gillespie, A. R. (1995): Classification of Multispectral Images Based on Fractions of Endmembers: Application to Land-Cover Change in the Brazilian Amazon. Remote sensing of Environment. Vol. 52. No. 2. pp. 137-154. Letöltés ideje: 2013. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0034425794000988>
3. Babos Z. (1957): A mértékadó belvízi hozamok Szeged környékén. Vízügyi Közlemények. Vol. 39. No. 3. pp. 212-233.
4. Bakó G.–Licskó B. (2010): Új eredmények a nagyfelbontású légifelvételek segítségével történő belvíz- és árvízterképezésben. Környezetvédelem Ökológiai, környezettechnológiai és környezetstratégiai szaklap. Vol. 18. No. 3. pp. 14-15.
5. Balázs B. (2010): Belvizes területek felmérése geoinformatikai módszerekkel. Hegedűs A. (szerk.): Geoinformatika és domborzatmodellezés 2009, A HunDEM 2009 és a GeoInfo 2009 konferencia és kerekasztal válogatott tanulmányai, CD-ROM (ISBN: 978-963-661-897-1), Miskolc. pp. 1-10.
6. Balázs, B. (2010): Investigations of groundwater level changes on the Szolnok–Túri Plain. In: Oimahmad Rahmonov (ed.) Anthropogenic aspects of landscape transformations 6. University of Silesia, Sosnowiec - Będzin, ISBN: 978-83-61644-11-8, ISSN: 1895-6777. pp. 5-10.
7. Ballenegger R. (1931): A belvízlevezetés, a lecsapolás és az elszikesedés talajtani vonatkozásai. Vízügyi Közlemények. Vol. 13. No. 2. pp. 28-52.
8. Barczy A. (2008): A környezet állapotértékelés javasolt táji és agrár-környezetgazdálkodási indikátorai. Tájökológiai lapok. Vol. 6. pp. 77-94.
9. Bartholy, J.–Pongrácz R. (2010): Analysis of precipitation conditions for the Carpathian Basin based on extreme indices in the 20th century and climate simulations for 2050 and 2100. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C. ISSN 1474-7065. Vol. 35. No. 1-2. pp. 43-51. Letöltés ideje: 2013. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474706510000264>
10. Bauer S. (1941): A belvízrendezés kérdései. Vízügyi Közlemények. Vol. 23. No. 1-2. pp. 69-80.
11. Beven, K.J.–Kirkby, M.J. (1979): A physically-based variable contributing area model of basin hydrology. Hydrology Science Bulletin. Vol. 24. No. 1. pp. 43-69.

12. Beyer, H. L. (2004): Hawth's Analysis Tools for ArcGIS. Documentation. URL: <http://www.spatial ecology.com/htools>.
13. Bíró T.—Tamás J.—Lénárt Cs. (2001): Belvítérképezés a területfejlesztés szolgálatában. A földrajz eredményei az új évezred küszöbén. A Magyar Földrajzi Konferencia Tudományos Közleményei (CD), Szeged, 2001. 5 p.
14. Bíró T.—Tamás J.—Lénárt Cs.—Tomor T. (2002): A belvív-veszélyeztetettség térbeli elemzése. Acta Agraria Kaposváriensis. Vol. 6. No. 3. pp. 139-151.
15. Boehner, J.—Koethe, R. Conrad, O.—Gross, J.—Ringeler, A.—Selige, T. (2002): Soil Regionalisation by Means of Terrain Analysis and Process Parameterisation. In: Micheli, E.—Nachtergaele, F.—Montanarella, L. (ed.): Soil Classification 2001. European Soil Bureau, Research Report No. 7, EUR 20398 EN, Luxembourg. pp. 213-222.
16. Boehner, J.—Selige, T. (2006): Spatial Prediction of Soil Attributes Using Terrain Analysis and Climate Regionalisation. In: Boehner, J.—McCloy, K.R.—Strobl, J.: SAGA - Analysis and Modelling Applications, Goettinger Geographische Abhandlungen. Vol. 115. pp. 13-27.
17. Bogárdi J. (1944): A lefolyási tényező és a levezetendő belvízmennyiség. Vízügyi Közlemények. Vol. 26. No. 1-4. pp. 6-62.
18. Bogdánfy Ö. (1906): A természetes vízfolyások hidraulikája. II. kötet. Budapest. 294 p.
19. Borro, M.—Morandeira, N.—Minotti, P.—Perna, P.—Kandus, P. (2014): Mapping shallow lakes in a large South American floodplain: A frequency approach on multitemporal Landsat TM/ETM data. Journal of Hydrology. Vol. 512. pp. 39-52. Letöltés ideje: 2014. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169414001656>
20. Borsy Z. (1953): A Bodrogek felszínének kialakulása. Földrajzi Értesítő. No. 2-3. pp. 409-419.
21. Borsy Z. (1961): A Nyírség természeti földrajza. In: Bulla B. (szerk.): Földrajzi monográfiák. Akadémiai Kiadó, Budapest. pp. 18-67.
22. Borsy Z. (1969): Bodrogek. In: Marosi S.—Somogyi S. (szerk.) A tiszai Alföld. Akadémiai Kiadó, Budapest. pp. 30-60.
23. Borsy Z. (1989): Az Alföld hordalékúpjának negyediőszaki fejlődéstörténete. Földrajzi Értesítő. Vol. 38. pp. 211-224.
24. Borsy Z.—Csongor É.—Félegyházi E.—Lóki J. — Szabó I. (1981): A futóhomok mozgásának periódusai a radiokarbon vizsgálatok tükrében Aranyosapáti határában. Szabolcs-Szatmári Szemle. No. 2. pp. 45-49.
25. Borsy Z.—Félszerfalvi J.—Lóki J. (1983): A komádi alapfűrés negyediőszaki homokrétegeinek elektronmikroszkópos vizsgálata. Alföldi Tanulmányok. VII. Békéscsaba. pp. 31-58.

26. Borsy Z.–Félegyházi E.–Lóki J. (1988): A Bodrogköz természetföldrajzi viszonyai. In: Fehér A.(szerk.) Bodrogköz, Ember – Táj – Mezőgazdaság, Miskolc. pp. 1-92.
27. Borsy Z. – Félegyházi E. – Csongor É. (1989): A Bodrogköz kialakulása és vízhalózatának változásai. Alföldi Tanulmányok. pp. 65-81.
28. Botár I.–Károlyi Zs. (1971): A Tisza szabályozás I-II. rész. Vízügyi Történeti Füzetek. No. 3-4.
29. Bozán Cs.–Bakacsi Zs.–Szabó J.–Pásztor L.–Pálfai I.–Körösparti J.–Tamás J. (2008a): A belvíz-veszélyeztetettség talajtani összefüggései a Békés-Csanádi löszháton. In: Simon L. (szerk.): Talajvédelem különszám. Nyíregyháza. Talajtani Vándorgyűlés, 2008. május 28-29., ISSN: 1216-9560; ISBN: 978-963-9909-03-8, Talajvédelmi Alapítvány, Nyíregyháza. pp. 43-53. Letöltés ideje: 2011.  
URL: <http://www.talaj.hu/vgy2008/1-2vgy2008.pdf>
30. Bozán, Cs.–Körösparti, J.–Pásztor, L.–Kuti, L.–Pálfai, I. (2008b): Mapping of excess water hazard in the region of south Hungarian Great Plain. XXIVth Conference of the Danubian Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management, Conference Proceedings CD-ROM (ISBN 978-961-91090-2-1), Bled, Slovenia, 2-4 June, 2008. 7 p.
31. Bozán, Cs.–Körösparti, J.–Pásztor, L.–Pálfai, I. (2008c): GIS-based quantifying and mapping of excess water inundation hazard on the South Great Hungarian Plain. Scientific Bulletin of the „Politehnica” University of Timisoara, Romania, Transactions on Hydrotechnics, Tomul 53 (67), Fascicola 2, 2008. ISSN 1224-6042.
32. Burai, P.–Lövei, Zs. G.–Lénárt, Cs.–Nagy, I.–Enyedi, P. (2010a): Mapping aquatic vegetation of the Rakamaz-Tiszanagyfalui Nagymorotva using Hyperspectral Imagery. Acta geographica Debrecina Landscape & environment. Vol. 4. No. 1. pp. 1-10.
33. Büttner Gy. et al. (2004a): A CLC50 és CLC2000, a hazai és európai térinformatikai infrastruktúra integráns részei. GisOpen Konferencia, Székesfehérvár. 7 p.
34. Büttner, G.–Maucha, G.–Kosztra, B. (2002): Towards Agri-environmental Indicators Using Land Cover Changes Derived from CORINE Land Cover Data. in: Building Agro Environmental Indicators–Focusing on the European area Frame Survey LUCAS; JRC-EEA-EURO-STAT; EUR Report 20521 EN. pp. 137-154.
35. Büttner, Gy.–Maucha, G.–Bíró, M.–Kosztra, B.–Petrik, O. (2004c): National CORINE Land Cover mapping at scale 1:50 000 in Hungary. In: Workshop CORINE Land Cover 2000 in Germany and Europe and its use for environmental applications, 20-21 January 2004, Berlin, UBA Texte 04/04, ISSN 0722-186X. pp. 210-216.

36. Büttner, Gy.–Maucha, G.–Bíró, M.–Kosztra, B.–Pataki, R.–Petrik, O. (2004d): National land cover database at scale 1:50000 in Hungary. In: EARSeL eProceedings. Vol. 3. No. 3. pp. 323-330.
37. Clevers, J.G.P.W.–Kooistra, L.–Schaepman, M.E. (2010): Estimating canopy water content using hyperspectral remote sensing data. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. Vol. 12. No. 2. pp. 119-125. Letöltés ideje: 2012. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2010.01.007>
38. Conrad, O. (2005): Module Basic Terrain Analysis. SAGA-GIS Module Library Documentation (v2.1.3). Letöltés ideje: 2015. URL: [http://www.saga-gis.org/saga\\_module\\_doc/2.1.3/ta\\_compound\\_0.html](http://www.saga-gis.org/saga_module_doc/2.1.3/ta_compound_0.html)
39. Czúcz B.–Torda G.–Molnár Zs.–Horváth F.–Botta-Dukát Z.–Kröel-Dulay Gy. (2009): A spatially explicit, indicator-based methodology for quantifying the vulnerability and adaptability of natural ecosystems. . In: Filho WL, Mannke F (eds): Interdisciplinary Aspects of Climate Change. Peter Lang Internationaler Verlag der Wissenschaften, Frankfurt. pp. 209-227.
40. Csató É.–Kristóf D. (2002): Úrfelvételek felhasználása az erdőgazdálkodásban. Geodézia és kartográfia. Vol. 54. No. 9. pp. 10-21. Letöltés ideje: 2011. URL: <http://www.fomi.hu/honlap/magyar/szaklap/2002/09/3.pdf>
41. Csekő Á. (2003a): Árvíz- és belvízfelmérés radarfelvételekkel. Geodézia és Kartográfia. Vol. 55. No. 2. pp. 16-22.
42. Csekő Á. (2003b): Árvíz- és belvízfelmérés radarfelvételekkel. Doktori (PhD) értekezés. Budapest. 98 p.
43. Csendes B. (2010): Belvíztérképezés szubpixel-alapú osztályozással, LANDSAT 7 ETM+műholdfelvételek alapján. OTDK dolgozat. Szegedi Tudományegyetem, Földrajzi és Földtani Tanszékcsoport. 46 p.
44. Cserhalmi D. (2009): Pánkromatikus felvételekre és képszegmentációra alapozott vegetációrekonstrukciós vizsgálatok az Észak-alföldi lápok példáján. Doktori (PhD) értekezés. Gödöllő. 78 p.
45. Csongor É. – Félégyházi E. (1987): Paleohydrographic changes in the Bodrog–Tisza Interfluve (NE Hungary) in the past 20000 years based on palynological studies and C-14 dating Holocene. Environment in Hungary. pp. 59-66.
46. Csorba P. (2007): Tájstruktúra vizsgálatok és tájmetriai mérések Magyarországon. Akadémiai doktori értekezés, Debrecen.
47. Csordás L.–Lóki J. (1989): A talajvízszint változásának vizsgálata a Nagykunságban és a Hajdúságban. Alföldi tanulmányok. Vol. 13. pp. 47-63.
48. Csornai, G.–Lelkes, M.–Nádor, G.–Wirnhardt, Cs. (2000): Operatív árvíz- és belvízmonitoring távérzékeléssel. Geodézia és Kartográfia. Vol. 52. No. 5. pp. 6-12.



49. Dános M. (szerk.) (1905): A vízjogi törvény: a kapcsolatos törvények és reájuk vonatkozó rendeletek. A Kovácsy-Kvassai-féle műnek bővített és átdolgozott kiadása. I. kötet. Pátria kiadás. Budapest.
50. de Alwis, D. A.–Easton, Z. M.–Dahlke, H. E.–Philpot, W. D.–Steenhuis, T. S. (2007): Unsupervised classification of saturated areas using a time series of remotely sensed images. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* doi:10.5194/hess-11-1609-2007. Vol. 11. pp. 1609-1620.
51. Dégen I. (1972): Vízgazdálkodás I. A vízgazdálkodás közgazdasági alapjai. Tankönyvkiadó, Budapest.
52. Dövényi Z. (2010): Magyarország kistájainak katasztere. MTA FKI, Budapest. pp. 148-151, 175-179, 234-238.
53. Dronova, I.–Gong, P.–Wang, L. (2011): Object-based analysis and change detection of major wetland cover types and their classification uncertainty during the low water period at Poyang Lake, China. *Remote Sensing of Environment*. Vol. 115. No. 2. pp. 3220-3236.
54. Dunka S.–Fejér L.–Vágás I. (1996): A veritékes honfoglalás (A Tisza-szabályozás története). Vízügyi Múzeum, Levéltár és Könvyűjtemény, Budapest. 215 p.
55. Faragó L. (1889): A belvív levezetése különös tekintettel hazai viszonyainkra. Budapest. 116 p.
56. Fehér L.–Horváth J.–Ondruss L. (1986): Területi vízrendezés. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
57. Fejér L. (1997): Árvizek és belvizek szorításában. Vízügyi Történeti Füzetek. Vol. 15. 181 p.
58. Filep Gy.–Ferencz G. (1999): Javaslatok a magyarországi talajok szemcseösszetétel szerinti osztályozásának pontosítására. *Agrokémia és Talajtan*. Vol. 48. No. 3-4. pp. 305-320.
59. Fisher, A.–Danaher, T. (2013): A Water Index for SPOT5 HRG Satellite Imagery, New South Wales, Australia, Determined by Linear Discriminant Analysis. *Remote Sensing*. Vol. 5. No. 11. pp. 5907-5925.
60. Forgóné Nemcsics M. (2000): Belvízkár elhárító rendszerek fejlesztésének mezőgazdasági megalapozása földrajzi információs rendszerrel. Doktori (PhD) értekezés. Gödöllő. 137 p.
61. FÖMI (2006): Nagyfelbontású digitális domborzat modell az ország teljes területére. Termékismertető. FÖMI, Budapest. 3 p.
62. Frohn, R.C.–Reif, M.–Lane, C.–Autrey, B. (2009): Satellite Remote Sensing of Isolated Wetlands Using Object-Oriented Classification of LANDSAT-7 Data. *Wetlands*. Vol. 29. No. 3. pp. 931-941.
63. Gao, B. C. (1996): NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*. ISSN 0034-4257. Vol. 58. No. 3. pp. 257-266.
64. Gauzer B. (1990): A hóolvadás folyamatának modellezése. Vízügyi Közlemények. Vol. 72. No. 3. pp. 272-286.

65. György I. (1941): Az 1940. év gépi belvízmentesítésének tanulságai. Gépi belvízmentesítésünk korszerűsítésének szükségessége. Vízügyi Közlemények. Vol. 23. No. 1-2. pp. 81-92.
66. Hartyányi L. (1974): A Kondoros-völgyi mintavízgyűjtőn folyó vízháztartási vizsgálatok. Öntözéses Gazdálkodás. No. 2.
67. Ihrig D. (1973): A magyar vízszabályozás története. Országos Vízügyi Hivatal, Budapest. 398 p.
68. Jancsó J. (1894): Az Ilmenau-lapály lecsapolása Hannoverben. Jancsó Jenő kultúrmérnök külföldi tanulmányútról szóló jelentése, (III. sz. melléklet). Vízügyi Közlemények. Vol. 9. pp. 37-49.
69. Kenessey B. (1930): Lefolyási tényezők és retenciók. Hidrológiai tanulmányút. Vízügyi Közlemények. Vol. 12. No. 1. pp. 55-76.
70. Kenessey B. (1934): Az Alföld vízgazdálkodása. Vízügyi Közlemények. Vol. 16. No. 2. pp. 314-333.
71. Kenessey B. (szerk.) (1931): A csonkamagyarországi ármentesítő és lecsapoló társulatok munkálatai és azok közgazdasági jelentősége. Magyar Mérnök- és Építészegylet. Budapest. 120 p.
72. Kertai E. (1965): Az Országos Vízgazdálkodási Keretterv. Vízgazdálkodás. No. 6. pp. 161-163.
73. Kienitz G. (1955): Belvízrendezési tervek készítése gazdaságossági alapon. Vízügyi Közlemények. Vol. 37. No. 3-4. pp. 397-411.
74. Kienitz G. (1968): Vízyűjtők rendszervizsgálata és a belvízjelenség. Vízügyi Közlemények. Vol. 50. No. 2. pp. 219-244.
75. Kienitz G. (1974): A levezetőhálózat sűrítésének hatása a lefolyó belvízmennyiségre és az összegyülekezési időre.. Öntözéses Gazdálkodás. No. 2.
76. Klimes-Szmik A. (1957): A talajok főbb mechanikai és fizikai tulajdonságai.. In: Di Gleria J. - Klimes-Szmink A. - Dvoracsek M.: Talajfizika és talajkolloidika. Akadémiai Kiadó. Budapest. pp. 204-340.
77. Korbély J. (1915): Az árvizekről. Vízügyi Közlemények. Vol. 5. No. 1-2. pp. 1-34.
78. Kormány Gy. (2000): A Rétköz földrajza. Nyíregyházi Főiskola Földrajz Tanszék. Nyíregyháza. 399 p.
79. Kovács B.–Szanyi J. (2005): Hidrodinamikai és transzportmodellezés II. (Processing MODFLOW és Surfer for Windows környezetben). Miskolci egyetem, Szegedi Tudományegyetem, GÁMA-GEO Kft.. 214 p.
80. Kovács F. (2011): Természetvédelmi terület hidrogeográfiai változásvizsgálata térinformatikai alapokon, rövid és hosszú időtartamok összehasonlításával. Tájökológiai Lapok. Vol. 9. No. 2. pp. 301-320.
81. Kovács J.–Márkus L.–Halupka G. (2004): Dynamic Factor Analysis for Quantifying Aquifer Vulnerability. Acta Geologica Hungarica. Vol. 47. No. 1. pp. 1-17.

82. Kovács S. A. (1890): A Temes-Begavölgy szabályozásának terve. Műszaki leírás. Vízügyi Közlemények. Vol. 2. No. 2. pp. 1-159.
83. Kozák P. (2004): A belvízjárás összefüggéseinek vizsgálata az Alföld délkeleti részén, a vízgazdálkodás európai elvárásainak tükrében. Doktori (PhD) értekezés. Szeged. 104 p.
84. Körösparti J.–Bozán Cs.–Pásztor L.–Kozák P.–Kuti L.–Pálfai I. (2009): GIS alapú belvíz-veszélyeztetettségi térképezés a Dél-Alföldön. In: Magyar Hidrológiai Társaság XXVII. Országos Vándorgyűlés, Baja. Kiadvány. ISBN 978-963-8172-23-5. 14 p.
85. Körösparti J.–Bozán Cs. (2010): Nagy felbontású digitális terepmodell alkalmazása a 74-es mezőberényi belvízrendszer belvíz-veszélyeztetettségi térképezésében. In: Magyar Hidrológiai Társaság, XXVIII. Országos Vándorgyűlés, Sopron. Kiadvány. ISBN 978-963-8172-25-9. 18 p.
86. Körösparti J.–Bozán Cs. (2011): Hajdú-Bihar megye belvíz-veszélyeztetettségi térképezése. In: Magyar Hidrológiai Társaság, XXIX. Országos Vándorgyűlés, Eger. Kiadvány. ISBN 978-963-8172-28-0. 19 p.
87. Kreybig L. (1956): Az agrotechnika tényezői és irányelvei. Akadémiai Kiadó, Budapest.
88. Kucsara M.–Víg P. (1993): A csapadék-lefolyás alakulása erdészeti kisvízgyűjtőn. Vízügyi Közlemények. Vol. 75. No. 2. pp. 186-191.
89. Kvassay J. (1902): A szabályozások hatása a folyók vízjárására Magyarországon. Vízügyi Közlemények. Vol. 15. pp. 7-27.
90. Laborezi, A.–Szatmári, G.–Takács, K.–Pásztor L. (2015): Topsoil texture class map of Hungary compiled using classification trees. Journal of Maps (in press).
91. Lászlóffy W. (1938): A Kárpát-medence vízborította és árvízjárta területei az ármentesítő és lecsapoló munkálatok megkezdése előtt. Térkép, M=1:600 000.
92. Li, W.–Du, Z.–Ling, F.–Zhou, D.–Wang, H.–Gui, Y.–Sun, B.–Zhang, X. (2013): A Comparison of Land Surface Water Mapping Using the Normalized Difference Water Index from TM, ETM+ and ALI. Remote Sensing. Vol. 5. No. 11. pp. 5530-5549. Letöltés ideje: 2014. URL: <http://www.mdpi.com/2072-4292/5/11/5530#citedby>
93. Licskó B. (2009): A belvizek légi felmérésének tapasztalatai. In: Magyar Hidrológiai Társaság XXVII. Országos Vándorgyűlés, Baja. Kiadvány. ISBN 978-963-8172-23-5. 10 p.
94. Licskó B. (2012): Az első vízgazdálkodási célú digitális légifénykép-feldolgozási kísérlet Magyarországon (1979). RS & GIS. Vol. 2. No. 2. pp. 43-46.
95. Licskó B.–Ditzendy A. (2003): Az 1999-2000. évi belvizek légi felmérésének tapasztalatai. In: Szlávik L. (szerk.) Belvizek a XX. és XXI. század fordulóján. A Vízügyi Közlemények különszámai, IV.

- kötet–Elemző és módszertani tanulmányok az 1998-2001. évi ár- és belvizekről. VITUKI, Budapest. pp. 305-315.
96. Liu, G.–Zhang, L.–Zhang, Q.–Musyimi, Z.–Jiang, Q. (2014): Spatio–Temporal Dynamics of Wetland Landscape Patterns Based on Remote Sensing in Yellow River Delta, China. *Wetlands*. pp. 1-15.
  97. Lóki J. (1983): A talajvízszint ingadozásának vizsgálata matematikai módszerekkel a Felső-Tisza vidékén. *Acta Geographica Debrecina*. Vol. 21. No. 151. pp. 39-73.
  98. Lóki J.–Félegyházi E. (2007): Felszíni változások a Bodroghözben. In: Frisnyák S. – Gál A.(szerk.) Dr. Peja Győző emlékkönyv. Nyíregyháza – Szerencs. pp. 117-136.
  99. Lupkovics B. (1969): Adatok és értékelések belvizeink megjelenéséhez. *Vízügyi Közlemények*. Vol. 51. No. 2. pp. 249-254.
  100. Marton L. (2009): Alkalmazott hidrogeológia. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest. pp. 23-60; 183-188; 417-450.
  101. McFeeters, S. K. (1996): The use of normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*. Vol. 17. pp. 1425-1432.
  102. Mika J. (1989): A globális felmelegedés és magyarországi sajátosságai. *Vízügyi Közlemények*. Vol. 71. No. 4. pp. 543-559.
  103. Molnár Zs.–Bartha S.–Seregélyes T.–Illyés E.–Tímár G.–Horváth F.–Révész A.–Kun A.–Botta-Dukát Z.–Bölöni J.–Biró M.–Bodoncz L.–Deák J.Á.–Fogarasi P.–Horváth A.–Isépy I.–Karás L.–Kecskés F.–Molnár Cs.–Ortmann-né Ajkai A.–Rév Sz. (2007): A grid-based, satellite-image supported, multi-attributed vegetation mapping method (MÉTA). *Folia Geobotanica*. Vol. 42. pp. 225-247.
  104. MONTABIO projekt (2009): Konzorciumi zárójelentés a MONTABIO projekt keretében végzett munkákról. Budapest. pp. 8-9. Letöltés ideje: 2013.URL:[http://projects.rissac.hu/montabio/zarojelentes/montabio\\_zarojelentes.docx](http://projects.rissac.hu/montabio/zarojelentes/montabio_zarojelentes.docx)
  105. Montvajszi M. - Patay I. - Gombos B. (2011): Belvíztestek geometriája. In: Magyar Hidrológiai Társaság, XXIX. Országos Vándorgyűlés, Eger. Kiadvány. ISBN 978-963-8172-28-0. 8 p.
  106. Moore, I.D.–Grayson, R.B.–Ladson, A.R. (1991): Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. *Hydrological Processes*. Vol. 5. No. 1.
  107. Mualem, Y. (1976): A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. *Water Resources Research*. Vol. 3. No. 12. pp. 513-522. Letöltés ideje: 2014. URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/WR012i003p00513/epdf>
  108. Mucsi L. (2009): Hiperspektrális távérzékeléses módszerek alkalmazása térbeli folyamatok jellemzésére. OTKA szakmai zárójelentés. 21 p. Letöltés ideje: 2013. URL: <https://www.otka-palyazat.hu/download.php?type=zarobeszamolo&projektid=48903>

109. Mucsi L.–Henits L. (2011): Belvízelöntési térképek készítése közepes felbontású űrfelvételek szubpixel alapú osztályozásával. Földrajzi Közlemények. Vol. 135. No. 4. pp. 365-378.
110. Nagy I.–Bíró T.–Tamás J. (2007): Lefolyási viszonyok vizsgálata Digitális Magassági Modell felhasználásával. Agrártudományi Közlemények, Különszám. Vol. 26. pp. 124-129. Letöltés ideje: 2013. URL: [http://www.date.hu/acta-agraria/2008-26/Agrar\\_PDF/NagyI.pdf](http://www.date.hu/acta-agraria/2008-26/Agrar_PDF/NagyI.pdf)
111. Nagy L. (1970): A vízgazdálkodás fejlődése. Tudományos Ismeretterjesztő Társulat - Országos Vízgazdálkodási Szakcsoport, Budapest.
112. Nagy L. (1975): A vízgazdálkodás 30 éve. Vízügyi Dokumentációs és Tájékoztatási Iroda, Budapest. pp. 110-131.
113. Nagy L. (1982): A növénytermesztést gátló belvízveszélyes területek elhelyezkedése hazánkban. Földrajzi Értesítő. Vol. 31. No. 2-3.
114. Németh E. (1934): Olasz módszerek a lecsapoló-csatornáknak levezetendő vízmennyiségeknek a csapadékból való számítására. Vízügyi Közlemények. Vol. 16. No. 1. pp. 82-121.
115. Németh E. (1942): A korszerű mezőgazdaság vízi feladatai. Királyi Magyar Egyetemi Nyomda. Budapest. 150 p.
116. Nováky B. (1993): A lehetséges éghajlatváltozás hatása a belvizekre. Vízügyi Közlemények. Vol. 75. No. 4. 437 p.
117. Nováky B. (2003): Éghajlat és víz: bizonyosságok és bizonytalanságok. Vízügyi Közlemények. Vol. 85. No. 4. pp. 536-542.
118. Olmanson, L. G.–Brezonik, P. L.–Bauer, M. E. (2013): Airborne hyperspectral remote sensing to assess spatial distribution of water quality characteristics in large rivers: The Mississippi River and its tributaries in Minnesota. Remote Sensing of Environment. Vol. 130. No. 15. pp. 254-265. Letöltés ideje: 2013. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2012.11.023>
119. Oroszlány I. (1965): Vízgazdálkodás a mezőgazdaságban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
120. Oroszlány I. (1978): A csapadékból származó lefolyás számításának új módszere. Hidrológiai Közlöny. Vol. 58. No. 2. pp. 68-73.
121. OVF (1964): Az Országgyűlés jóváhagyta az új Vízügyi Törvényt. Vízgazdálkodás. No. 6. 165 p.
122. Országos Vízügyi Hivatal (1984): Országos Vízgazdálkodási Keretterm. Országos Vízügyi Hivatal, Budapest. pp. 47-49, 359-374.
123. Pálfai I. (1985): A síkvidéki vízrendezés időszerű kérdései. Vízügyi Közlemények. Vol. 67. No. 3. pp. 361-385.
124. Pálfai I. (1993): A belvizek keletkezése és szabályozása. Hidrológiai Közlöny. Vol. 73. No. 1. pp. 31-33.
125. Pálfai I. (1994): Az Alföld belvíz-veszélyeztetettségi térképe. Vízügyi Közlemények. Vol. 76. No. 3. pp. 278-290.
126. Pálfai I. (2003): Magyarország belvíz-veszélyeztetettségi térképe. Vízügyi Közlemények. Vol. 85. No. 3. pp. 510-524.

127. Pálfai I. (1986a): Síkvidéki területeink hidrológiai vizsgálata. Hidrológiai Közöny. Vol. 66. No. 2. pp. 65-72.
128. Pálfai I. (1986b): Módszerek a mértékadó fajlagos belvízhozam meghatározására. Hidrológiai Tájékoztató. Vol. 26. No. 2. pp. 20-22.
129. Pálfai I.–Bozán Cs.–Herceg Á.–Kozák P.–Körösparti J.–Kuti L.–Pásztor L. (2004): Komplex Belvíz-veszélyeztetettség Mutató (KBM) és Csongrád megye ez alapján szerkesztett belvíz-veszélyeztetettség térképe. II. Magyar Földrajzi Konferencia, Szegedi Tudományegyetem, Európa Tanulmányok Központ, 2004. szeptember 2-4. CD-ROM (ISBN 963-482-687-3). 6 p.
130. Pásztor, L.–Pálfai, I. –Bozán, Cs.–Körösparti, J.–Szabó, J.–Bakacsi, Zs.–Kuti, L. (2006): Spatial stochastic modelling of inland inundation hazard. 9th AGILE Conference on Geographic Information Science, Visegrád, Hungary. pp. 139-143.
131. Pásztor, L.–Laborczi, A.–Takács, K.–Szatmári, G.–Dobos, E.–Illés, G.–Bakacsi, Zs.–Szabó, J. (2015): Compilation of novel and renewed, goal oriented, digital soil maps using geostatistical and data mining tools. Hungarian Geographical Bulletin (in press).
132. Patay I.–Montvajszki M. (2011): Belvíztestek matematikai modellezése. Hidrológiai Közöny. Vol. 1. No. 91. pp. 45-49.
133. Péczely Gy. (1979): Éghajlat. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. 366 p.
134. Pécsi M. (szerk.) (1969): A tiszai Alföld. Akadémiai Kiadó, Budapest. pp. 27-141.
135. Petrasovits I.–Balogh J. (1969): Növénytermesztés és vízgazdálkodás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
136. Pinke Zs.–Szabó B. (2010): A Kárpát-medence vízborította és árvízjárta területei az ármentesítő és lecsapoló munkálatok megkezdése előtt című térkép vizsgálata. In: Magyar Hidrológiai Társaság, XXVIII. Országos Vándorgyűlés. Sopron. ISBN 978-963-8172-25-9. 6 p. URL: [http://www.hidrologia.hu/vandorgyules/28/dolgozatok/pinke\\_zsolt.html](http://www.hidrologia.hu/vandorgyules/28/dolgozatok/pinke_zsolt.html)
137. Rakonczi J.–Mucsi L.–Szatmári J.–Kovács F.–Csató Sz. (2001): A belvizes területek elhatárolásának módszertani lehetőségei. In.: Dormány G.–Kovács F.–Péti M.–Rakonczi J. (szerk.): A földrajz eredményei az új évezred küszöbén. Az I. Magyar Földrajzi Konferencia CD kötete, SZTE TFGT, Szeged. 14 p.
138. Rakonczi J.–Csató Sz.–Mucsi L.–Kovács F.–Szatmári J. (2003): Az 1999. és 2000. évi alföldi belvízelöntések kiértékelésének gyakorlati tapasztalatai. In: Szlávik L. (szerk.) Belvizek a XX. és XXI. század fordulóján. A Vízügyi Közlemények különszámai, IV. kötet–Elemző és módszertani tanulmányok az 1998-2001. évi ár- és belvizekről. VITUKI 2003. pp. 317-336.
139. Ravasz T. (1976): A síkvidéki vízrendezés területi és agronómia alapjainak elemzése. Hidrológiai Közöny. Vol. 56. No. 3. pp. 97-100.

140. Reschke, J.–Bartsch, A.–Schlaffer, S.–Schepaschenko, D. (2012): Capability of C-Band SAR for Operational Wetland Monitoring at High Latitudes. *Remote Sensing*. Vol. 4. No. 10. pp. 2923-2943.
141. Rokni, K.–Ahmad, A.–Selamat, A.–Hazini, S. (2014): Water Feature Extraction and Change Detection Using Multitemporal Landsat Imagery. *Remote Sensing*. Vol. 6. No. 5. pp. 4173-4189. Letöltés ideje: 2014. URL: <http://www.mdpi.com/2072-4292/6/5/4173>
142. Rónai A. (1961): Az Alföld talajvíztérképe: magyarázó a talajvíztükör felszínalatti mélységének 1:200000-es méretű térképéhez. Magyar Állami Földtani Intézet alkalmi kiadványa, Budapest. pp. 65-72.
143. Rundquist, D.C.–Lawson, M.P.–Queen, L.P.–Cervený, R.S. (1987): The relationship between Summer-Season Rainfall Events and Lake-Surface Area1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*. Vol. 23. No. 3. pp. 493-508.
144. Sabol, D. E.–Adams, J. B.–Smith, M. O. (1992): Quantitative subpixel spectral detection of targets in multispectral images. *Journal of Geophysical Research: Planets* . Vol. 97. No. E2. pp. 2659-2672. Letöltés ideje: 2014. URL: <http://dx.doi.org/10.1029/91JE03117>
145. Salamin P. (1942): Tanulmány a hazai belvízrendezésről. *Hidrológiai Közlöny*. Vol. 22. No. 1-6. pp. 76-122.
146. Salamin P. (1955): Belvízgazdálkodás. Építőipari Műszaki Egyetem Tudományos Közleményei , Budapest. I/3. pp. 3-36.
147. Salamin P. (1956): A hóolvadásból származó belvízmennyiségek. *Vízügyi Közlemények*. Vol. 38. No. 3. pp. 329-346.
148. Somlyódy L. (2002): A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései. Magyarország az ezredfordulón. Stratégiai kutatások a Magyar Tudományos Akadémián VIII. MTA, Budapest. 402 p.
149. Stelczer K. (2000): A vízkészlet-gazdálkodás hidrológiai alapjai. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest. 411 p.
150. Sümeghy J. (1954): Magyarország talajvíz viszonyai. Kézirat. Felsőoktatási Jegyzetellátó Vállalat, Budapest. 80 p.
151. Szabó J.–Pásztor L.–Bakacsi Zs.–Zágoni B. és Csökli G. (2000): 'Kreybig Digitális Talajinformatikai Rendszer (Előzmények, térinformatikai megalapozás) (in Hungarian with English summary)'. *Agrokémia és Talajtan*. Vol. 49. No. 1-2. pp. 265-276.
152. Szabó J.–Pásztor L.–Bakacsi Zs.–László P.–Laborczi A. (2007): A Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszer alkalmazása kistérségi szintű földhasználati kérdések megoldásában. *Agrokémia és Talajtan*. Vol. 56. No. 1. pp. 5-20.
153. Szabó Sz. (2010): A CLC2000 és CLC50 adatbázisok összehasonlítása tájmetriai módszerekkel. *Tájökológiai Lapok*. Vol. 8. No. 1. pp. 13-23.
154. Szatmári J. - Szijj N. - Mucsi L. - Tobak Z. - van Leeuwen, B. - Lévai Cs. - Dolleschall J. (2011a): A belvízelöntések térképezését megalapozó

- adatgyűjtés és a belvízképződés modellezése neurális hálózattal.  
Földrajzi Közlemények, 0015-5411. 135/4. 351-363. pp. 351-363.
155. Szatmári J. - Szijj N. - Mucsi L. - Tobak Z. - van Leeuwen, B. - Lévai Cs. - Dolleschall J. (2011b): A belvízelöntések térképezését és a belvízképződés modellezését megalapozó térbeli adatgyűjtés. In: Lóki J. (szerk.) Az elmélet és gyakorlat találkozása a térinformatikában II. Debrecen Egyetemi Kiadó. Debrecen. pp. 27-35. Letöltés ideje: 2012. URL: [http://geogis.detek.unideb.hu/TKonferencia/2011/Kotet/Konferenciaik%C3%B6tet\\_20110519.pdf](http://geogis.detek.unideb.hu/TKonferencia/2011/Kotet/Konferenciaik%C3%B6tet_20110519.pdf)
  156. Szatmári, J.–Szijj, N. - Mucsi, L.–Tobak, Z. - van Leeuwen, B.–Lévai, Cs.–Dolleschall, J. (2012): Comparing LIDAR DTM with DEM-5 of Hungary. In: Geiger J, Pál-Molnár E, Malvić T (szerk.) New horizons in Central European geomathematics, geostatistics and geoinformatics: Selected studies of the 2011 Croatian-Hungarian Geomathematical Convent, Mórahalom. pp. 151-158. Letöltés ideje: 2013. URL: [http://www.geo.u-szeged.hu/~joe/pub/Habil/Publ/10\\_Geolitera.pdf](http://www.geo.u-szeged.hu/~joe/pub/Habil/Publ/10_Geolitera.pdf)
  157. Szeifert Gy. (1965): A Nyírség komplex vízgazdálkodása. Vízügyi Közlemények. Vol. 47. No. 4. pp. 435-474.
  158. Szesztay K. (1956): Belvízmennyiségek meghatározása és előrejelzése csapadékból, [módszertani tanulmány]. Vízügyi Közlemények. Vol. 38. No. 2. pp. 215-229.
  159. Szigyártó Z. (1953): A tározódás hatását figyelembevevő fajlagos vízhozamszámítások alkalmazhatósága. Hidrológiai Közlöny. Vol. 33. No. 1-2. pp. 22-27.
  160. Szlávik L. (2003): Az ezredforduló árvizeinek és belvizeinek hidrológiai jellemzése. Vízügyi Közlemények. Vol. 85. No. 4. pp. 547-565.
  161. Szócs J. (1967): Az 1965-1966. évi téli-tavaszi belvízvédekezés. Vízügyi Közlemények. Vol. 49. No. 1. pp. 5-30.
  162. Takács, A.–Schmotzer, A.–Jakab, G.–Deli, T.–Mesterházy, A.–Király, G.–Lukács, A.B.–Balázs, B.–Ranko, P.–Pavol, E. jun.–Sramkó, G.–Tökölyi, J. & Molnár, V. A. (2013): Key environmental variables affecting the distribution of *Elatine hungarica* in the Pannonian Basin. *Preslia*. Vol. 85. No. 2. pp. 193-207.
  163. Takács K.–Pásztor L.–Bozán Cs.–Körösparti J.–Bakacsi Zs.–Szabó J.–Laborci A. (2014): Környezeti kockázatok térképezése regresszió krigeléssel – Szabolcs-Szatmár-Bereg megye belvíz kockázati térképe. In: Balázs B. (szerk.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában V. Debrecen Egyetemi Kiadó. Debrecen. pp. 441-442.
  164. Tellyesniczky J. (1928): A trianoni határ által megcsonkított vizitársulatok műszaki helyzete. Vízügyi Közlemények. Vol. 10. No. 1. pp. 3-25.



165. Thyll Sz. (1997): Síkvidéki vízrendezés. In: Vermes L. (szerk.):  
Vízgazdálkodás. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó. Budapest. pp. 197-241.
166. Tinya F.–Tóth Z. (2005): A Bátorligeti Ósláp Természetvédelmi Terület vegetációja és annak változása az elmúlt 15 év során. Tájökológiai Lapok. Vol. 3. No. 1. pp. 99-117. Letöltés ideje: 2011. URL:  
<http://www.tajokologiaiilapok.szie.hu/hkiv8.html>
167. Tomor T.–Lénárt Cs.–Enyedi P.–Katona Zs. (2012): Az ajkai vörösiszap katasztrófa hatásainak felmérése során alkalmazott domborzatmodellezési technikák bemutatása. In: Lehetőségek a domborzatmodellezésben 2011. A HUNDEM konferencia és kerekasztal közleményei. Miskolci Egyetem Földrajz Intézet. ISBN 978-963-358-006-6. 6 p.
168. Tóth B. (2000): Az aszály- és belvízhatást mérséklő erdőművelési technológiák. In: Führer E. (szerk.) Az aszály és a belvíz érvényesülése a Nagyalföld erdőművelésében. Erdészeti Tudományos Intézet Kiadványai. Budapest. ISSN: 1417-5495, ISBN: 963-7349-27-8. Vol. 14. 91 p.
169. Tóth I. (2004): A Hortobágy-Berettyó rendszerének belvízi és árvízi vízelvezetése. Hidrológiai Közöny. Vol. 84. No. 3. pp. 35-50.
170. Tóth K.–Tamás J.–Bíró T. (2004): Síkvidéki domborzatelemzés alkalmazhatóságának vizsgálata a belvízelőfordulás gyakoriságának értékelésében. Agrárinformatikai Nyári Egyetem és Fórum. Gödöllő, 2004. 08. 25-27. 10 p.
171. Török I. Gy. (1997): „Eszmetöredékek” a belvíz fogalmának korszerűbb értelmezése és a belvízvédekezés gazdaságossága tárgyában. Magyar Hidrológiai Társaság XV. Országos Vándorgyűlés, Kaposvár, 1997. július 9-11. Kötet. pp. 554-557.
172. Török L. (1976): Mezőgazdasági vízgazdálkodás II. Síkvidéki vízrendezés. Tankönyvkiadó, Budapest. 105 p.
173. Trummer Á. (1954): A belvízlevezetés korszerű megoldásáról. Hidrológiai Közöny. Vol. 34. No. 11-12. pp. 493-502.
174. Túri Z.–Balázs B. (2011): A belvízveszélyesség minősítése műholdfelvételek alapján a Nyírségben. In: Herdon M.–Rózsa T.–Szilágyi R. (szerk.) Agrárinformatika 2011 Konferencia / Agricultural Informatics Conference: Innovatív információtechnológiák az agrárgazdaságban / Innovative information technologies in agriculture. Debrecen: Magyar Agrárinformatikai Szövetség. ISBN:978-615-5094-05-7. pp. 175-184.
175. Túri Z.–Szabó G. (2012): A Nyírség felszíni hidrológiai viszonyainak térképezése kvantitatív adatbázisok és űrfelvételek alapján. In: Nyári D (szerk.): Kockázat - Konfliktus - Kihívás: A VI. Magyar Földrajzi Konferencia, a MERIEXWA nyitókonferencia és a Geográfus Doktoranduszok Országos Konferenciájának Tanulmánykötete.

- Szeged. ISBN:978-963-306-175-6. pp. 921-930. Letöltés ideje: 2012.  
URL: [http://geography.hu/mfk2012/pdf/Turi\\_Szabo.pdf](http://geography.hu/mfk2012/pdf/Turi_Szabo.pdf)
176. Vágás I. (1999): Mi a magyar tudomány szerepe az árvíz elleni védekezésben? Magyar Tudomány. No. 1. pp. 86-89.
177. Vámosi S. (2002): A belvizek hatása az alföldi régiók fejlesztésére. Doktori (PhD) értekezés. Debrecen. 108 p. Letöltés ideje: 2012. URL: <http://ganymedes.lib.unideb.hu:8080/dea/bitstream/2437/79712/1/V%C3%A1s%20%28telj%29.pdf>
178. van Genuchten, M.Th. (1980): A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am. J. Vol. 44. pp. 892-898. Letöltés ideje: 2013. URL: [http://www.h2ogeo.upc.edu/Docencia/Flujo%20y%20Transporte%20Multifase/Lectura\\_3.pdf](http://www.h2ogeo.upc.edu/Docencia/Flujo%20y%20Transporte%20Multifase/Lectura_3.pdf)
179. van Leeuwen B. (2012): Artificial neural networks and geographic information systems for inland excess water classification. Ph.D. Dissertation. Szeged. 111 p.
180. van Leeuwen, B.–Tobak, Z.–Szatmári, J. (2008): Development of an integrated ANN - GIS framework for inland excess water monitoring. Journal of Environmental Geography. Vol. 1. No. 3-4. pp. 1-6. Letöltés ideje: 2012. URL: <http://www.geo.u-szeged.hu/journal/files/articles/1Van%20Leeuwen-et-al-2008-3-4.pdf>
181. van Leeuwen B.–Tobak Z.–Szatmári J. (2012): Belvíz osztályozás hagyományos módszerrel és mesterséges neurális hálóval. In: Nyári D (szerk.): Kockázat - Konfliktus - Kihívás: A VI. Magyar Földrajzi Konferencia, a MERIEXWA nyitókonferencia és a Geográfus Doktoranduszok Országos Konferenciájának Tanulmánykötete. Szeged. ISBN:978-963-306-175-6. pp. 524-529. Letöltés ideje: 2013. URL: [http://geography.hu/mfk2012/pdf/Leeuwen\\_et\\_al\\_cikk.pdf](http://geography.hu/mfk2012/pdf/Leeuwen_et_al_cikk.pdf)
182. Várallyay Gy. (1980): Magyarországi talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak kategóriarendszere és 1:100000 méretarányú térképe. Agrokémia és Talajtan. Vol. 29. No. 1-2. pp. 77-112.
183. Várallyay Gy. (1985): Magyarország talajainak vízháztartási és anyagforgalmi típusai. Agrokémia és Talajtan. Vol. 34. No. 3-4. pp. 267-298.
184. Várallyay Gy. (2001): A talaj vízgazdálkodása és a környezet. Magyar Tudomány. Vol. 46. No. 7. pp. 799-815.
185. Várallyay Gy. (2004): Talajtani Enciklopédia. Agrokémia és Talajtan. Vol. 53. No. 1-2. pp. 215-218.
186. Várallyay Gy. (2007): Szélsőséges időjárási helyzetek hatása a talaj vízháztartására és kedvezőtlen környezeti hatásainak mérséklési lehetőségei. In: Magyar Hidrológiai Társaság által rendezett XXV. Országos Vándorgyűlés. Tata. Kiadvány ISBN 978-963-8172-28-0. Letöltés ideje: 2010. URL: <http://www.hidrologia.hu/ovgytata/25/2szekcio/250224.htm>

187. Várallyay Gy. (2008): Talaj–víz kölcsönhatások a klímaváltozás tükrében. In: Talajvédelem különszám. (Talajtani Vándorgyűlés, Nyíregyháza, 2008. május 28–29.) Talajvédelmi Alapítvány, Bessenyei György Könyvkiadó, Nyíregyháza. pp. 17-22. Letöltés ideje: 2010. URL: <http://www.talaj.hu/vgy2008/1-0vgy2008.pdf>
188. Várallyay Gy. (2009): A talaj szerepe az időjárási és vízháztartási szélsőségek káros hatásainak mérséklésében. In: Magyar Hidrológiai Társaság, XXVII. Országos Vándorgyűlés, Baja. Kiadvány. ISBN 978-963-8172-23-5. Letöltés ideje: 2012. URL: [http://www.hidrologia.hu/vandorgyules/27/dolgozatok/05varallyay\\_gyorgy.htm](http://www.hidrologia.hu/vandorgyules/27/dolgozatok/05varallyay_gyorgy.htm)
189. Várallyay Gy.–Murányi A.–Zilahy P.–Dezsényi Z. (1981): A belvízképződésre ható talajtani tényezők Magyarország síkvidéki területein. VITUKI Közlemények Mezőgazdasági Vízgazdálkodási Kutatások Magyarországon 1980. Vol. 35.
190. Winkler P.–Iván Gy.–Kay, S.–Spruyt, P.–Zielinski, R. (2006): Úrfelvételekből származtatott digitális felületmodell minőségének ellenőrzése a magyarországi nagyfelbontású digitális domborzatmodell alapján. Geodézia és Kartográfia. No. 2. pp. 22-31.
191. Wösten J.H.M.–Lilly, A.–Nemes, A.–Le Bas, C. (1999): Development and use of a database of hydraulic properties of European soils. Geoderma. Vol. 90. pp. 169-185.
192. Xu, H. (2006): Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. International Journal of Remote Sensing. Vol. 27. No. 14. pp. 3025-3033.
193. Zhao, X.–Stein, A.–Chen, X.-L. (2011): Monitoring the dynamics of wetland inundation by random sets on multi-temporal images. Remote Sensing of Environment. Vol. 115. No. 9. pp. 2390-2401. Letöltés ideje: 2014. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425711001672>
194. Zsuffa I. (1997): Műszaki hidrológia II.. Műegyetemi Kiadó. 392 p.

#### **Internetes hivatkozások**

195. IH-1: 1871. évi XXXIX. Törvénycikk a vízszabályozási társulatokról. 1000 év törvényei internetes adatbázis; CompLex Kiadó Kft. Letöltés ideje: 2012 URL: <http://www.1000ev.hu/index.php?a=3&param=5505>
196. IH-2: 1874. évi XI. törvénycikk a belvizek levezetése körüli eljárásról. 1000 év törvényei internetes adatbázis; CompLex Kiadó Kft. Letöltés ideje: 2012 URL: <http://www.1000ev.hu/index.php?a=3&param=5623>
197. IH-3: 2011. évi CLXVIII. Törvény a mezőgazdasági termelést érintő időjárási és más természeti kockázatok kezeléséről. Hatályos jogszabálygyűjtemény. Wolters Kluwer Kft. . Letöltés ideje: 2012 URL: [http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy\\_doc.cgi?docid=A1100168.TV](http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A1100168.TV)

198. IH-4: 1871. évi XXXIX. Törvénycikk a vízszabályozási társulatokról. 1000 év törvényei internetes adatbázis; CompLex Kiadó Kft. Letöltés ideje: 2012 URL: <http://www.1000ev.hu/index.php?a=3&param=5505>
199. IH-5: 1885. évi XXIII. törvénycikk a vízjogról. 1000 év törvényei internetes adatbázis; CompLex Kiadó Kft. Letöltés ideje: 2012 URL: <http://www.1000ev.hu/index.php?a=3&param=6188>
200. IH-6: 1964. évi IV. törvény a vízügyről. 1000 év törvényei internetes adatbázis; CompLex Kiadó Kft. Letöltés ideje: 2012 URL: <http://www.1000ev.hu/index.php?a=3&param=8450>
201. Felső-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság honlapja (2013) URL: <https://www.fetivizig.hu/>
202. Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság honlapja (2012) URL: <http://www.kotivizig.hu/>
203. Országos Vízügyi Főigazgatóság honlapja. URL: [www.vizugy.hu](http://www.vizugy.hu)
204. Tiszántúli Vízügyi Igazgatóság honlapja (2011) URL: <http://www.tivizig.hu/>

## Publikációs lista

### Külföldi, referált folyóiratban megjelent

Takács, A.–Schmotzer, A.–Jakab, G.–Deli, T.–Mesterházy, A.–Király, G.–Lukács, A. B.–**Balázs, B.**–Ranko, P.–Pavol, E. jun.–Sramkó, G.–Tökölyi, J. & Molnár, V. A. (2013): **Key environmental variables affecting the distribution of *Elatine hungarica* in the Pannonian Basin.** In: *PRESLIA* 85:(2) pp. 193-207. **IF: 2.778**

### Nemzetközi szakfolyóiratban megjelent

Túri Z.–Négyesi G.–Türk G.–Lóki J.–**Balázs B.**–Szabó Sz. (2013): Spatiotemporal Analysis Of The Hydrological Factors In The Subcatchment Of The River Tisza, NE-Hungary. *Advanced Research in Engineering Science* 1:(1) pp. 43-51.

### Hazai szakfolyóiratban megjelent

Türk G.–**Balázs B.**–Harangi S.–Fehérné Baranyai E.–Gyulai I.–Szabó Sz. (2014): Vízminőség-vizsgálat egy Felső-Tisza menti holtmedren. *Hidrológiai Közöny*. Közlésre elfogadva, megjelenés alatt.

Türk G.–**Balázs B.**–Mecser N. (2013): Medermorfológia és a vezetőképesség modellezése egy tiszai holtmedren. *Hidrológiai Közöny* 93:(4) pp. 61-65.

### Külföldi tanulmánykötetben megjelent publikációk

**Balázs, B.** (2010): Investigations of groundwater level changes on the Szolnok–Túri Plain. In: Oimahmad Rahmonov (ed.) *Anthropogenic aspects of landscape transformations 6*. University of Silesia, Sosnowiec - Będzin, pp. 5–10. ISBN: 978-83-61644-11-8  
ISSN: 1895-6777

### Konferenciakiadványban idegen nyelven megjelent

**Balázs, B.** (2013): Statistical connections between hidrological parameters and their modelling. In: Lóki J. (szerk.): *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában IV.: Térinformatika Konferencia és Szakkiállítás*. Debrecen, Debreceni Egyetemi Kiadó. (ISBN:978-963-318-334-2) 532 p.

**Balázs, B.** (2012): Hydrological investigation on the Carpathian Basin using HydroDesktop. Abstract. In: *MapWindow Open-Source GIS Conference*. Velp, The Netherlands, 2012. 06. 25-28.  
<http://www.mapwindow.org/conference/2012/presentations.php>

### **Konferenciakiadványban magyar nyelven megjelent**

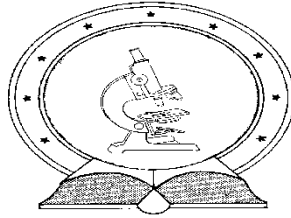
- Kohán B.–**Balázs B.** (2014): A talajvízhiány becslése a Kiskunsági-homokháton co-krigeléssel, ArcGIS környezetben. In: Balázs B. (szerk.): Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában V.: Térinformatikai konferencia és szakkiallítás. Debrecen, Debreceni Egyetemi Kiadó. (ISBN:978-963-318-434-9) pp. 165-172.
- Türk G.–**Balázs B.** (2013): Vízkémiai paraméterek 3D modellezése egy tiszai holtágon. In: Lóki J. (szerk.): Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában IV.: Térinformatika Konferencia és Szakkiallítás. Debrecen, Debreceni Egyetemi Kiadó. (ISBN:978-963-318-334-2) 532 p.
- Túri Z.–**Balázs B.** (2011): A belvízveszélyesség minősítése műholdfelvételek alapján a Nyírségben. In: Herdon M, Rózsa T, Szilágyi R (szerk.) Agrárinformatika 2011 Konferencia / Agricultural Informatics Conference: Innovatív információtechnológiák az agrárgazdaságban / Innovative information technologies in agriculture. Debrecen, Magyarország, 2011.11.11-2011.11.12., Debrecen: Magyar Agrárinformatikai Szövetség, pp. 175-184.(ISBN:978-615-5094-05-7)
- Balázs B.**–Boda J. (2011): Hidrológiai adatfeldolgozás geoinformatikai eszközökkel. Absztrakt. In: Lóki József (szerk.): Az elmélet és a gyakorlat találkozása. Térinformatikai Konferencia és Szakkiallítás. ISBN:978-963-318-116-4 Debrecen. p. 492.
- Balázs B.** (2010): Belvizes területek felmérése geoinformatikai módszerekkel. In: Hegedűs A. (szerk.): Geoinformatika és domborzatmodellezés 2009, A HunDEM 2009 és a GeoInfo 2009 konferencia és kerekasztal válogatott tanulmányai, CD-ROM (ISBN: 978-963-661-897-1), Miskolc. pp. 1-10. [http://www.uni-miskolc.hu/~fkt/Hundem\\_es\\_GeoInfo\\_2009/start.htm](http://www.uni-miskolc.hu/~fkt/Hundem_es_GeoInfo_2009/start.htm)  
[http://www.uni-miskolc.hu/~fkt/Hundem\\_es\\_GeoInfo\\_2009/Cikkek/BalazsB.pdf](http://www.uni-miskolc.hu/~fkt/Hundem_es_GeoInfo_2009/Cikkek/BalazsB.pdf)
- Balázs B.** (2009): Negatív mikroformák vizsgálata légifelvételek és digitális magasságmodell elemzésével. Előadás és publikáció. Geográfus Doktoranduszok IX. Országos Konferenciájának Természetföldrajzosi Tanulmányai, ISBN 978-963-482-923-2, Szeged. pp. 220-232
- Balázs B.** (2008): A Corine LC 50 felszínborítási adatbázis használhatóságának vizsgálata egy kis kiterjedésű mintaterületen, Heves külterületén. In: IV. Magyar Földrajzi Konferencia, Debrecen (konferenciakötet), pp. 258-262.
- Balázs B.**–Szűcs G.–Bakai G.–Lakatos Gy.–Kundrát J.T.–Gyulai I. (2012): A térinformatika alkalmazása holtmedrek szukcessziójának vizsgálatában. Absztrakt. In: Lóki J. (szerk.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában III.: Térinformatikai Konferencia és Szakkiallítás. ISBN:

978-963-318-218-5 Debrecen. pp. 461-462.

[http://geogis.detek.unideb.hu/Tkonferencia/2012/Terinfo\\_kotet%202012.pdf](http://geogis.detek.unideb.hu/Tkonferencia/2012/Terinfo_kotet%202012.pdf)

### **Egyéb**

- Balázs B.**–Lóki J. (2014): Vizes területek kimutatása a műholdfelvételek alapján a Rétközben. In: Gál A.–Kókai S. (szerk.): Tiszteletkötet Dr. Frisnyák Sándor geográfus professzor 80. születésnapjára. Nyíregyháza; Szerencs: Nyíregyházi Főiskola Turizmus és Földrajztudományi Intézete - Szerencsi Bocskai István Gimnázium. ISBN:978-963-08-8652-9 pp. 235-245.
- Balázs B (szerk.)** 2014: Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában V.: Térinformatikai konferencia és szakkiállítás. Debrecen. Debreceni Egyetemi Kiadó. ISBN:978-963-318-434-9 459 p.
- Türk G.–**Balázs B.** (2014): Magyarország térképének utolsó fehér foltjai. Mít rejt a mélység? *Élet és Tudomány* 69:(15) pp. 463-465.



# **BELVÍZ-VESZÉLYEZTETETTSÉG VIZSGÁLATA ALFÖLDI MINTATERÜLETEKEN**

Egyetemi doktori (Ph.D.) értekezés

## **MELLÉKLETEK**

**Balázs Boglárka**

Témavezető: Dr. Lóki József, egyetemi tanár

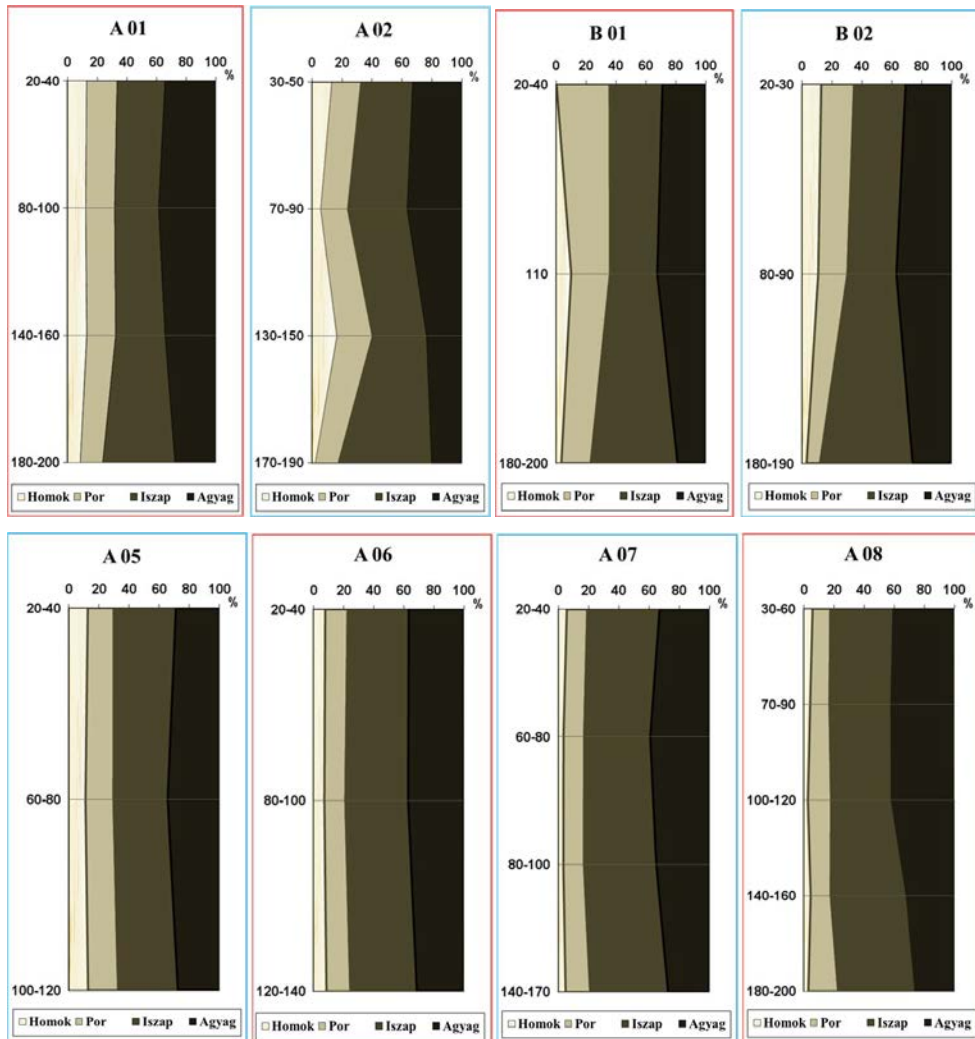
DEBRECENI EGYETEM  
Természettudományi Doktori Tanács  
Földtudományok Doktori Iskola  
Debrecen, 2015.

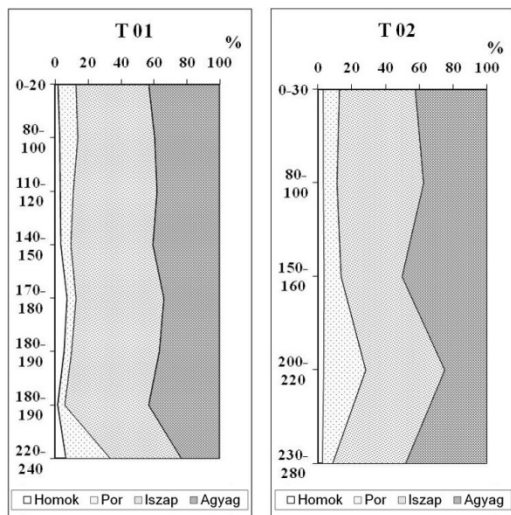


## Mellékletek

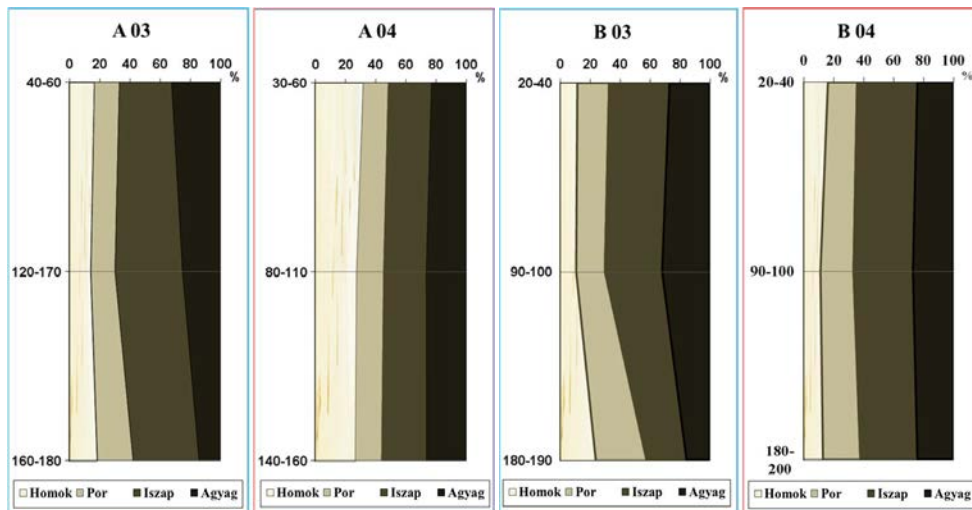
### I. melléklet A talajminták szemcseösszetéti diagramjai (kék keret – mélyedés; piros keret – magaslat; zöld keret – lejtőközép)

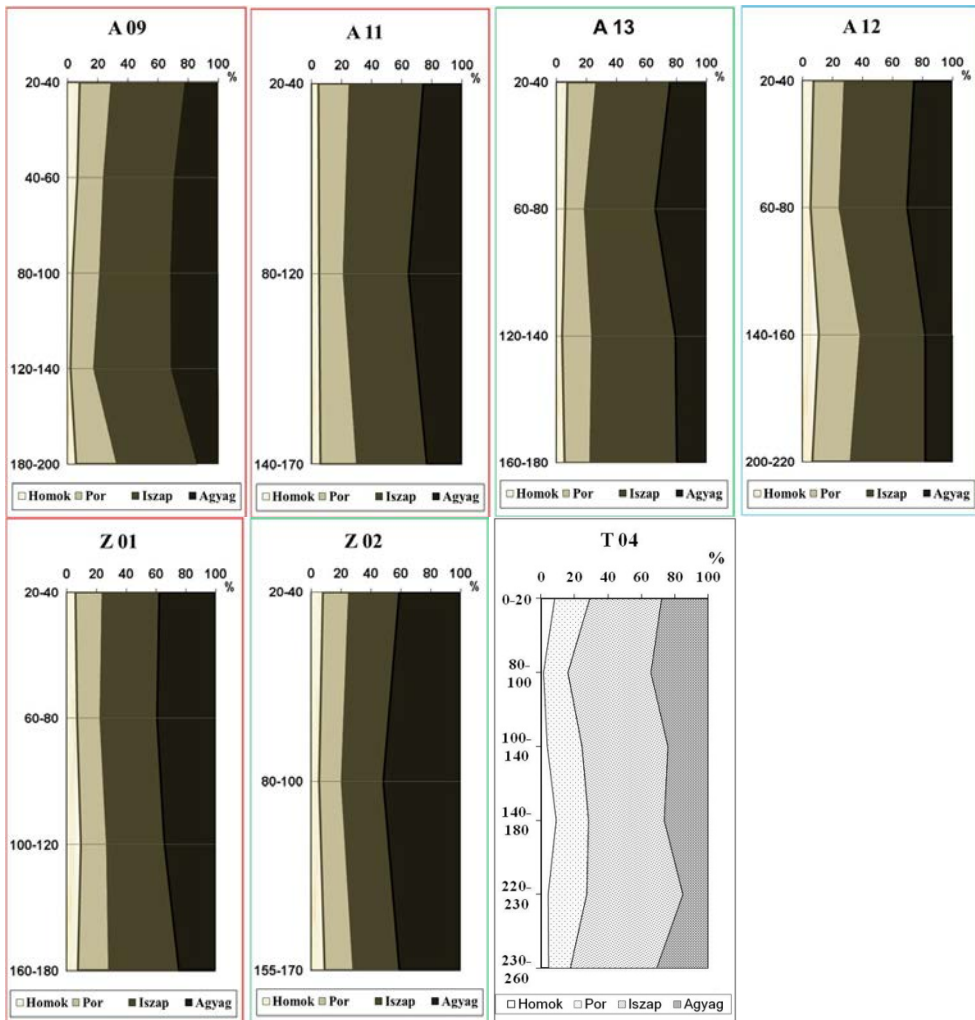
I/ 1. melléklet Sekély típusú belvízfoltok környezetében gyűjtött talajminták szemcseösszetéti diagramjai (Szolnok–Túri-sík)



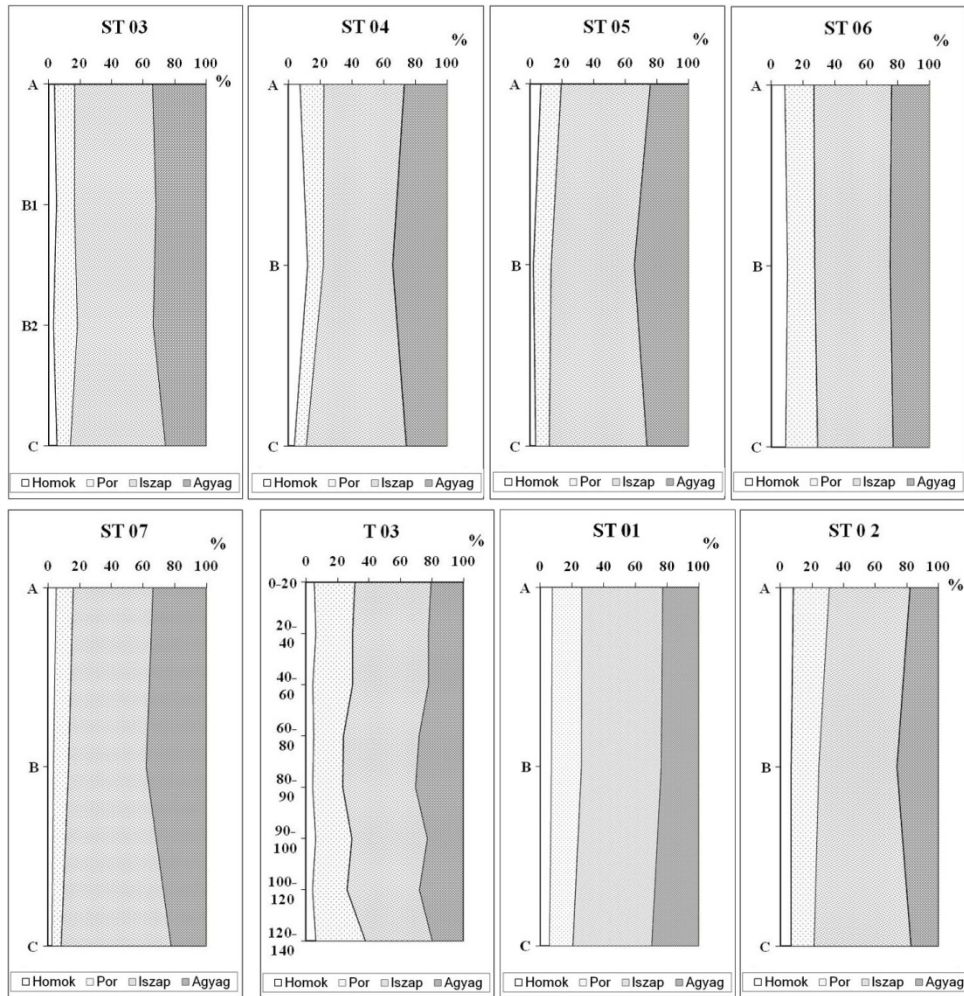


I/ 2. melléklet Mély típusú belvízfoltok környezetében gyűjtött talajminták szemcseösszetéti diagramjai (Szolnok–Túri-sík)

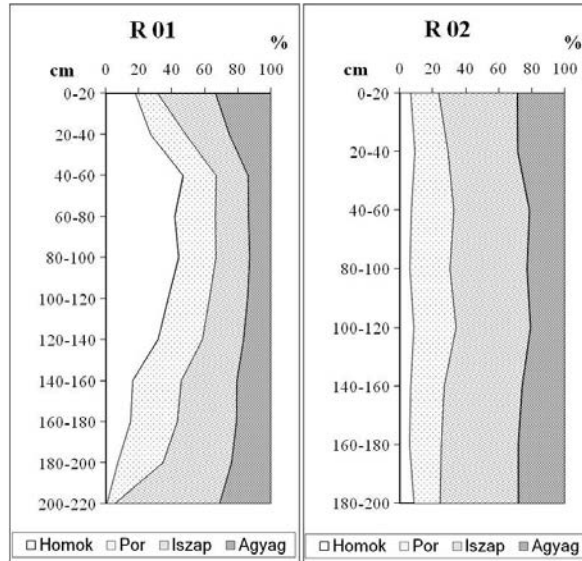




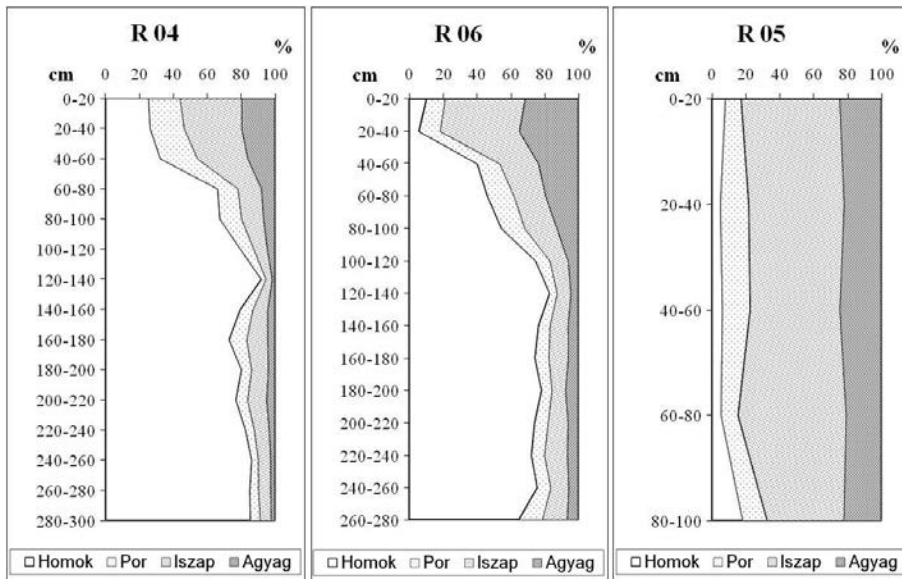
I/ 3. melléklet Sík területeken kialakult belvízfoltok talajmintáinak szemcseösszetételi diagramjai (Szolnok–Túri-sík)



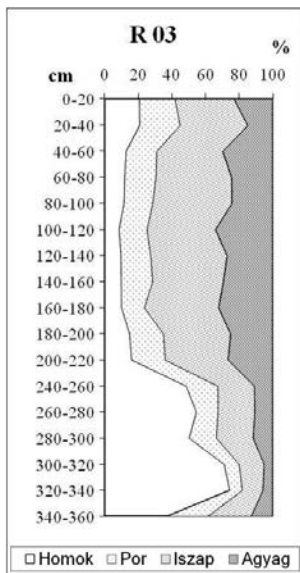
I/ 4. melléklet A sekély belvíztípusok körzetében vett talajminták szemcseösszetéti diagramjai (Rétköz)



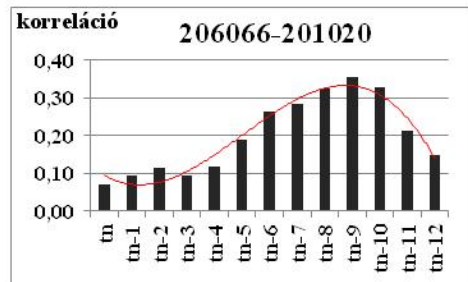
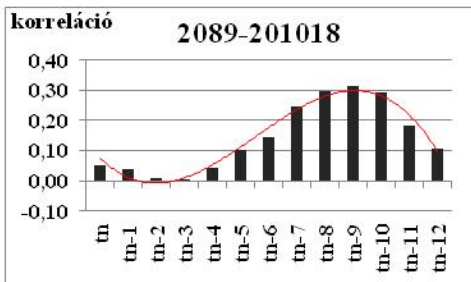
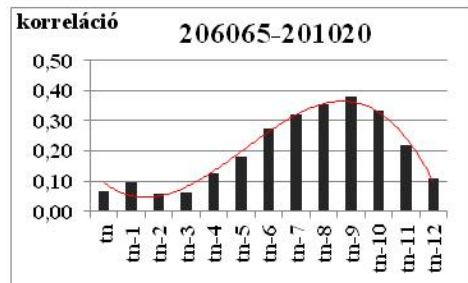
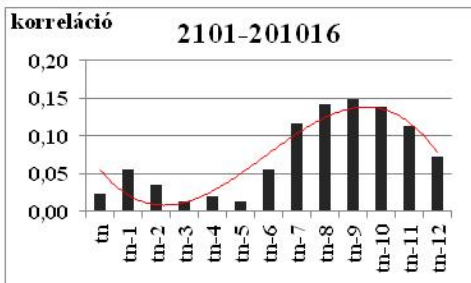
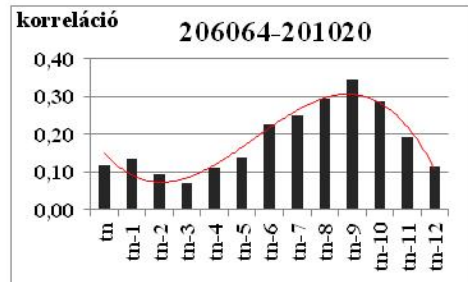
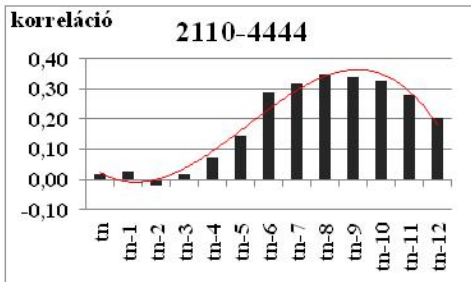
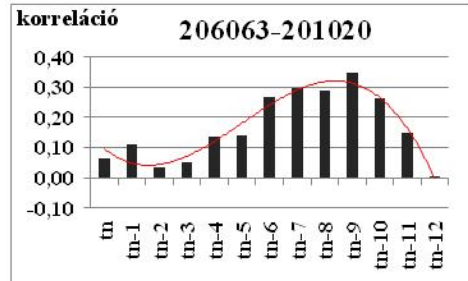
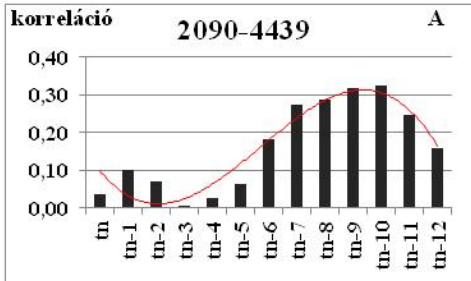
I/ 5. melléklet Egy mélyebb belvízfolt környezetéből gyűjtött talajminták szemcseösszetéti diagramjai (Rétköz)

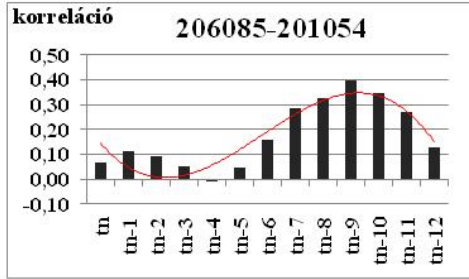
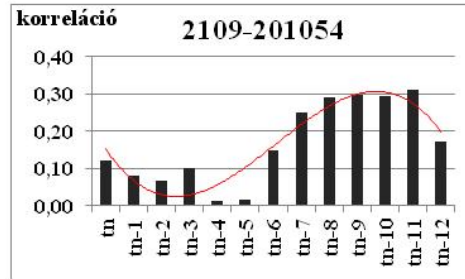
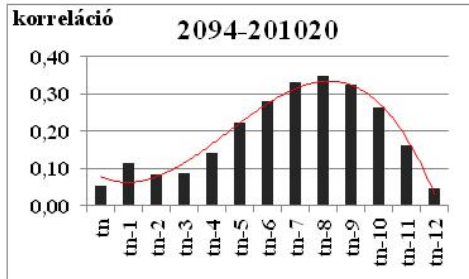
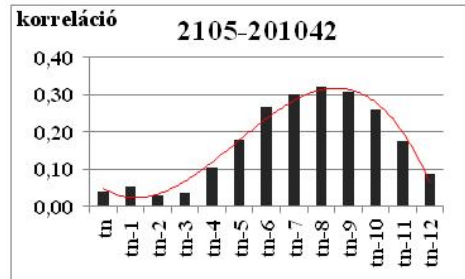
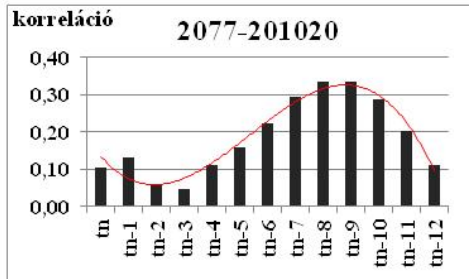


I/ 6. melléklet A Rétközben egy elhagyott mederben mélyített fúrás szemcseösszetételi diagramja

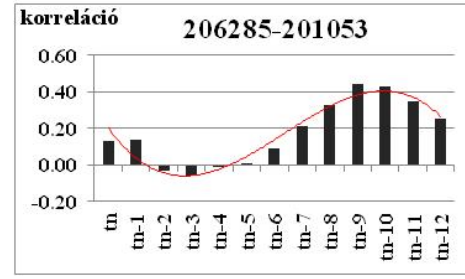
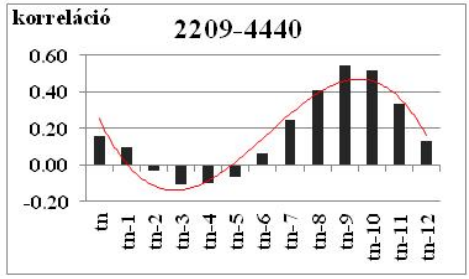
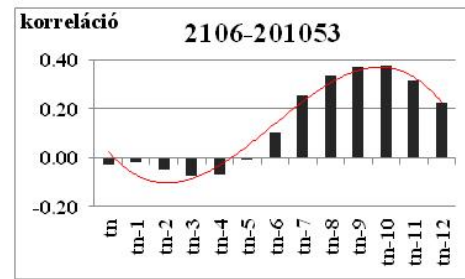
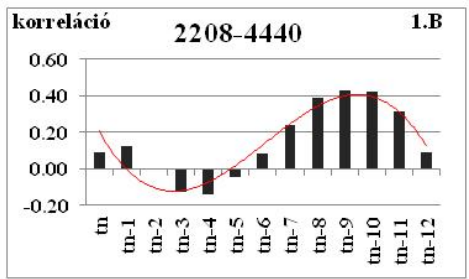


**II. melléklet A talajvíz és a csapadék kapcsolata a Szolnok–Túri-síkon**  
 1.A csoport

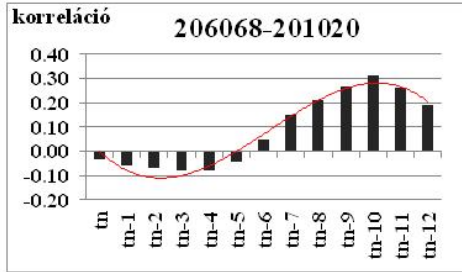
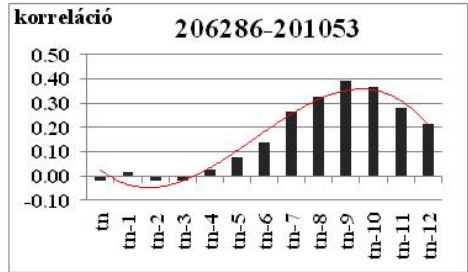
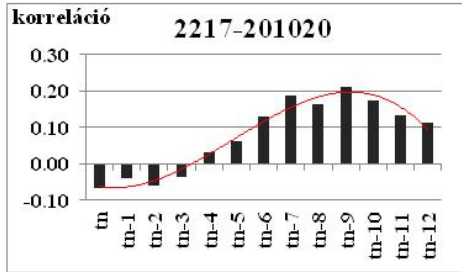
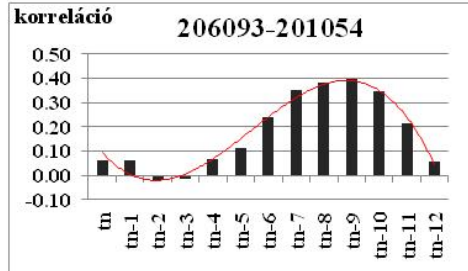
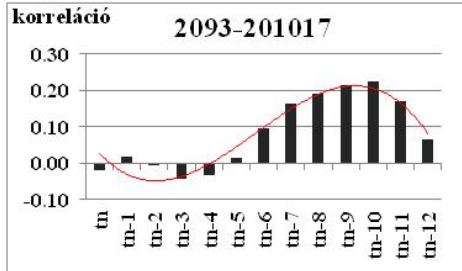




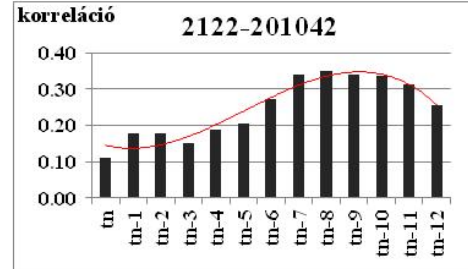
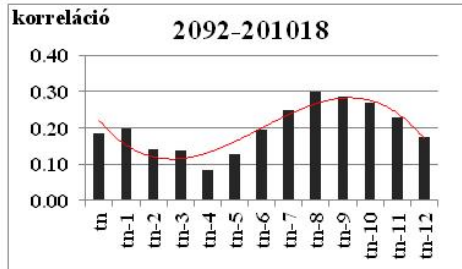
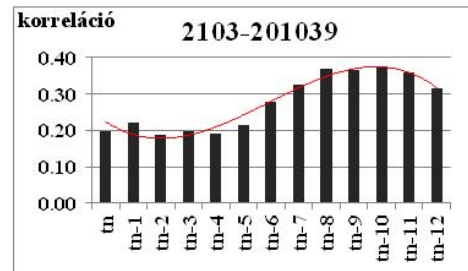
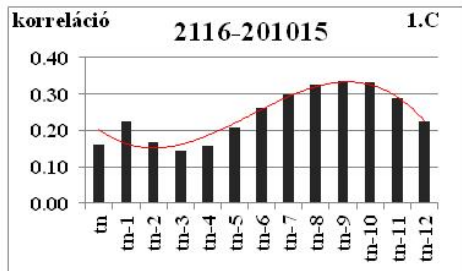
1.B csoport

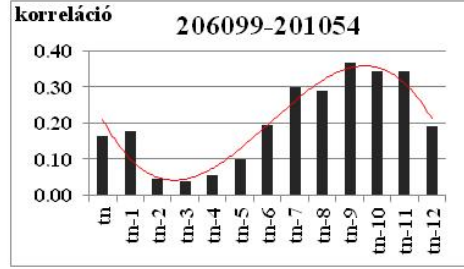
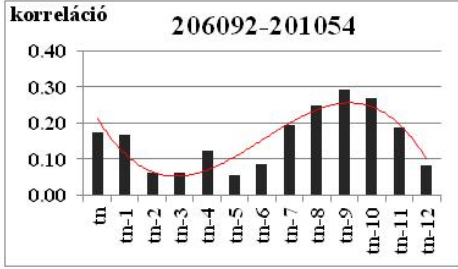
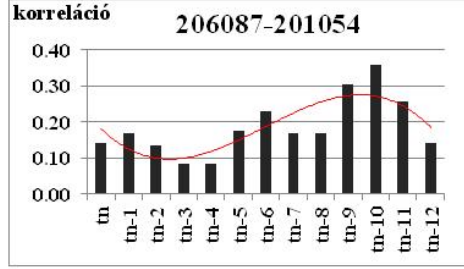
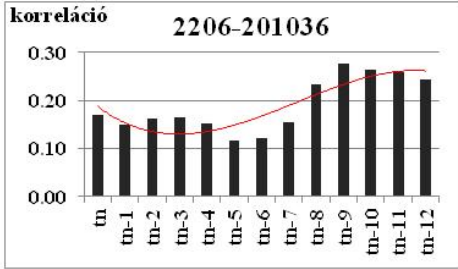
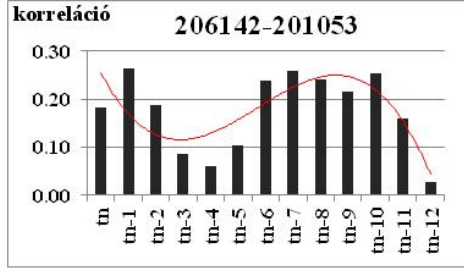
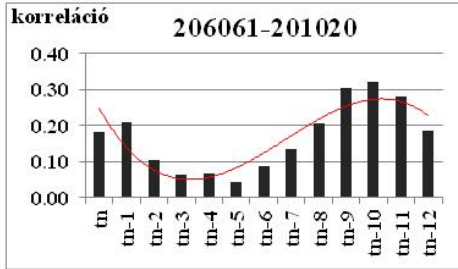
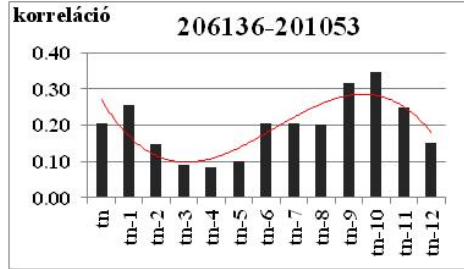
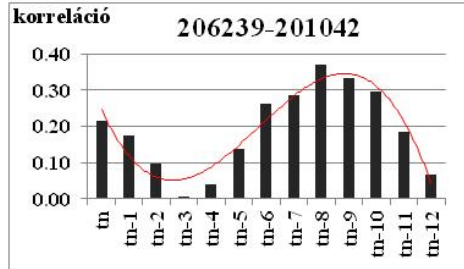
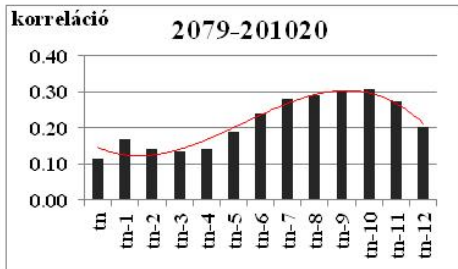


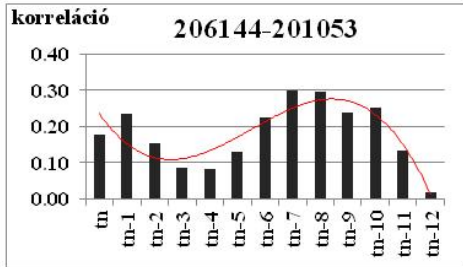
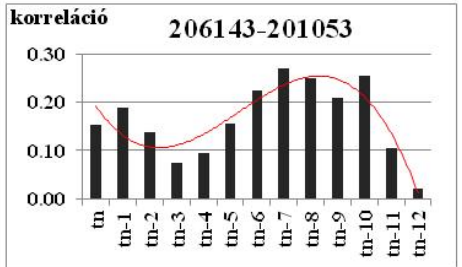
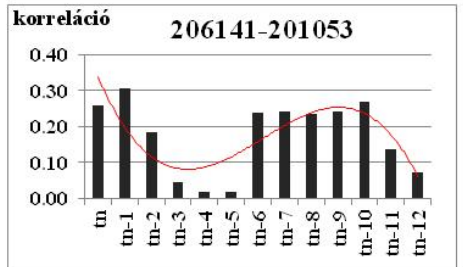
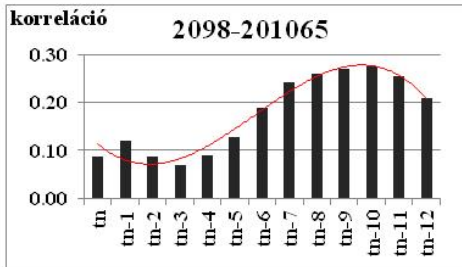
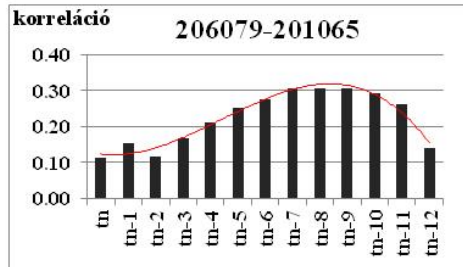
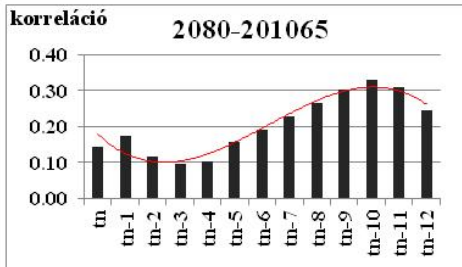
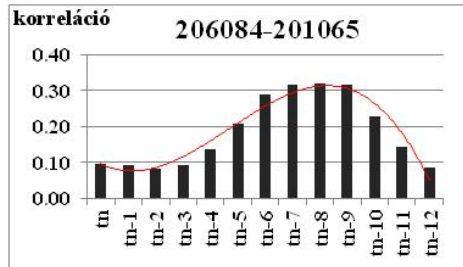
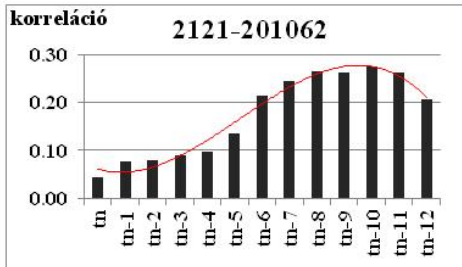
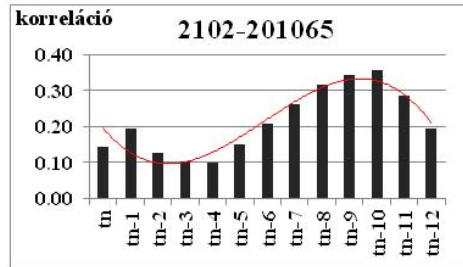
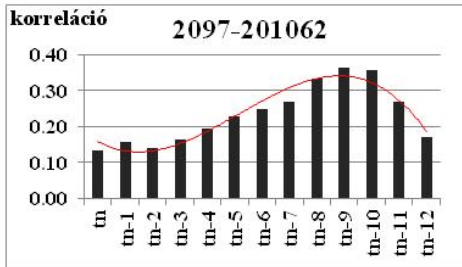


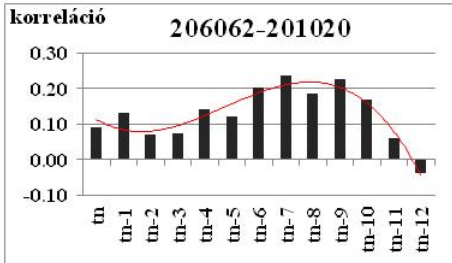
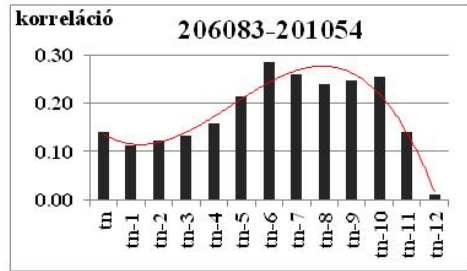
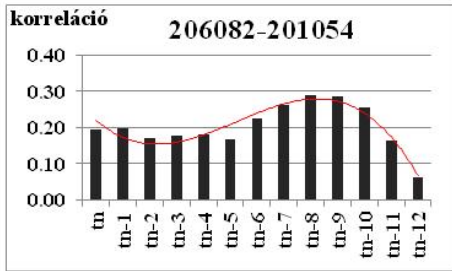


1.C csoport

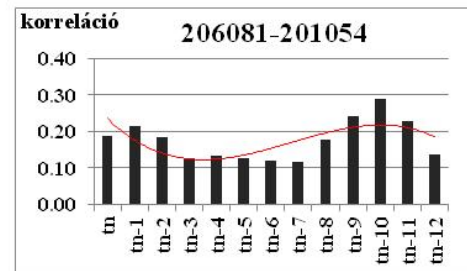
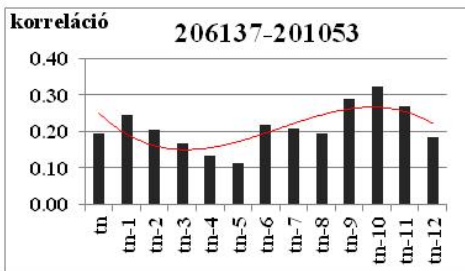
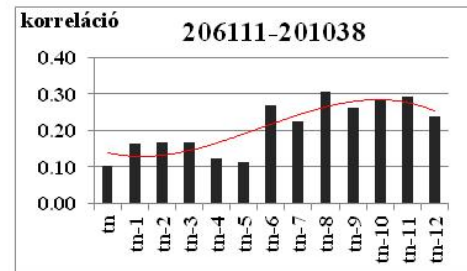
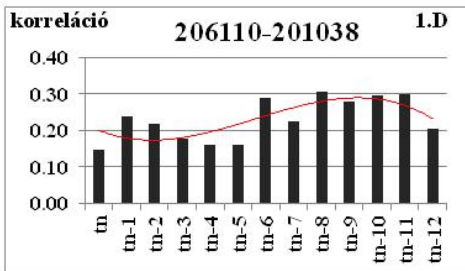




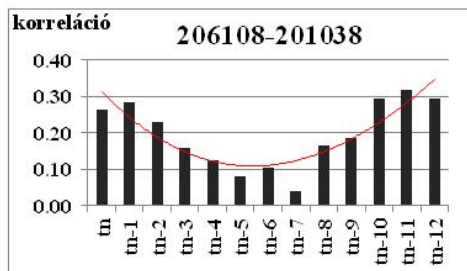
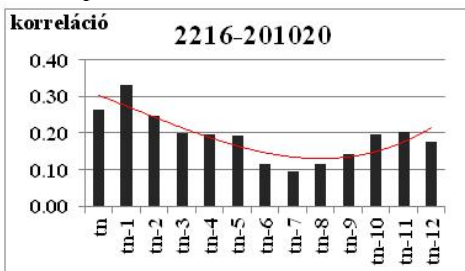


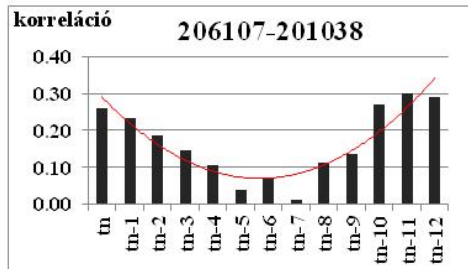
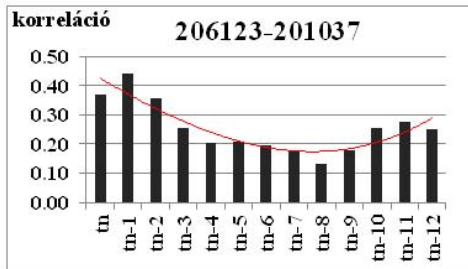
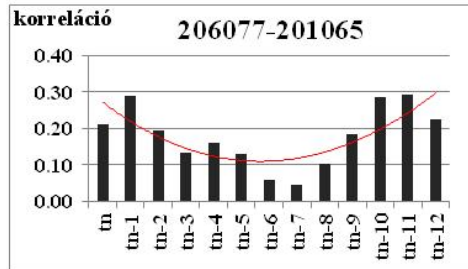
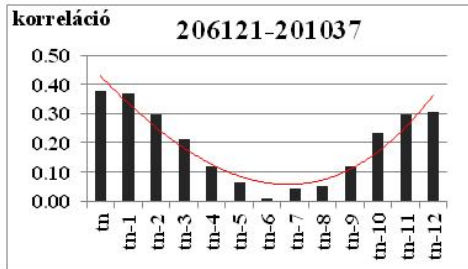
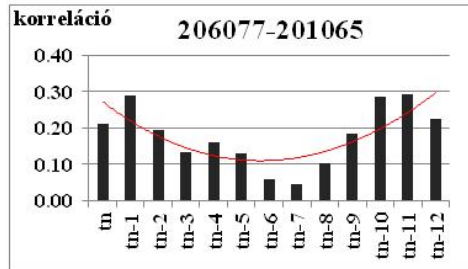
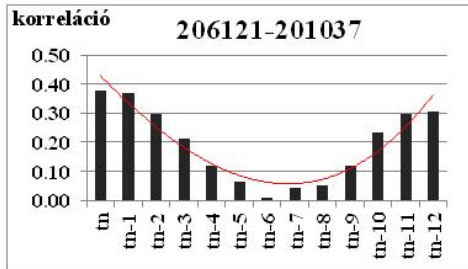
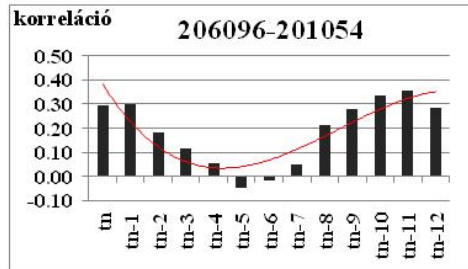
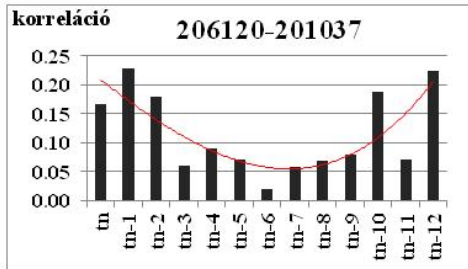


1.D csoport

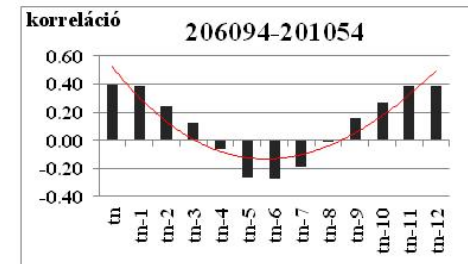
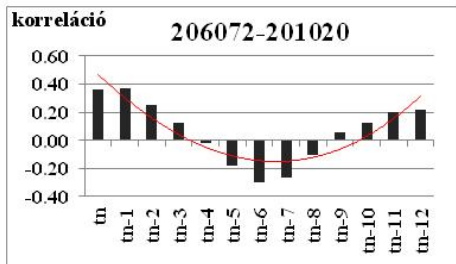


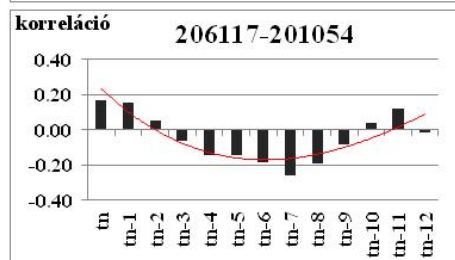
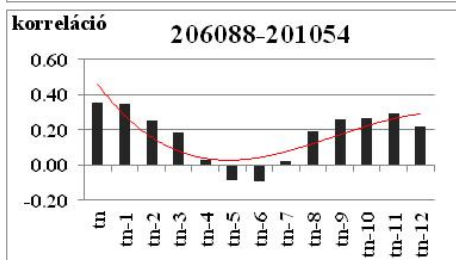
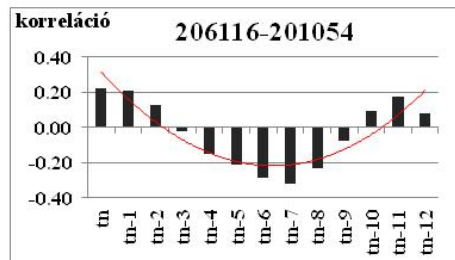
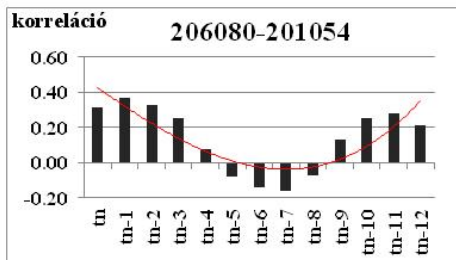
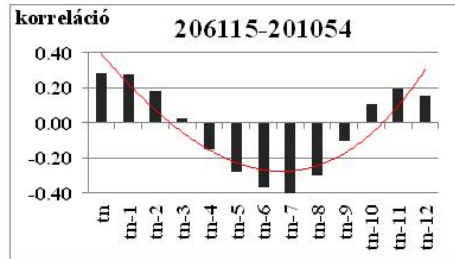
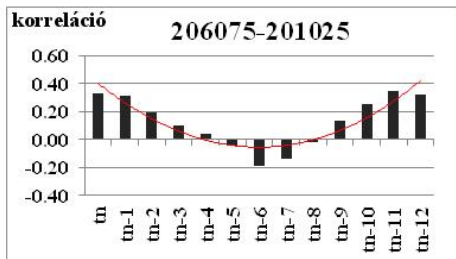
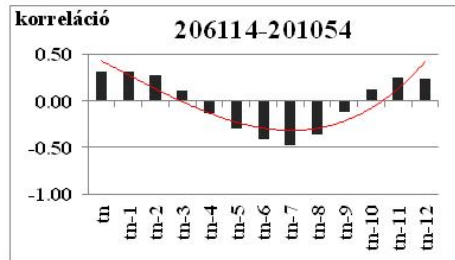
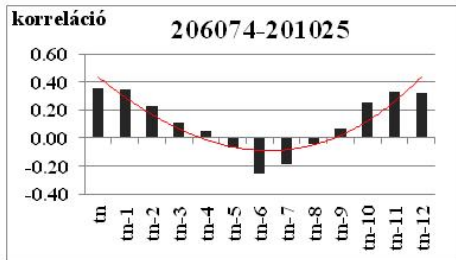
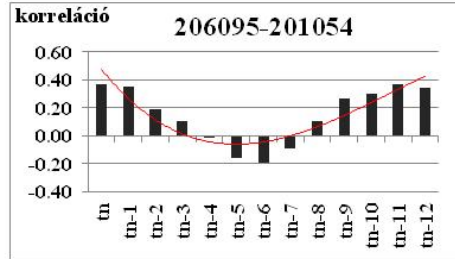
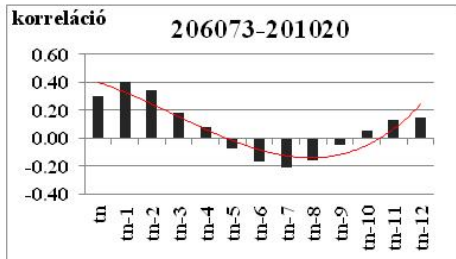
2.A csoport

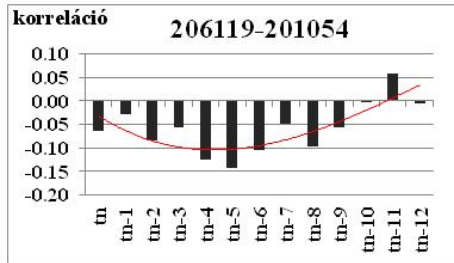




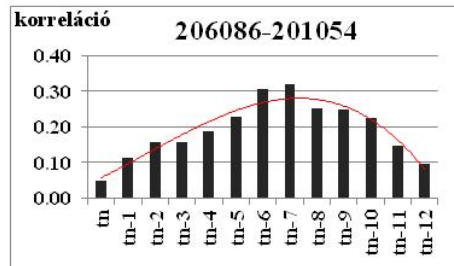
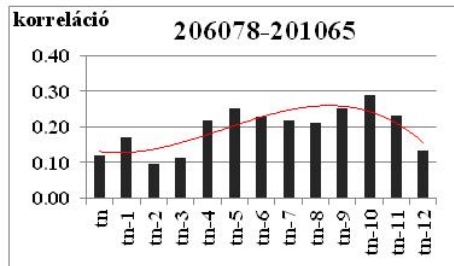
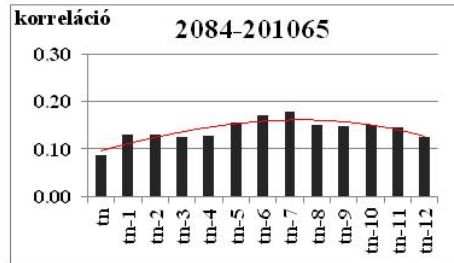
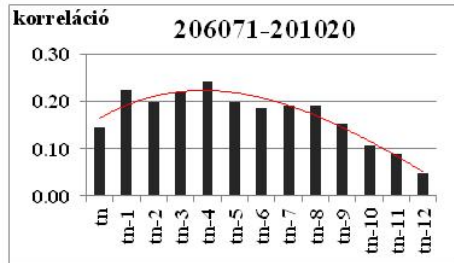
2.B csoport



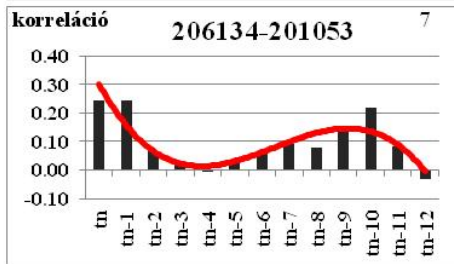
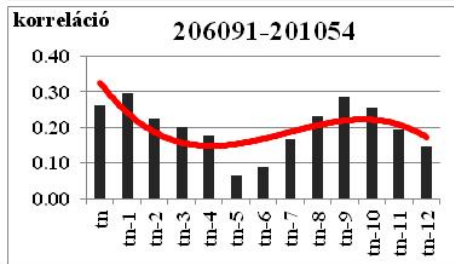
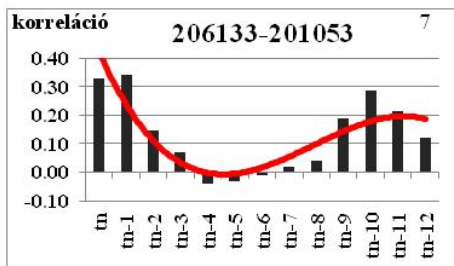
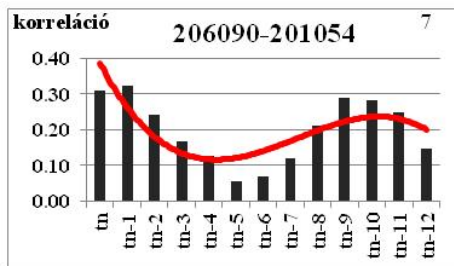


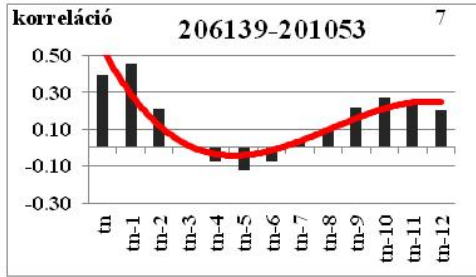
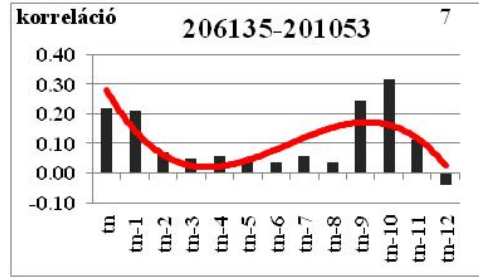
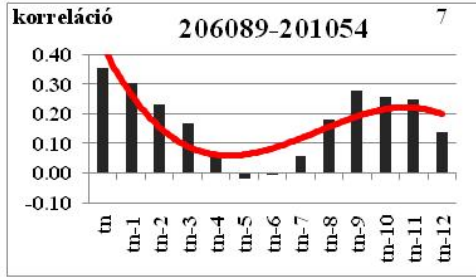


5.A csoport



7. csoport

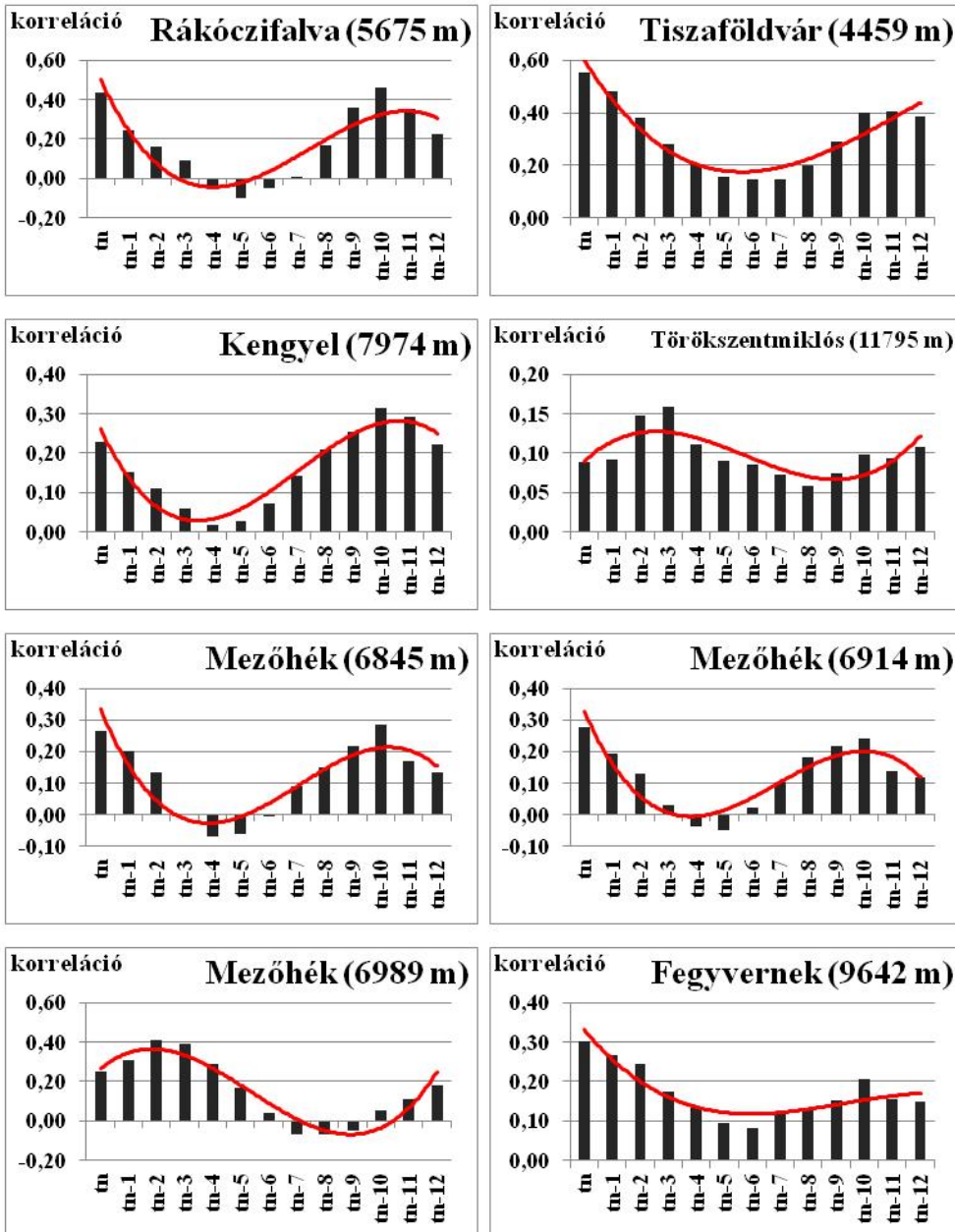


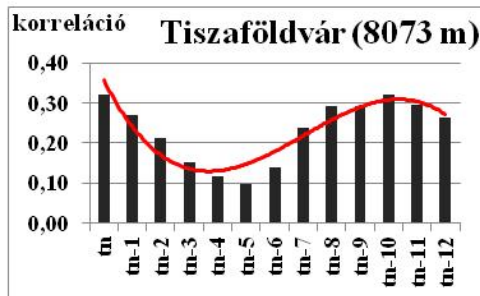
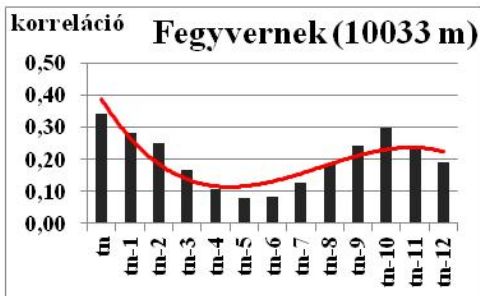
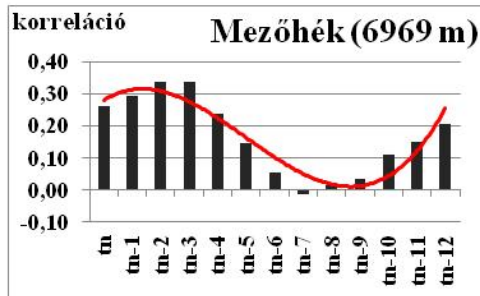
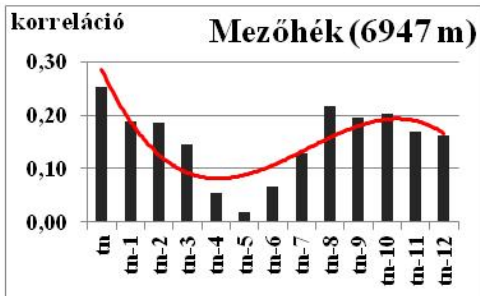
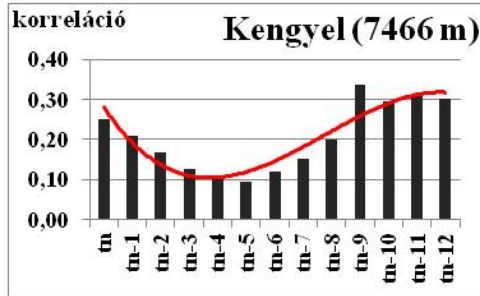
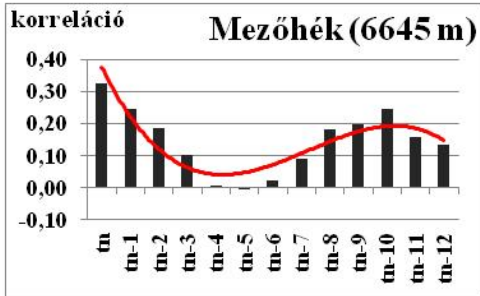
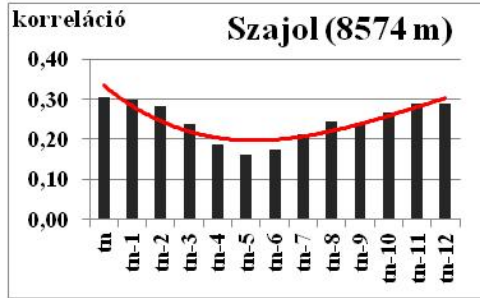
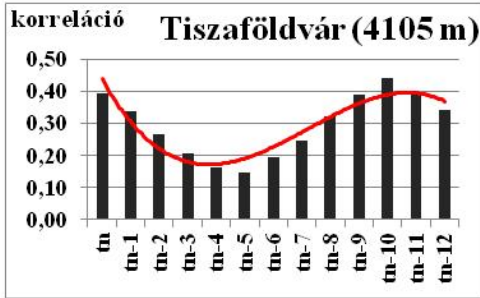


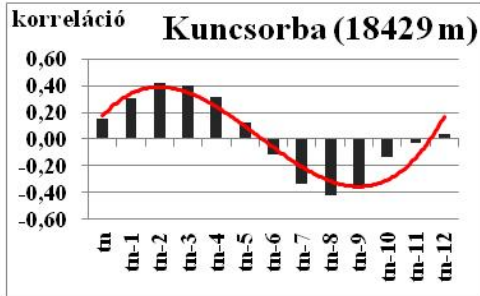
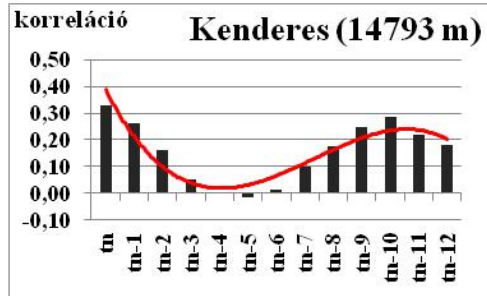
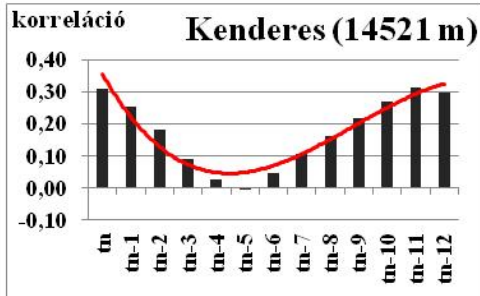
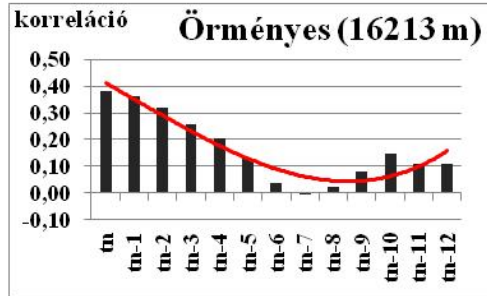
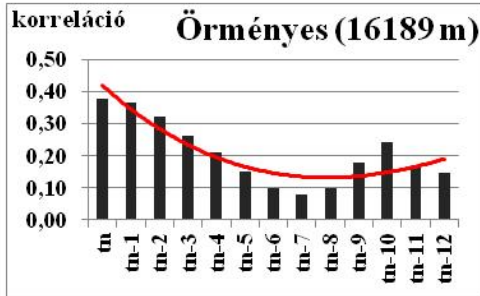
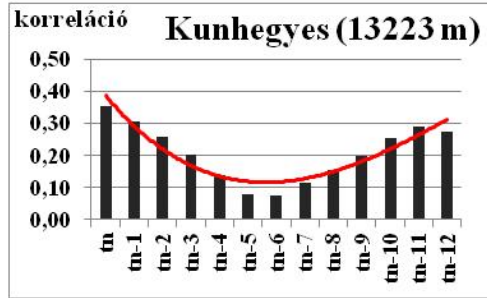
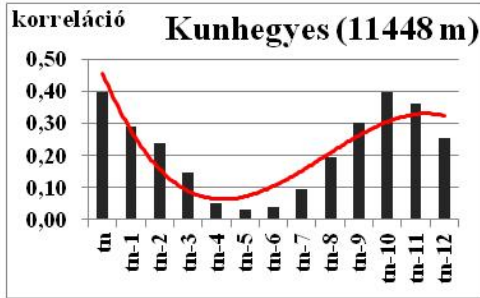


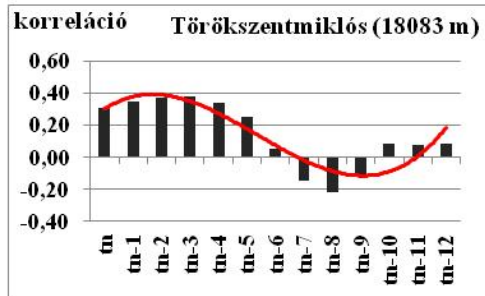
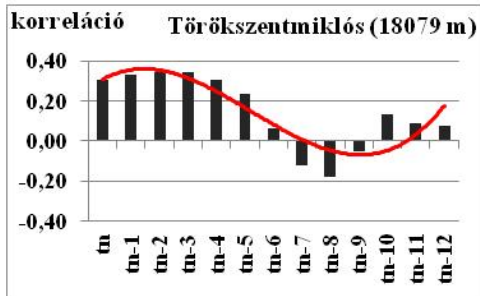
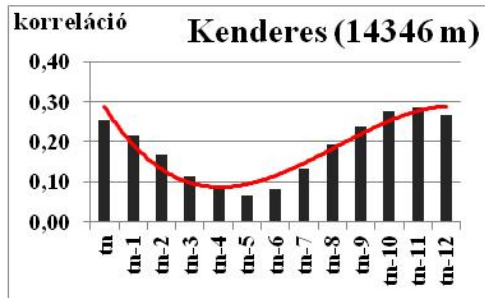
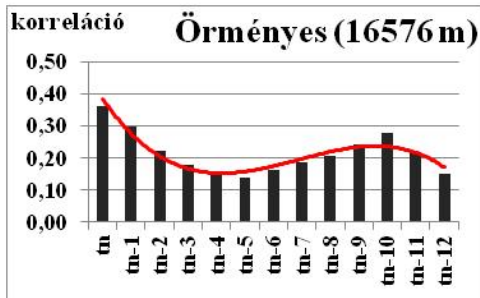
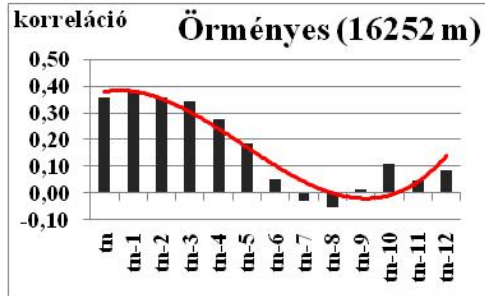
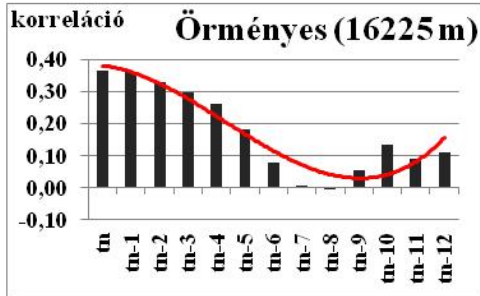
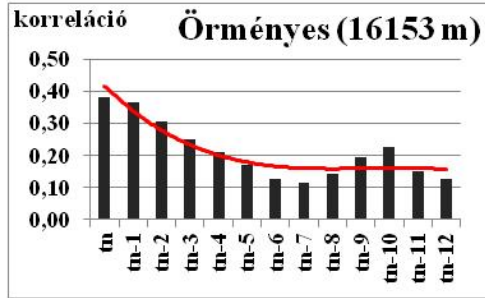
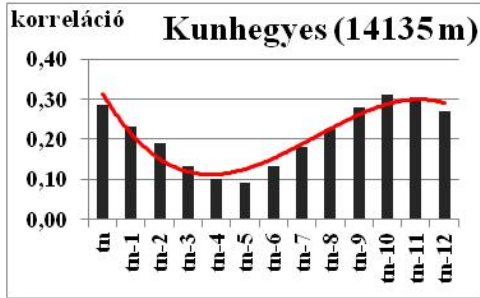
### III. melléklet A talajvízállás és a tiszai vízállás közötti korreláció a Szolnok–Túrisíkon

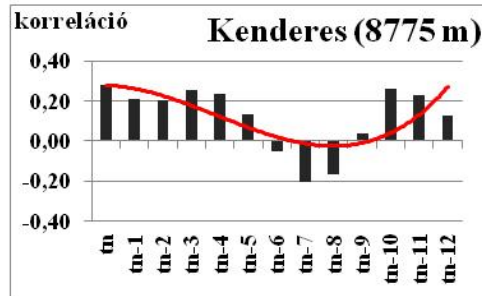
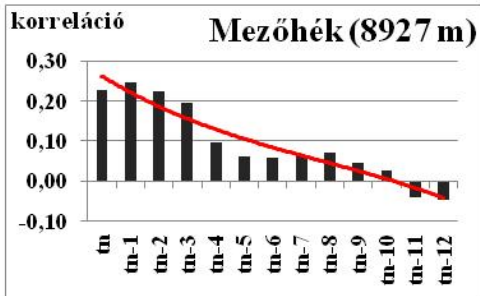
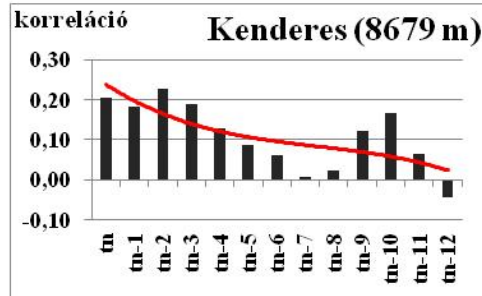
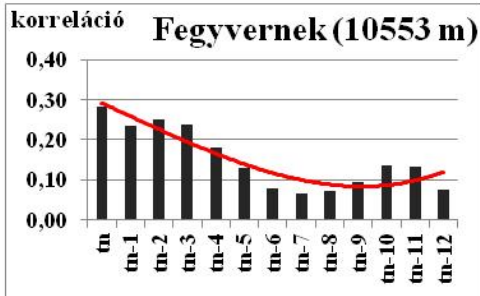
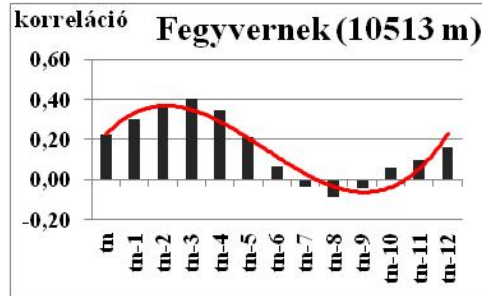
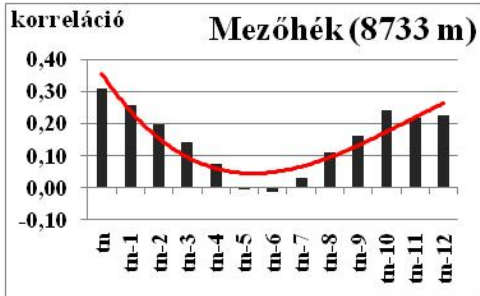
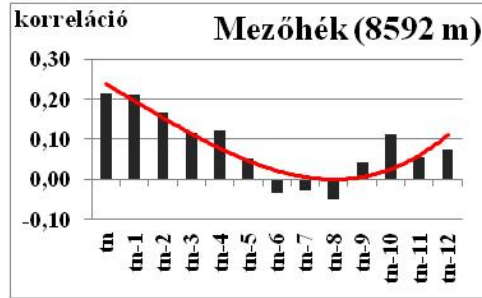
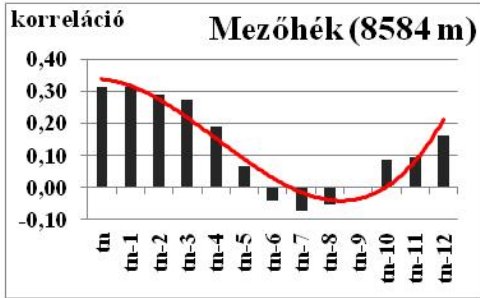
Diagramcím: talajvízszint észlelő kút neve és távolsága a legközelebbi tiszai vízmércétől méterben)

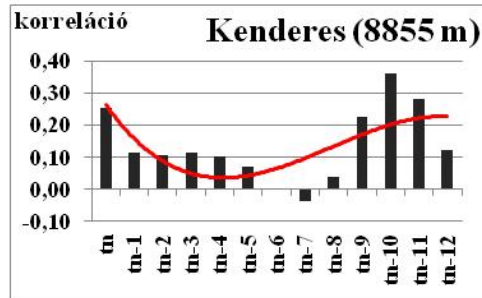
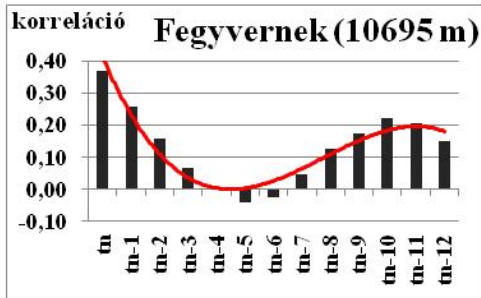
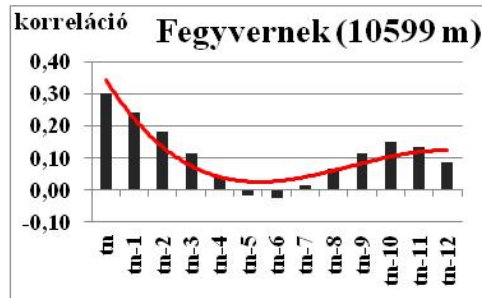
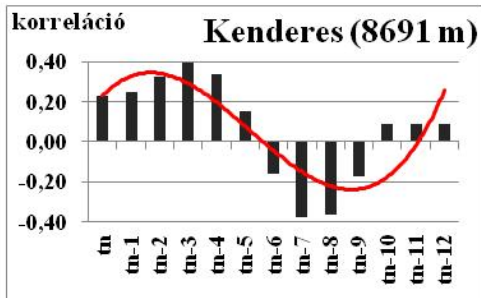
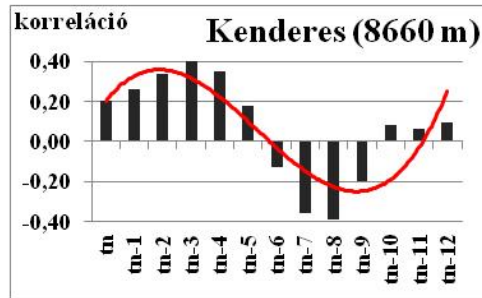
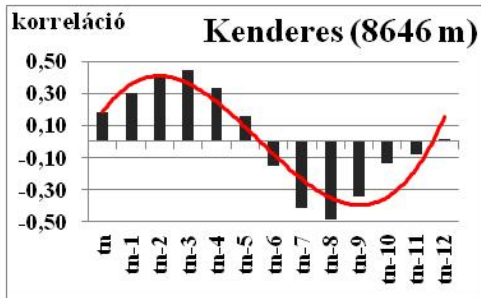
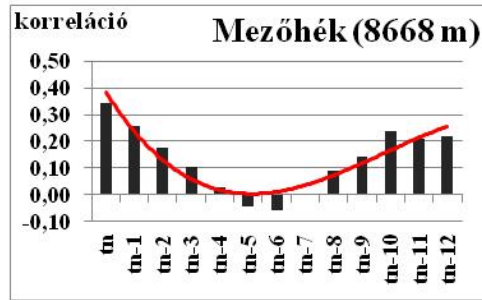


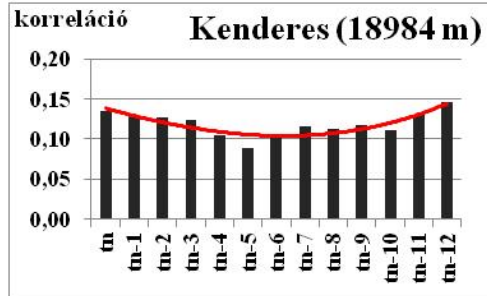
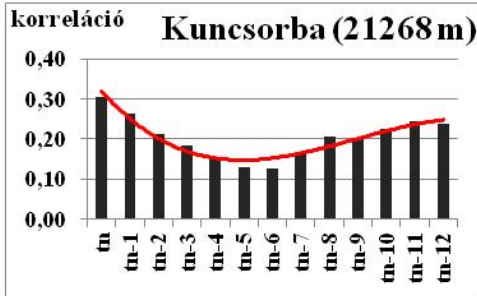
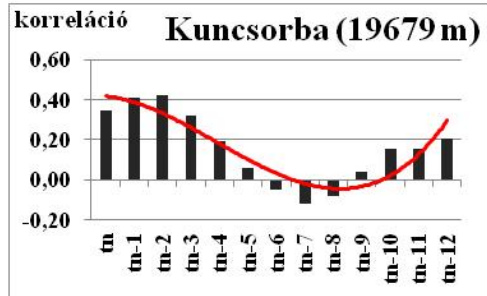
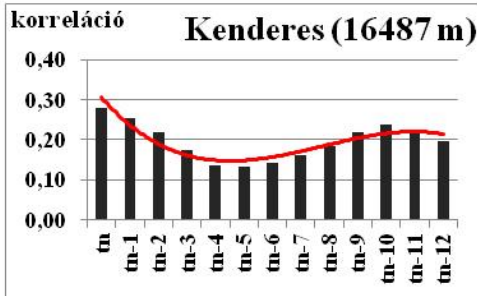
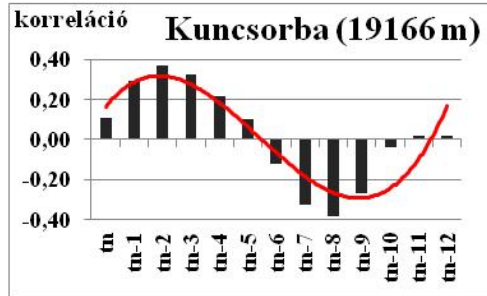
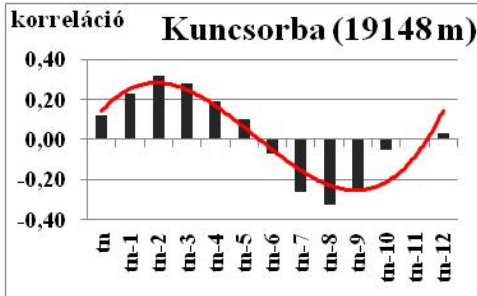
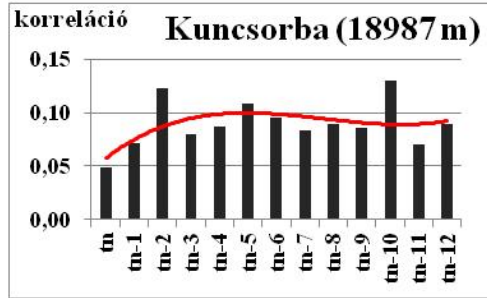


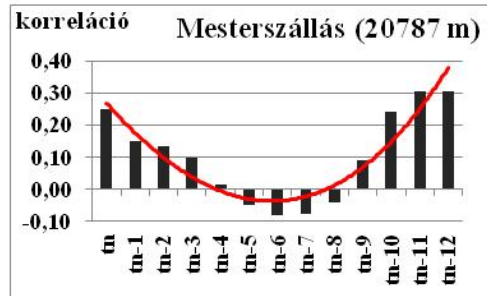
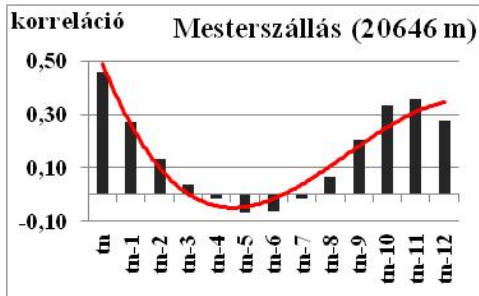
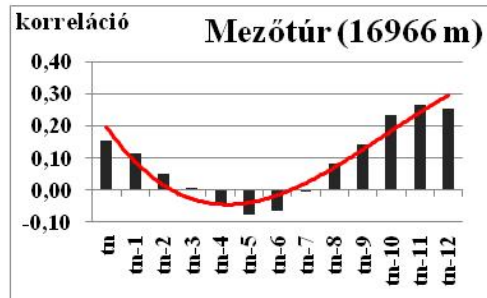
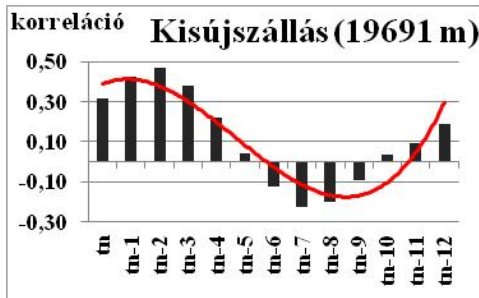
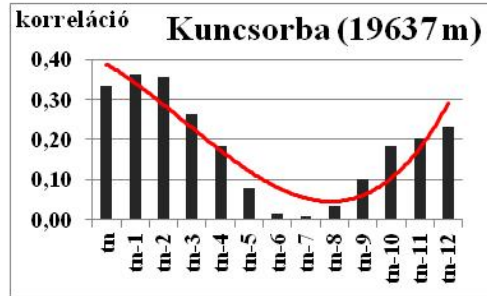
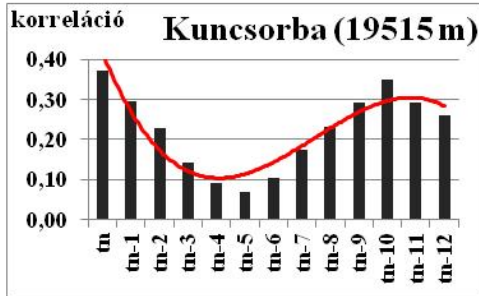
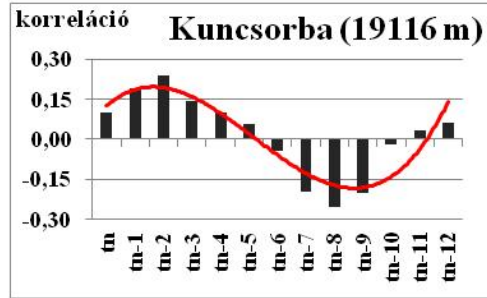
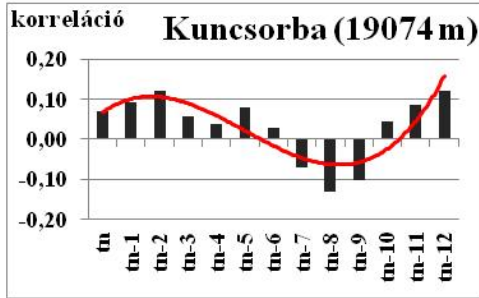




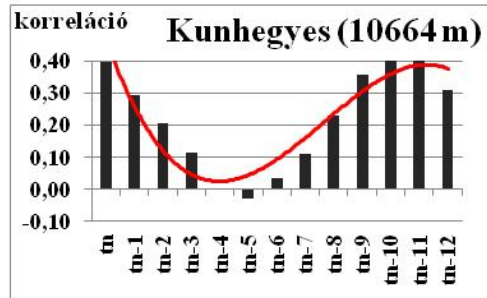
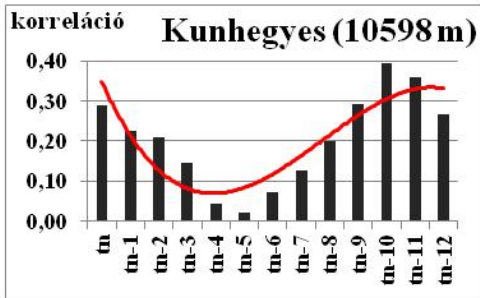
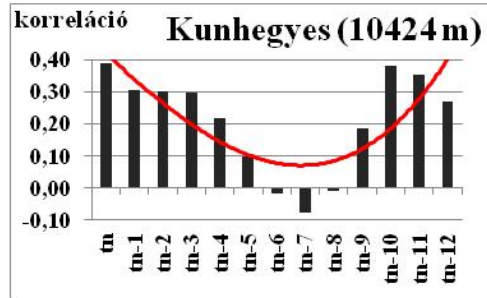
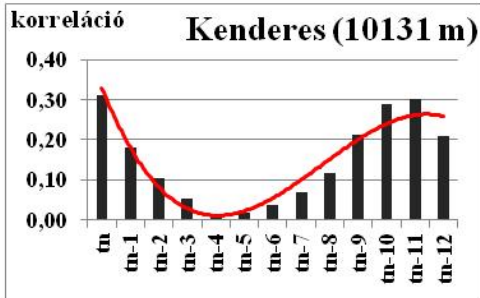
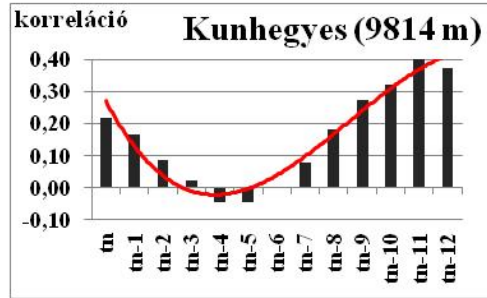
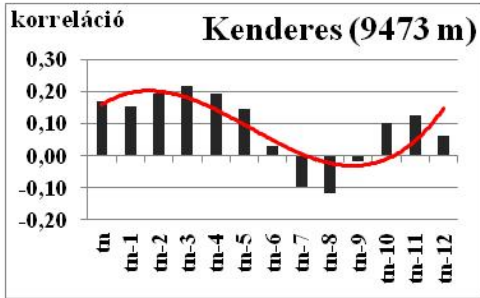
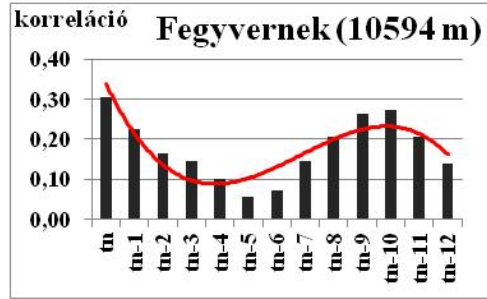
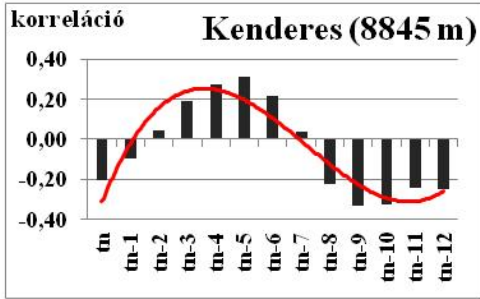


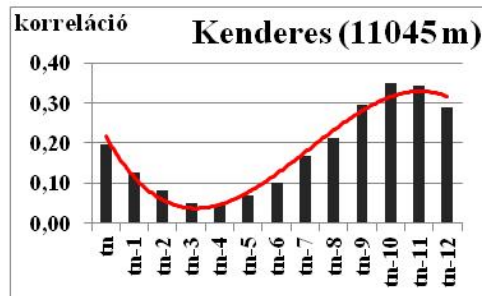
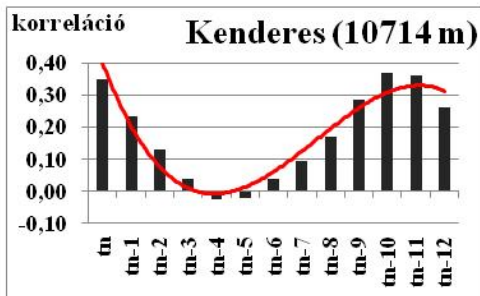
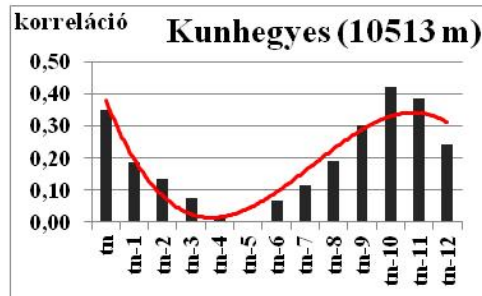
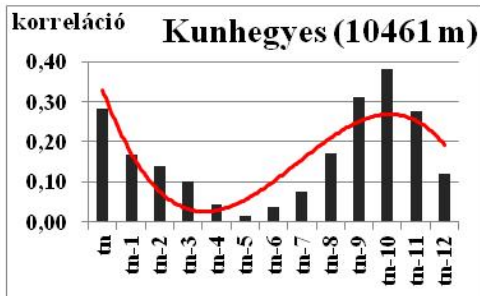
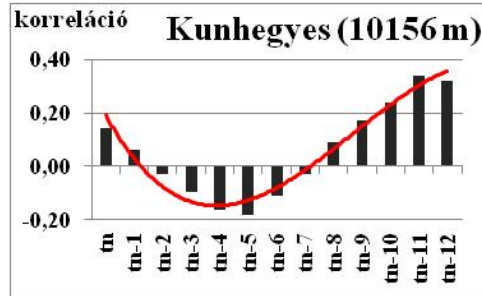
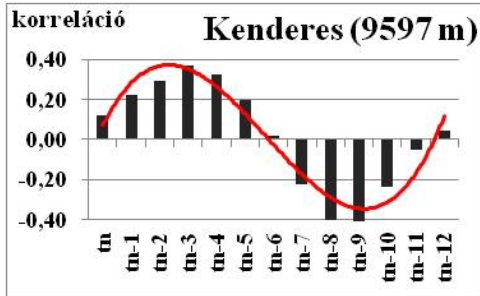
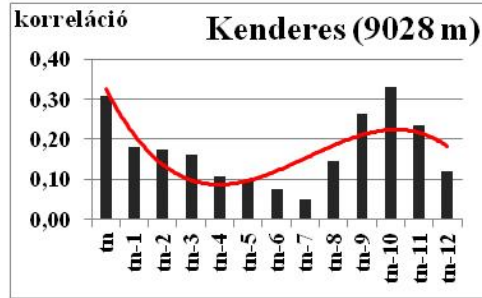


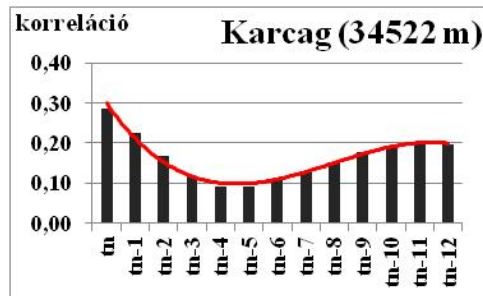
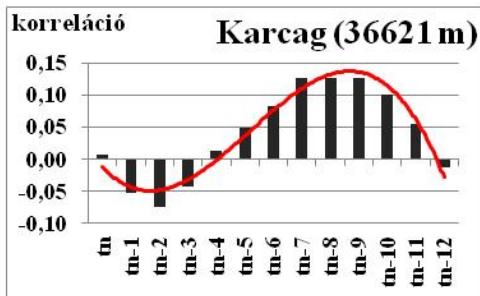
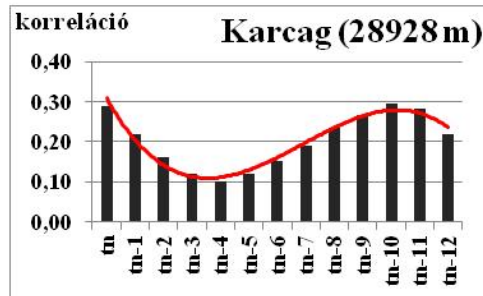
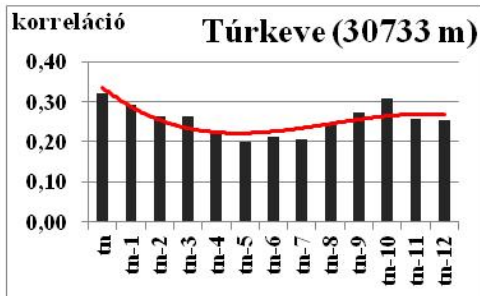
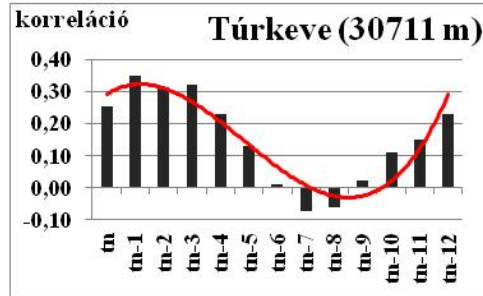
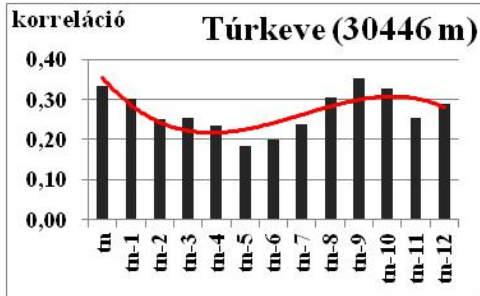
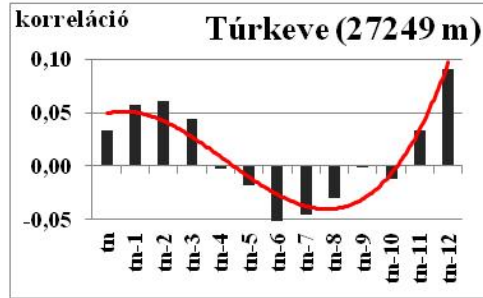


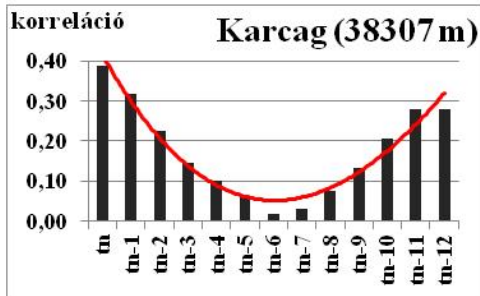
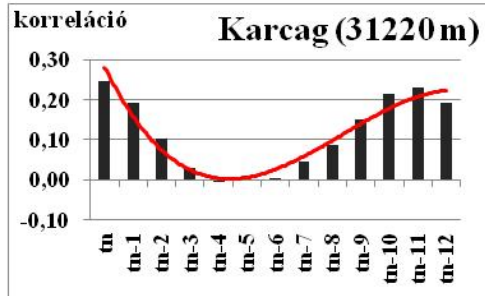
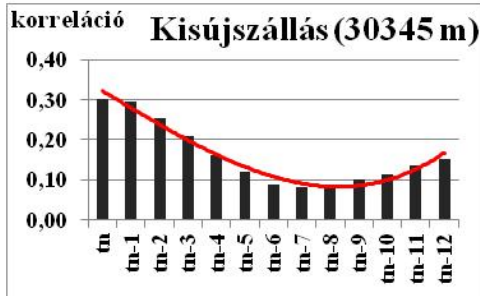
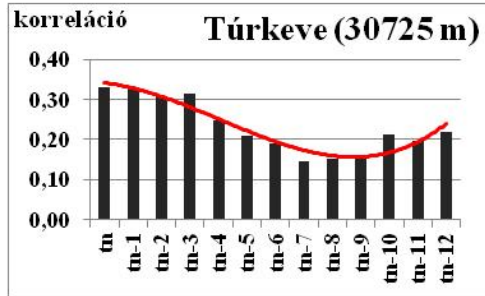
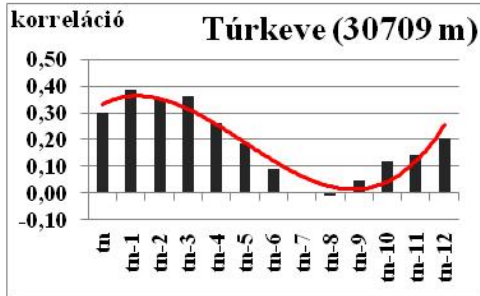
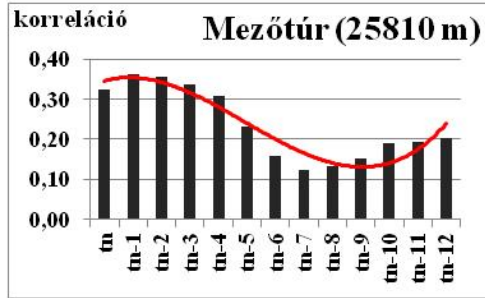
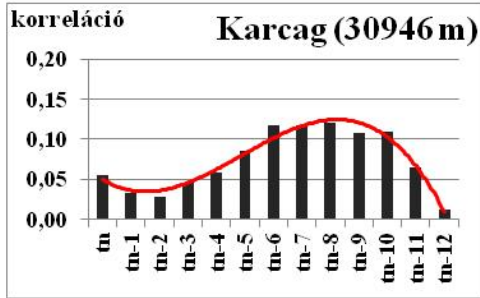




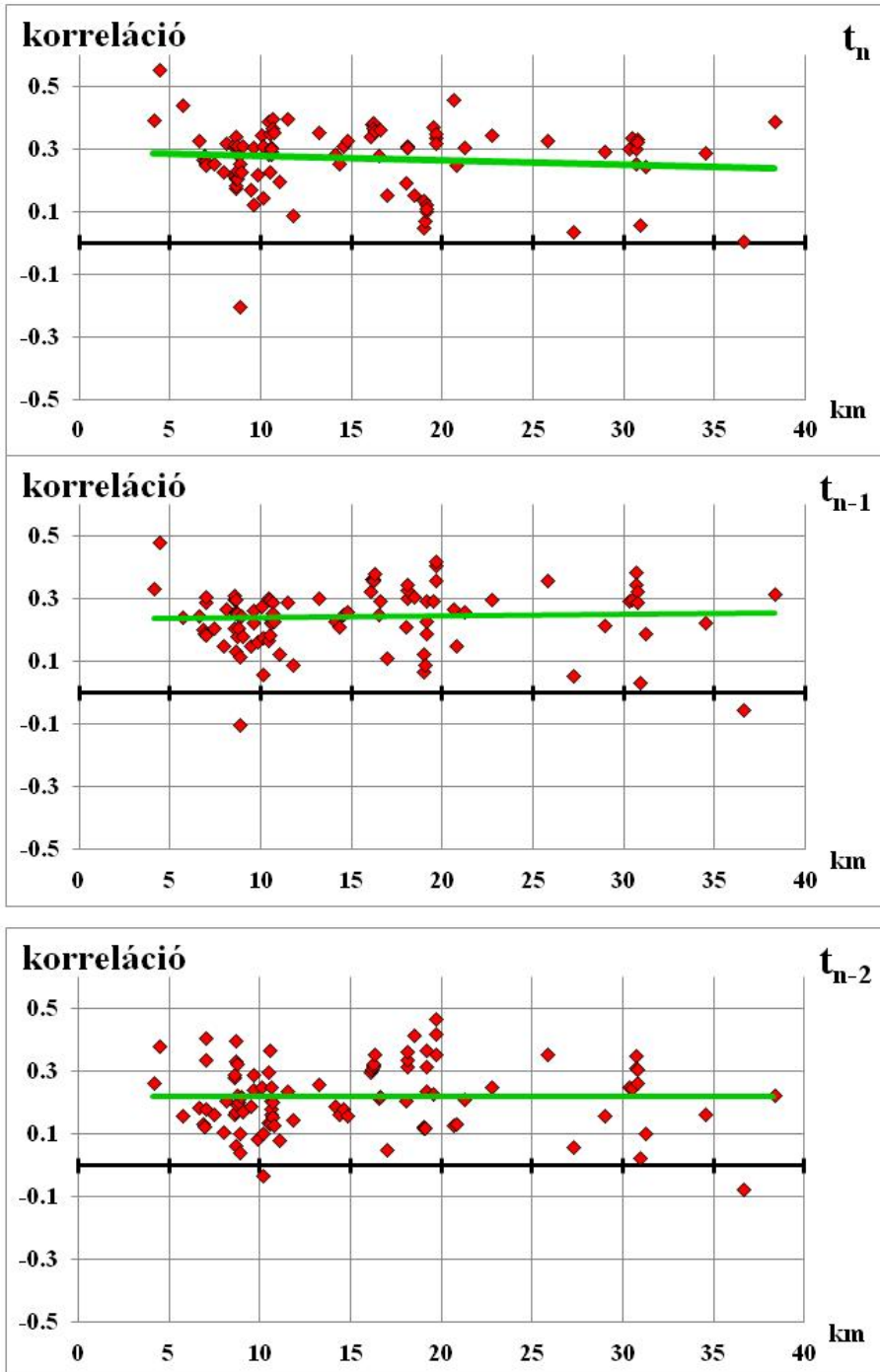


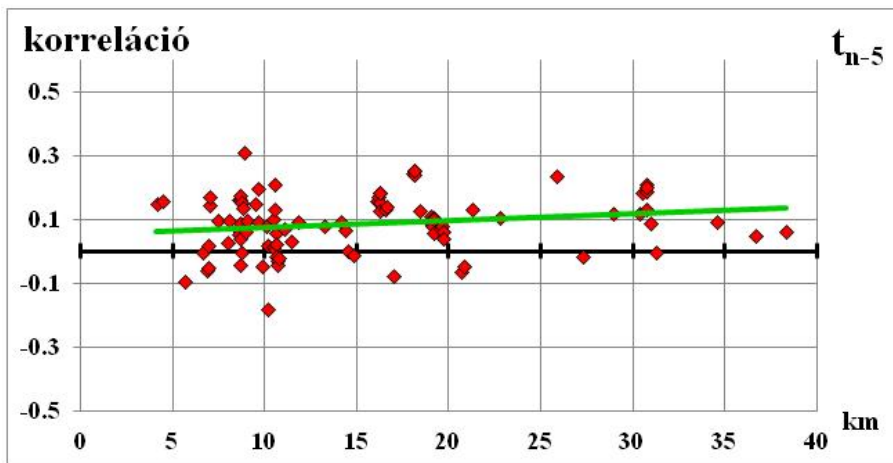
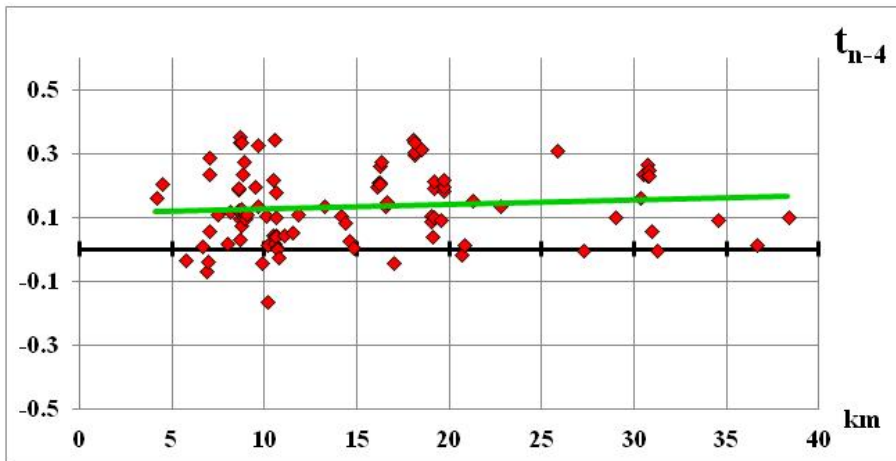
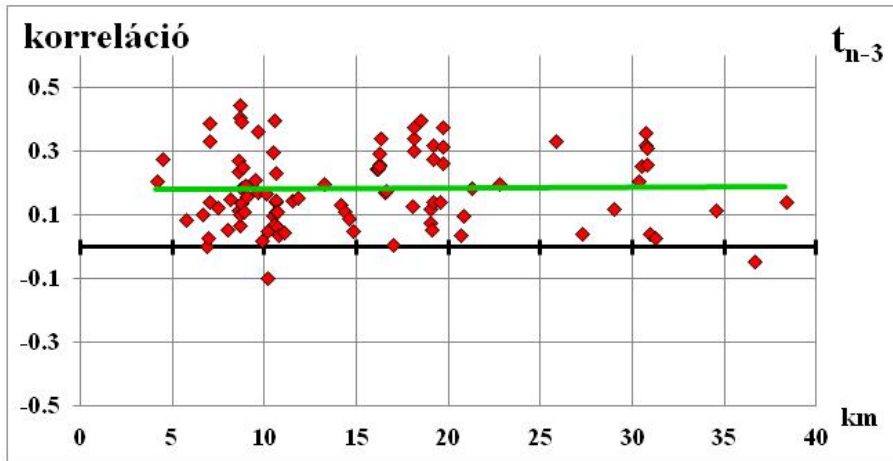


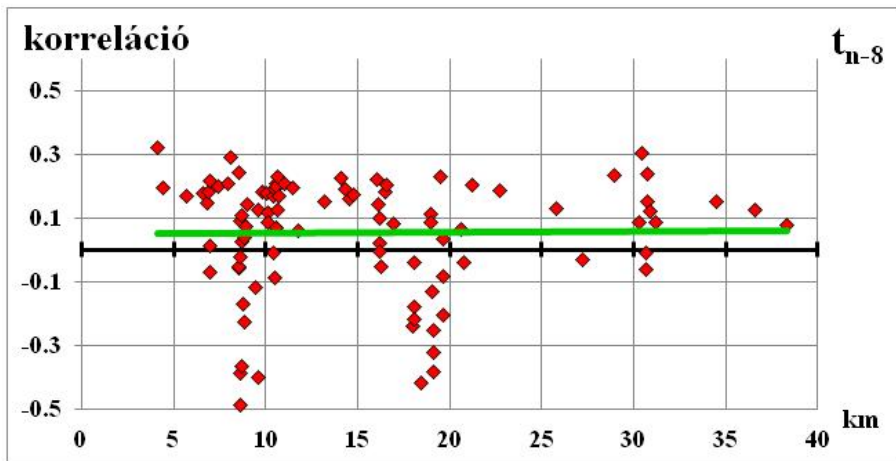
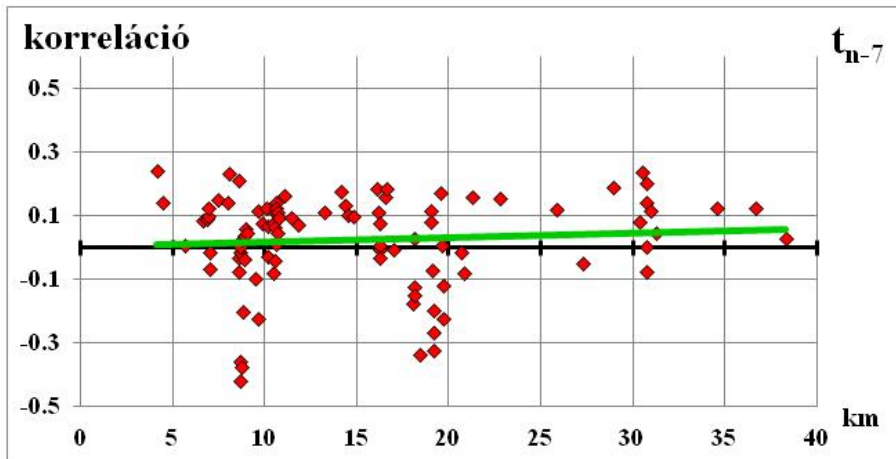
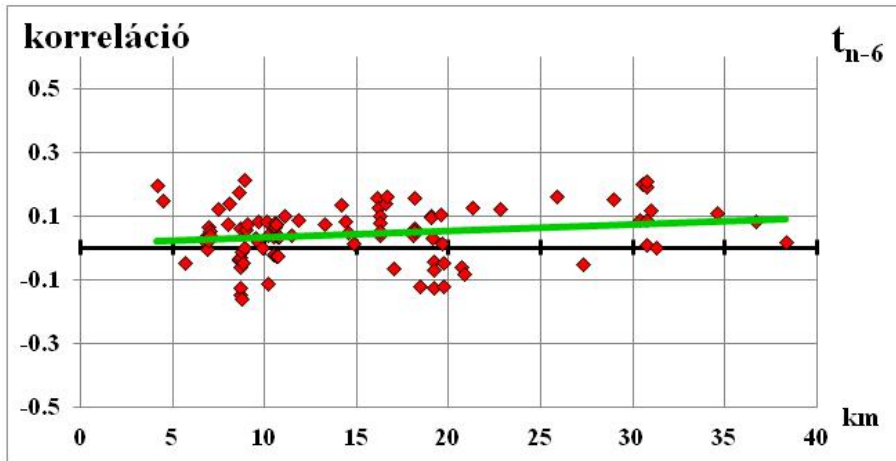


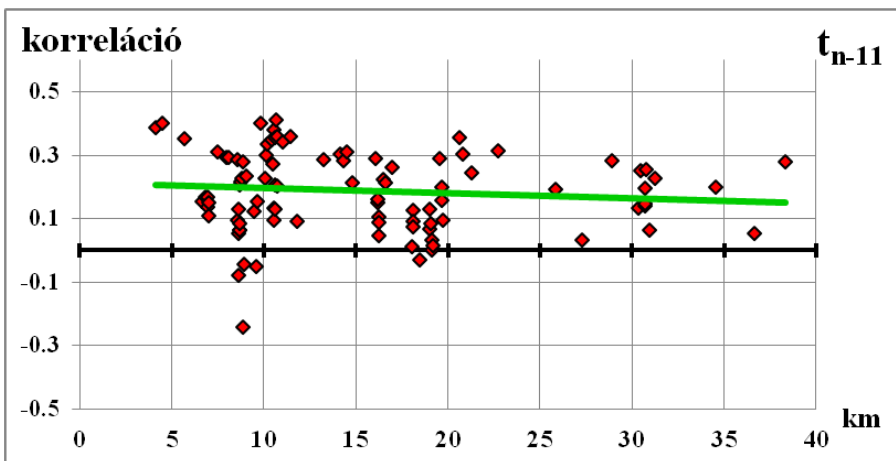
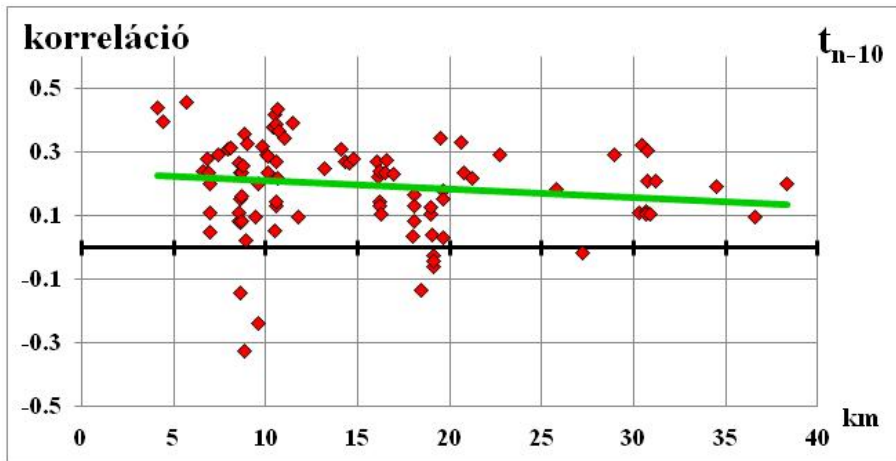
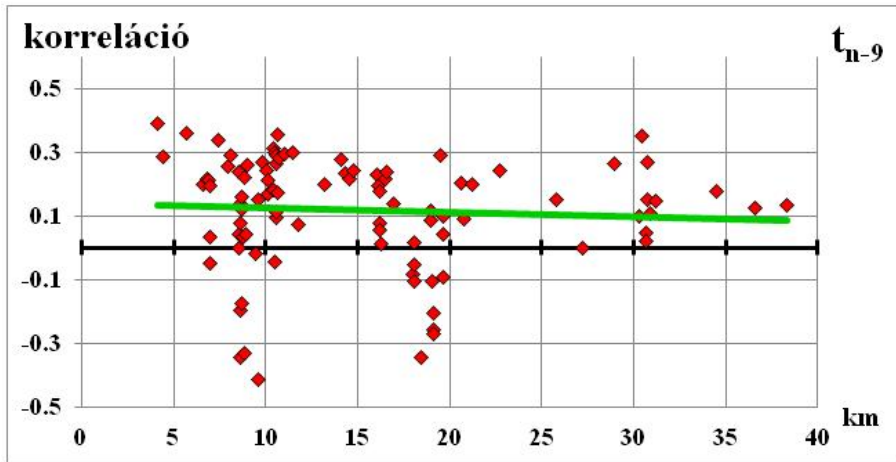


**IV. melléklet Korreláció a legközelebbi tiszai vízmércétől való távolság függvényében a Szolnok–Túri-síkon**

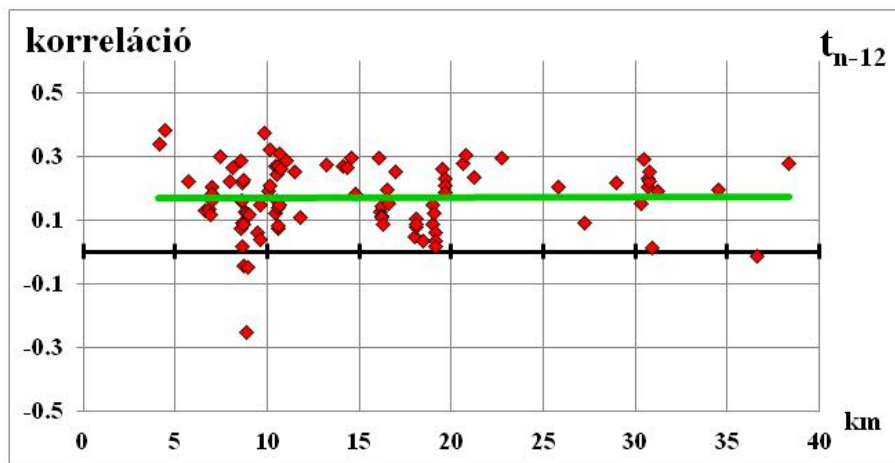








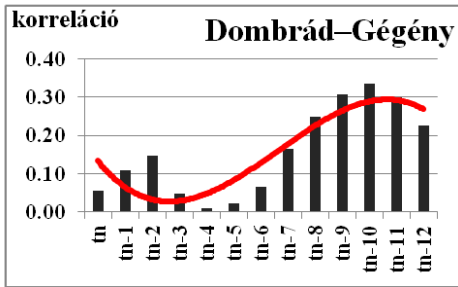




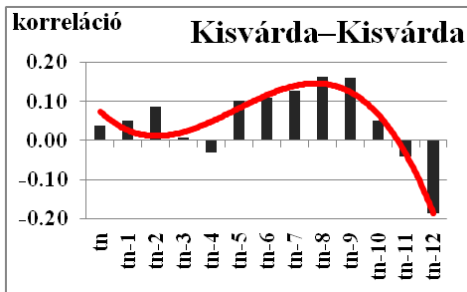
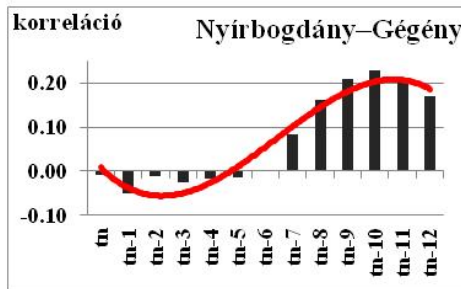
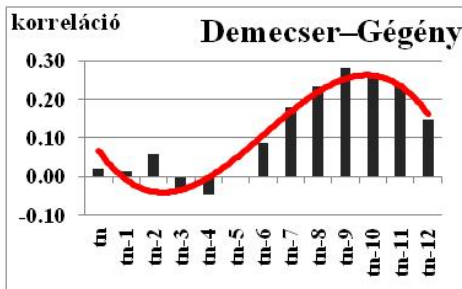
**V. melléklet A talajvíz és a csapadék kapcsolata a Rétközben**

Diagramcím: talajvízszint észlelő kút neve és a legközelebbi csapadékmérő állomás neve

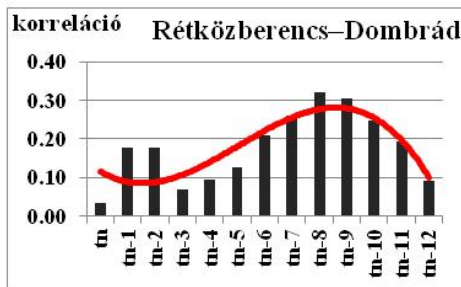
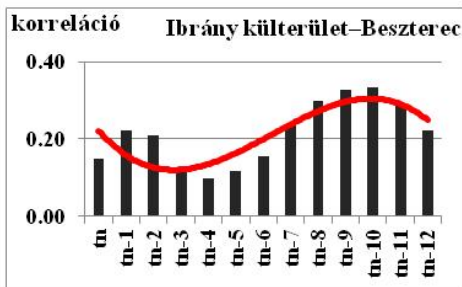
*1.A csoport*

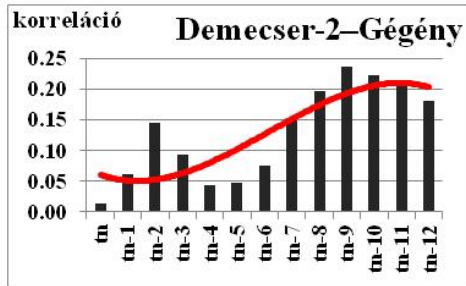


*1.B csoport*

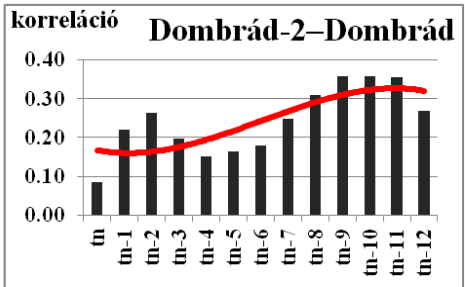
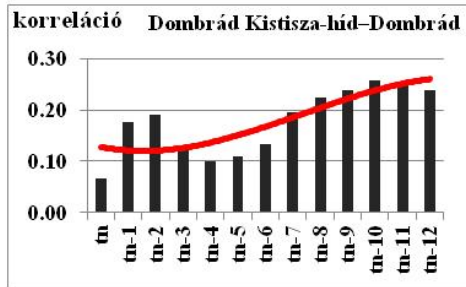
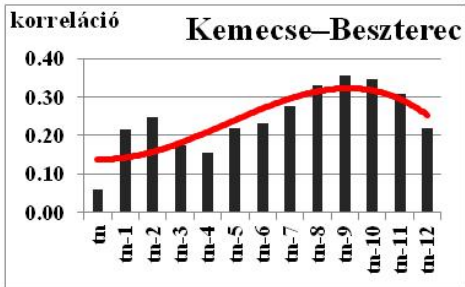


*1.C csoport*





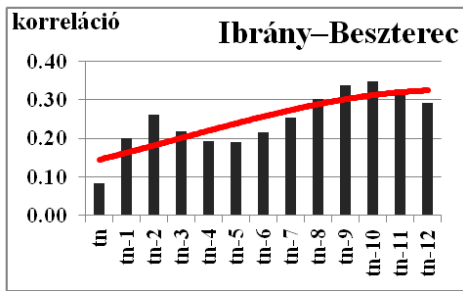
1.D csoport



2.A csoport

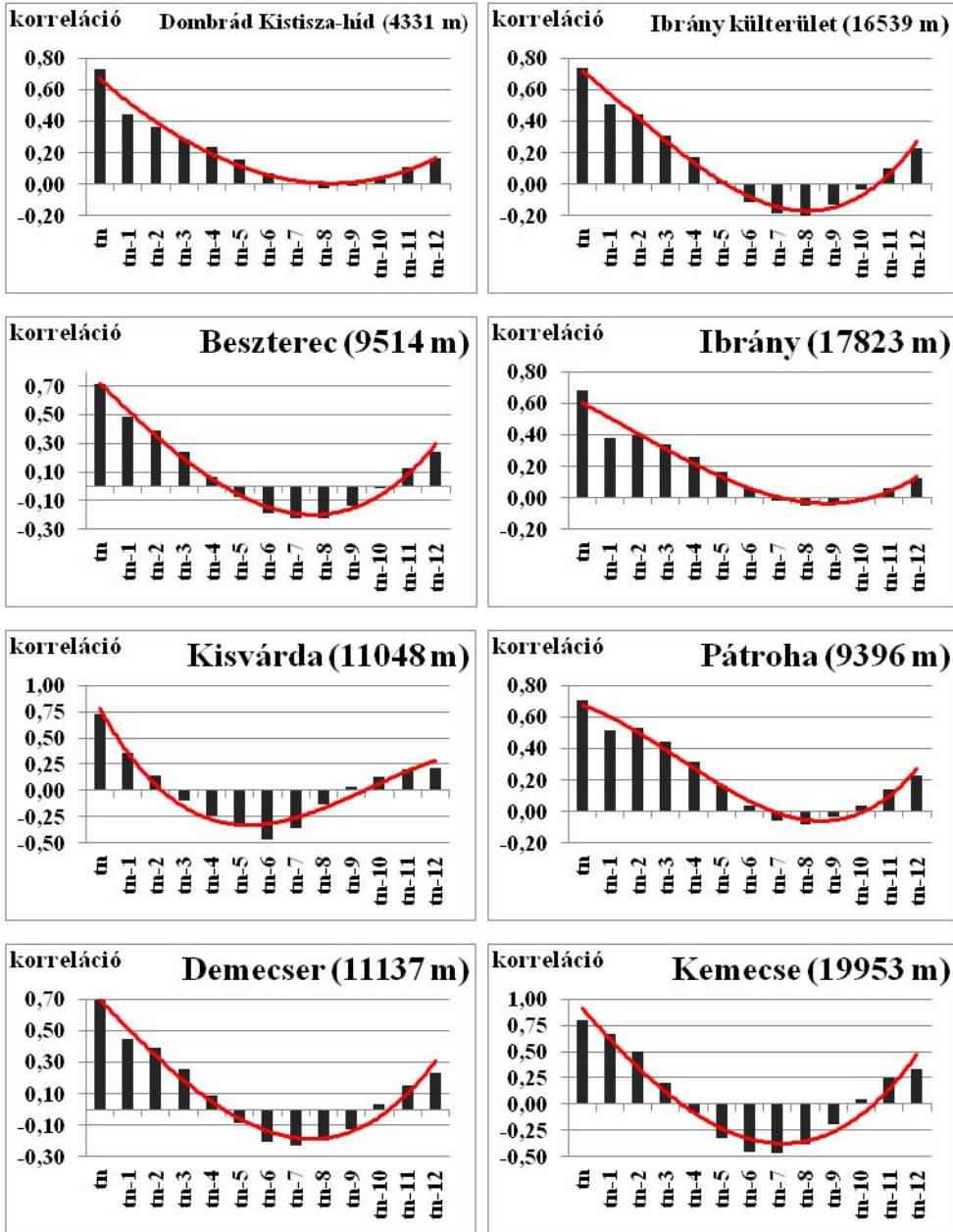


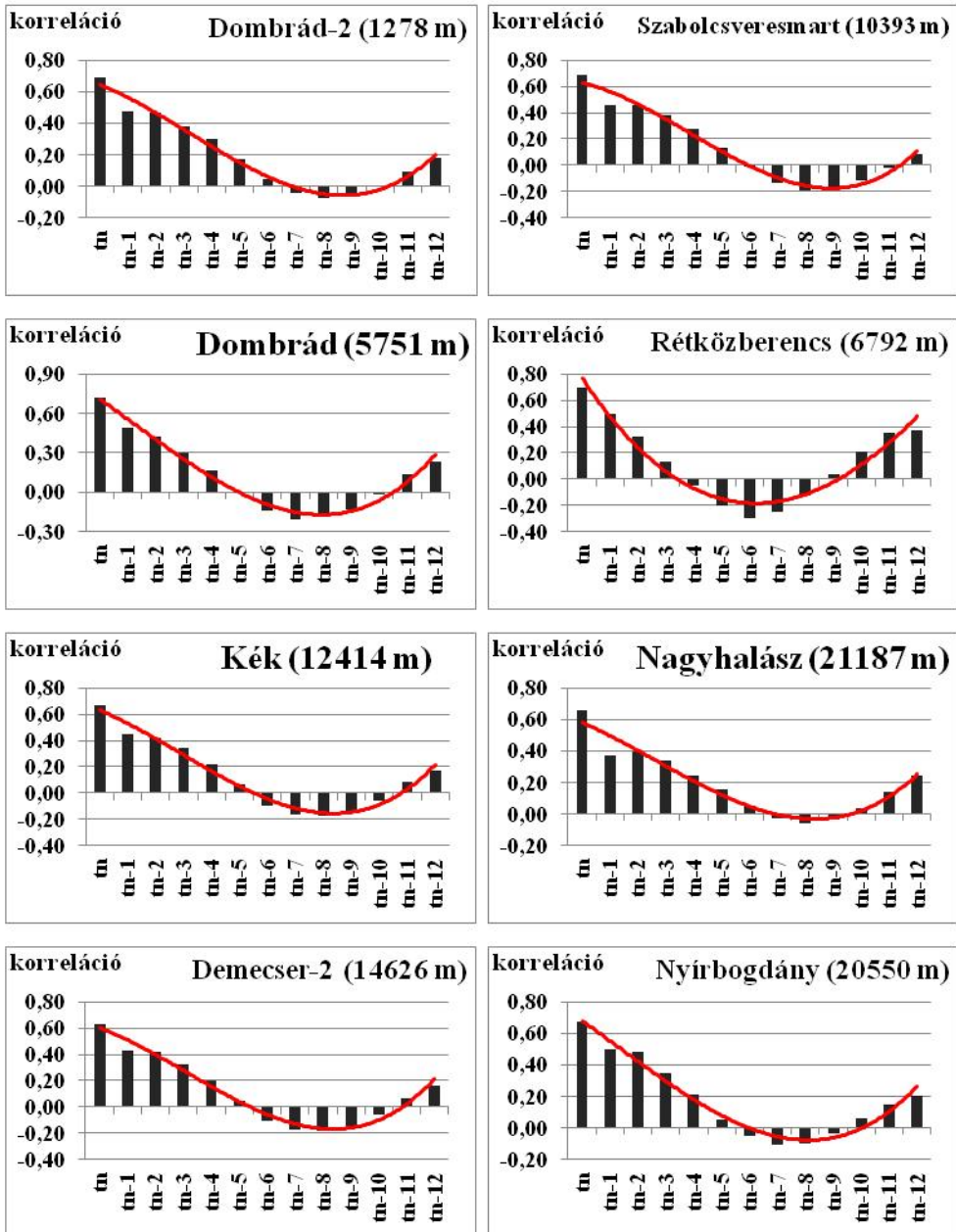
6.csoport



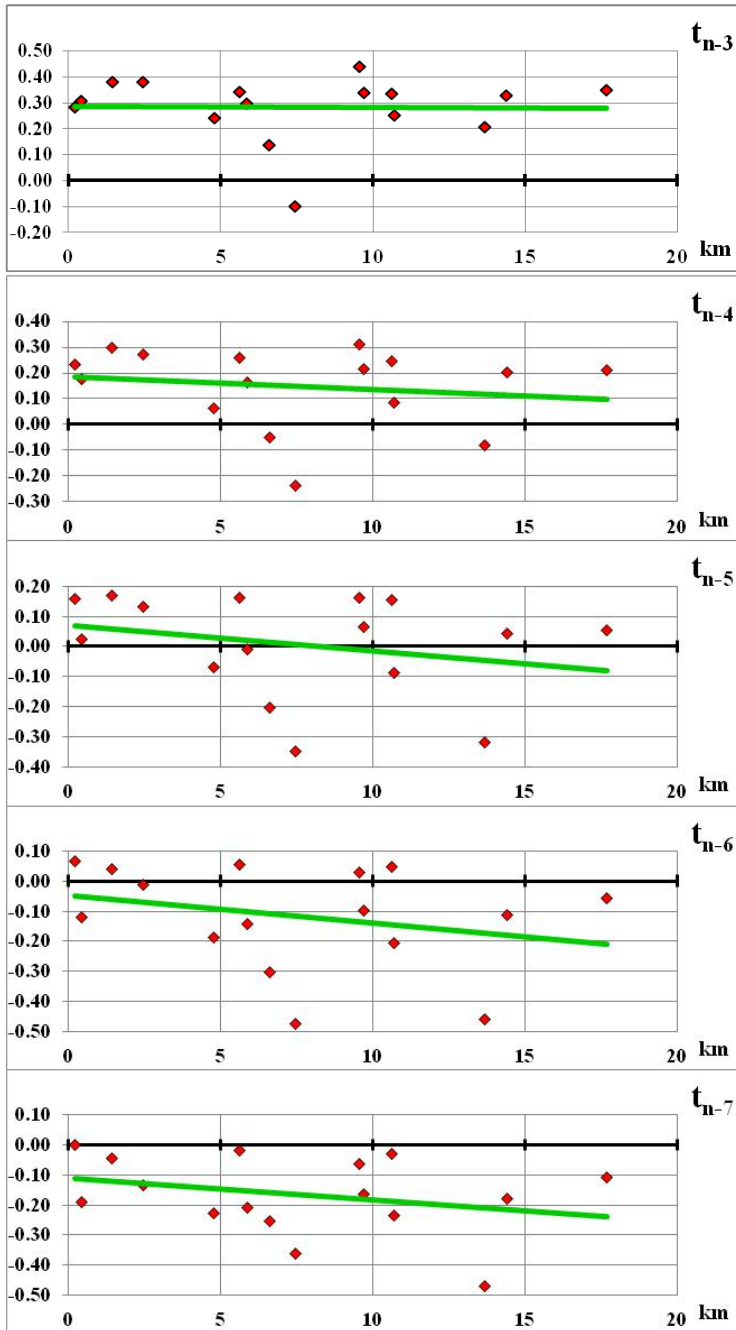
**VI. melléklet A talajvíz és a dombrádi vízmérce kapcsolata a Rétközben**

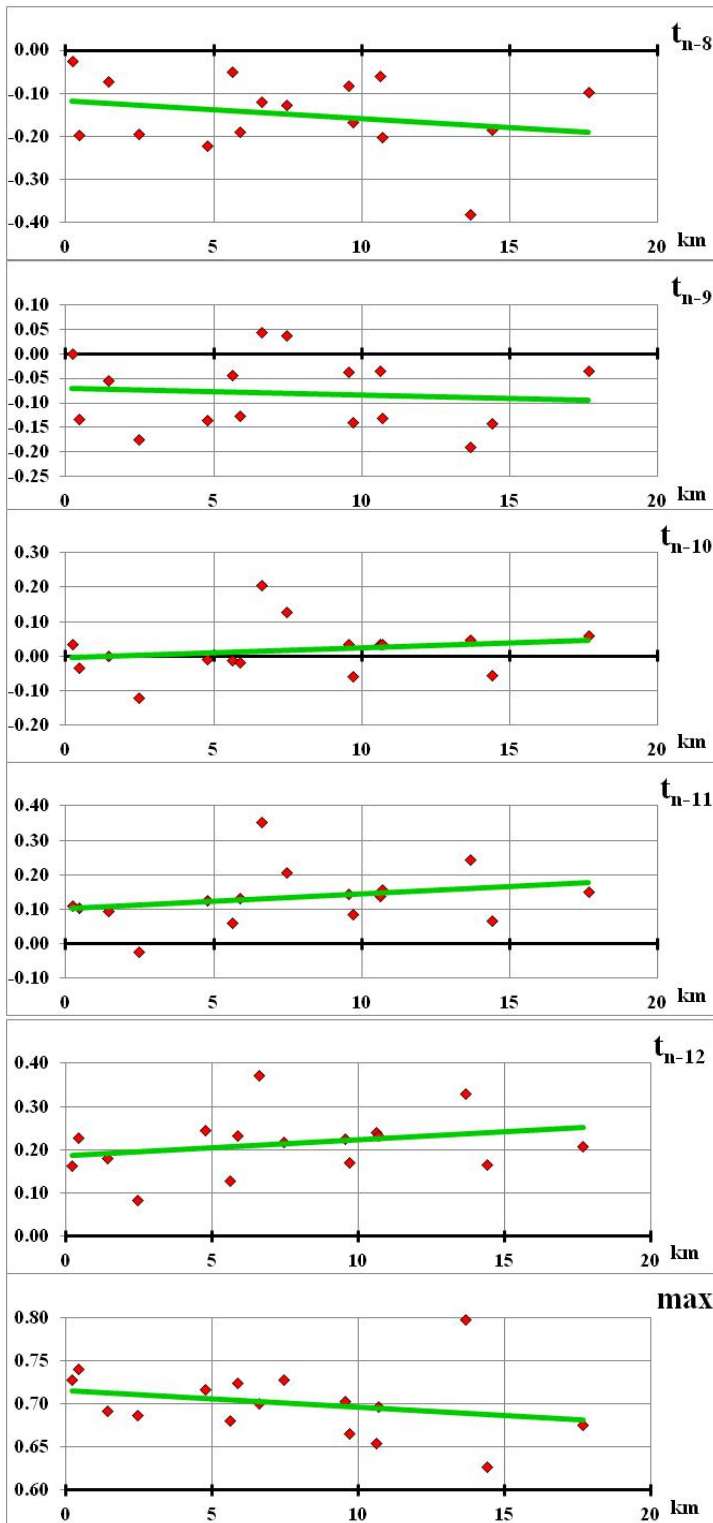
Diagramcím: talajvízszint észlelő kút neve és távolsága a dombrádi vízmércétől méterben)





**VII. melléklet A talajvízkutak kapcsolata a dombrádi vízmércével a távolság függvényében a Rétközben**



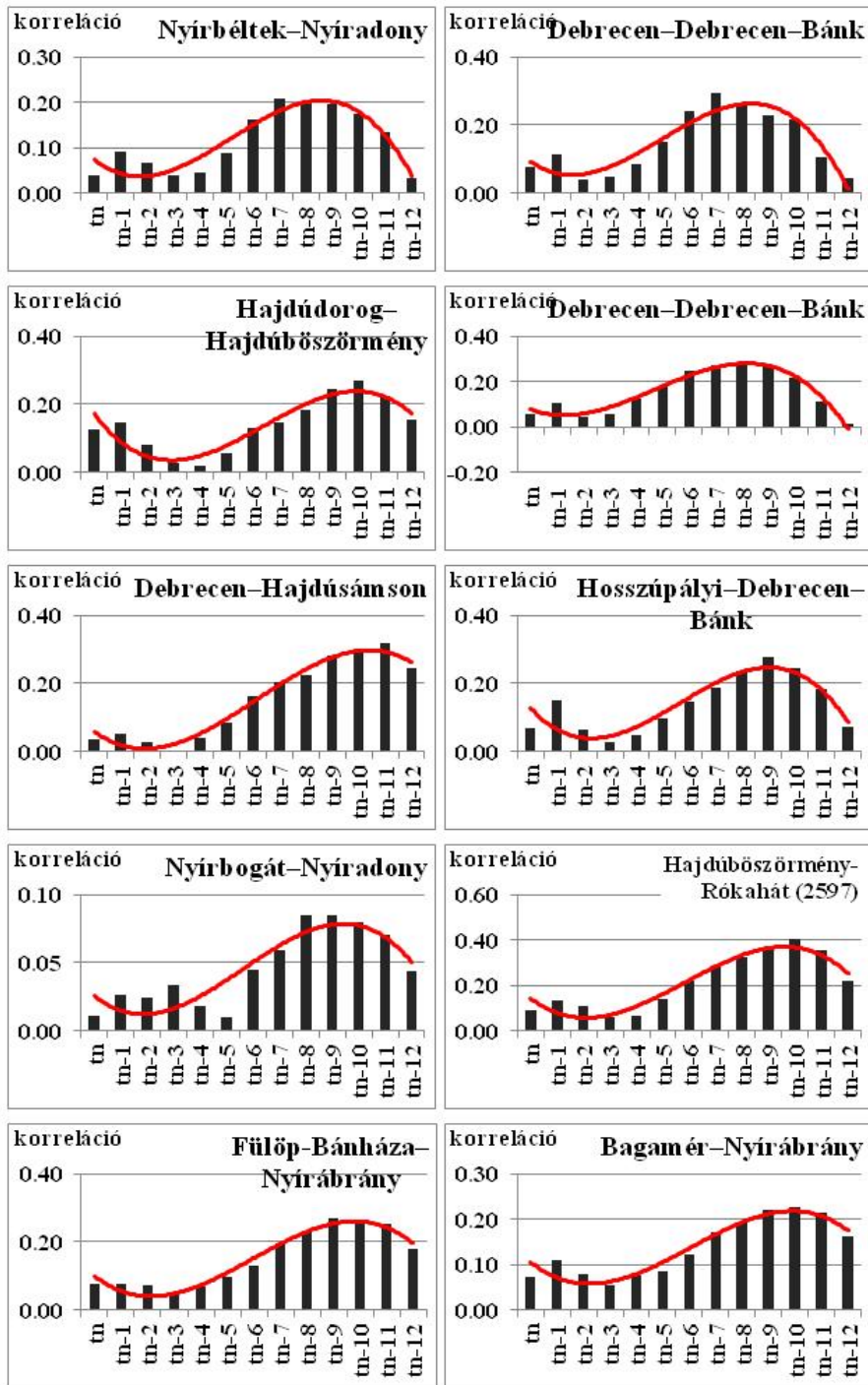




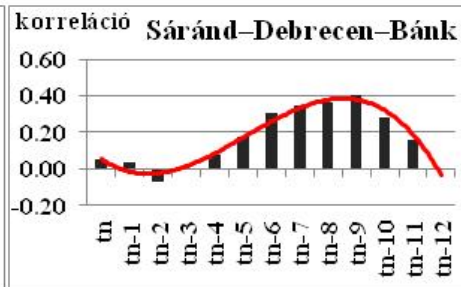
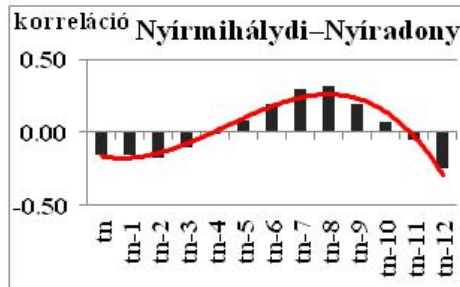
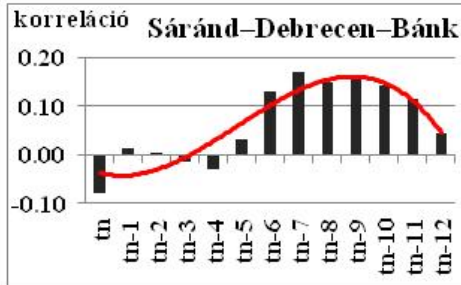
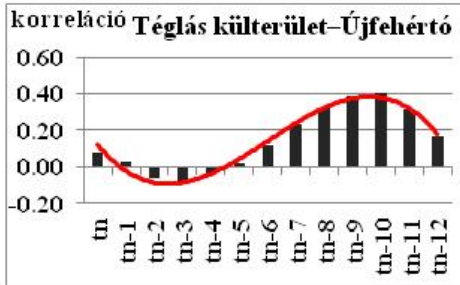
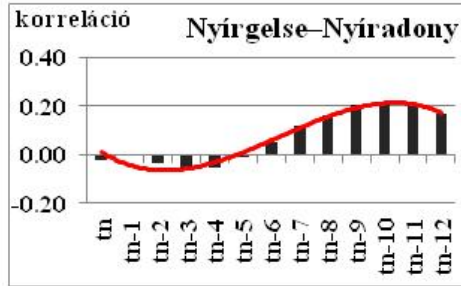
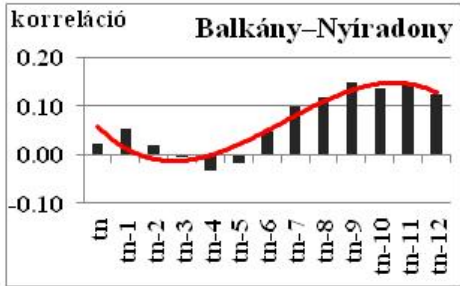
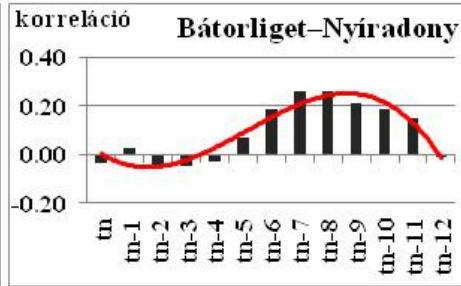
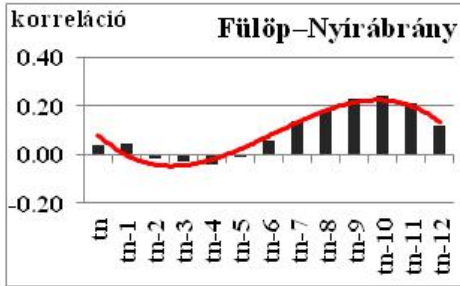
### VIII. melléklet A talajvízszint és a csapadék kapcsolata a Dél-Nyírségben

Diagramcím: talajvízszint észlelő kút és a hozzá legközelebbi csapadékmérő állomás neve

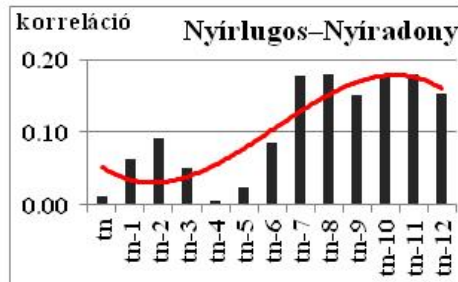
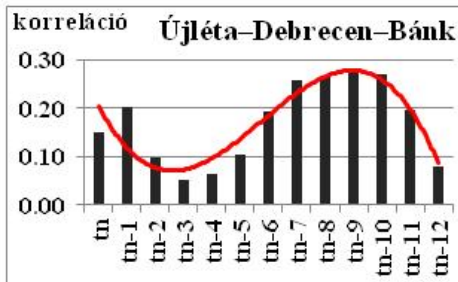
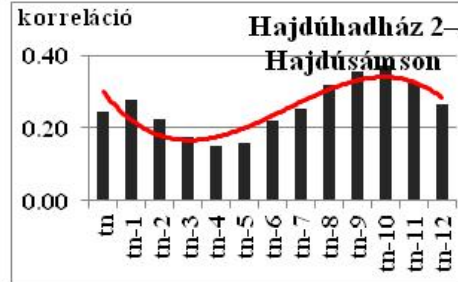
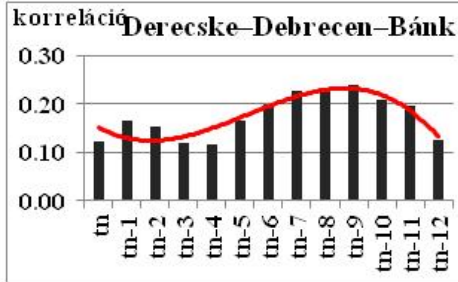
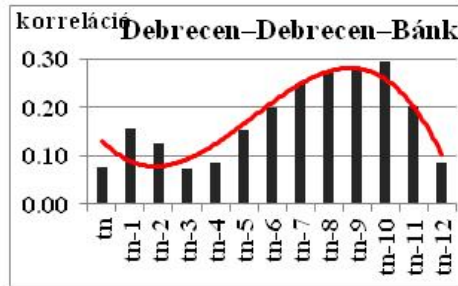
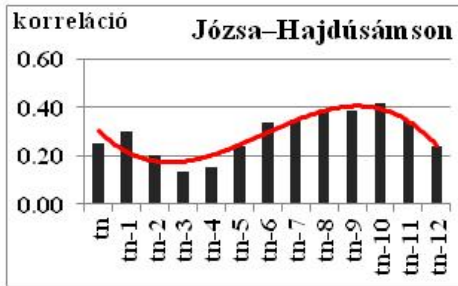
#### 1. A csoport



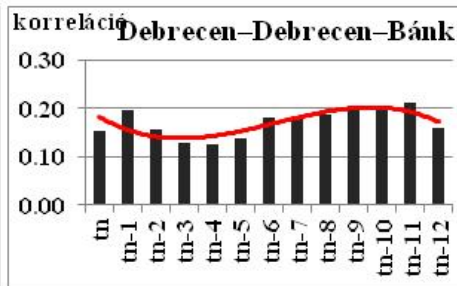
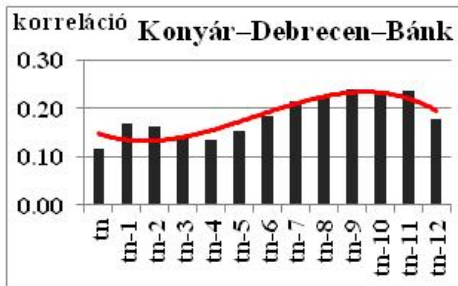
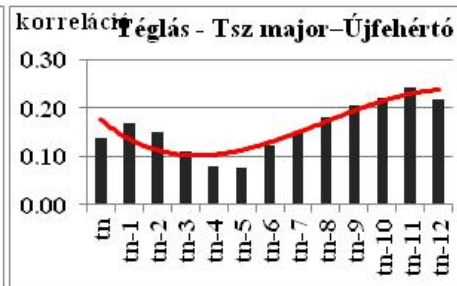
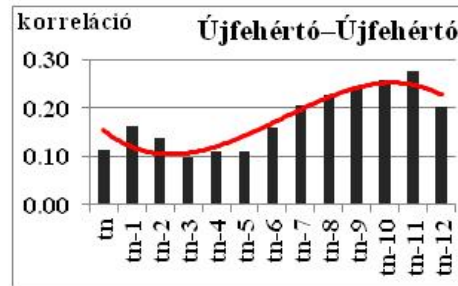
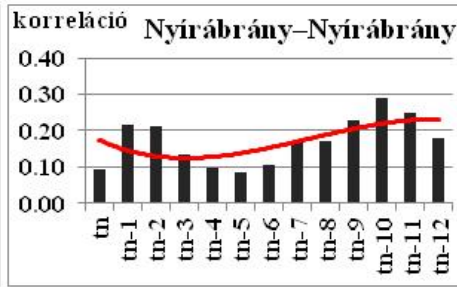
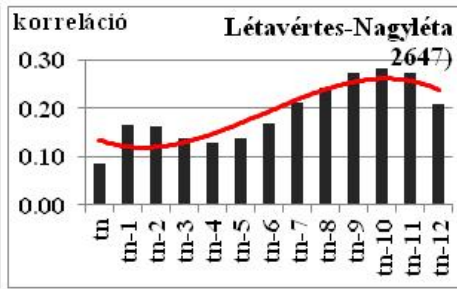
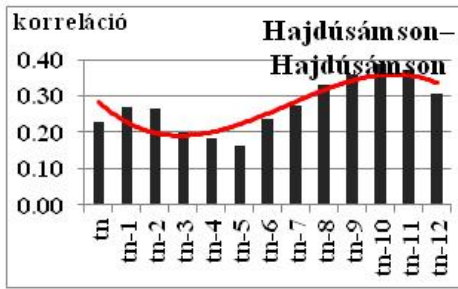
1. B csoport



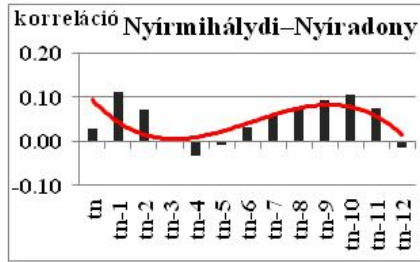
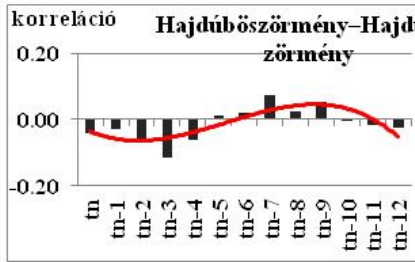
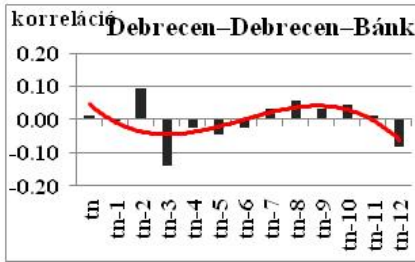
1.C csoport



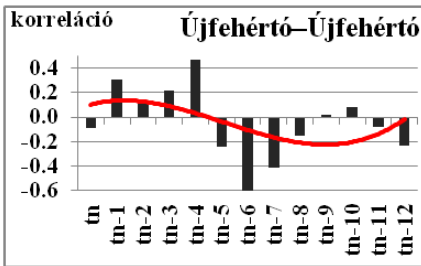
1. D csoport



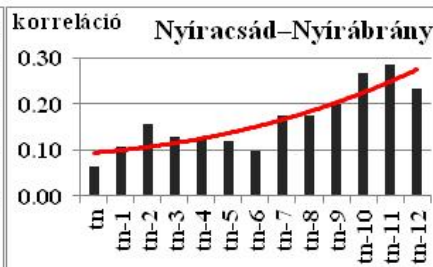
3. csoport



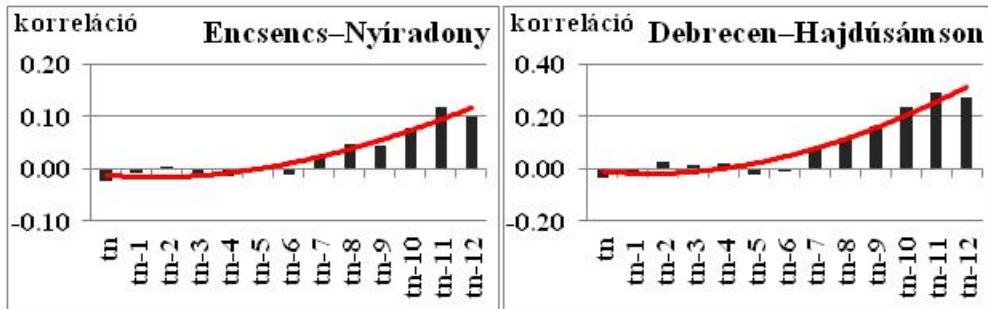
4. csoport



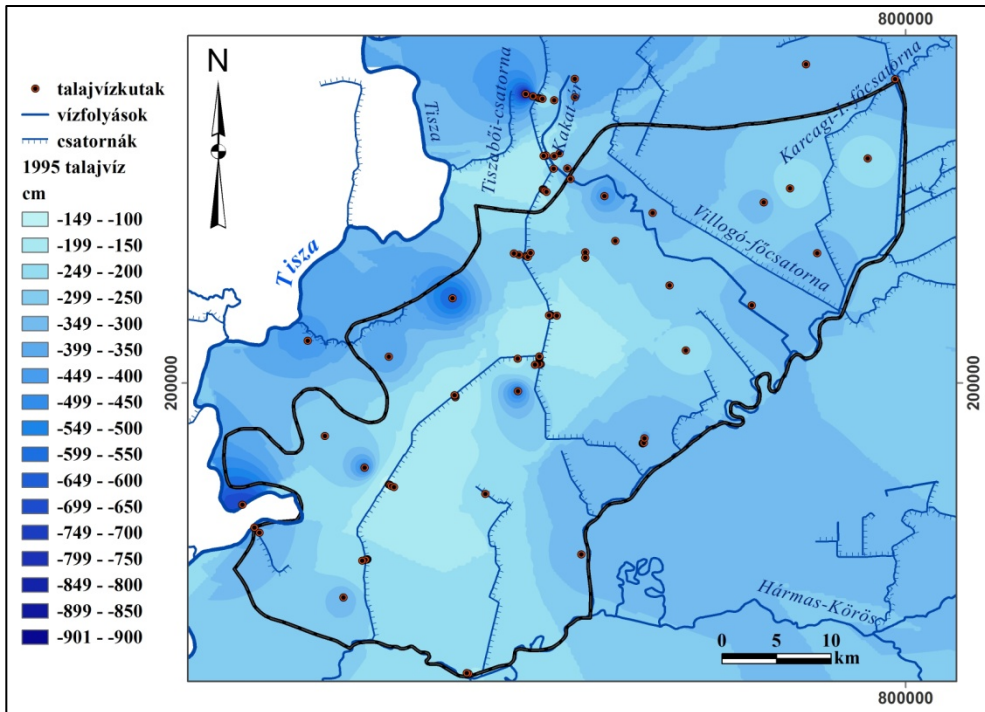
6. csoport

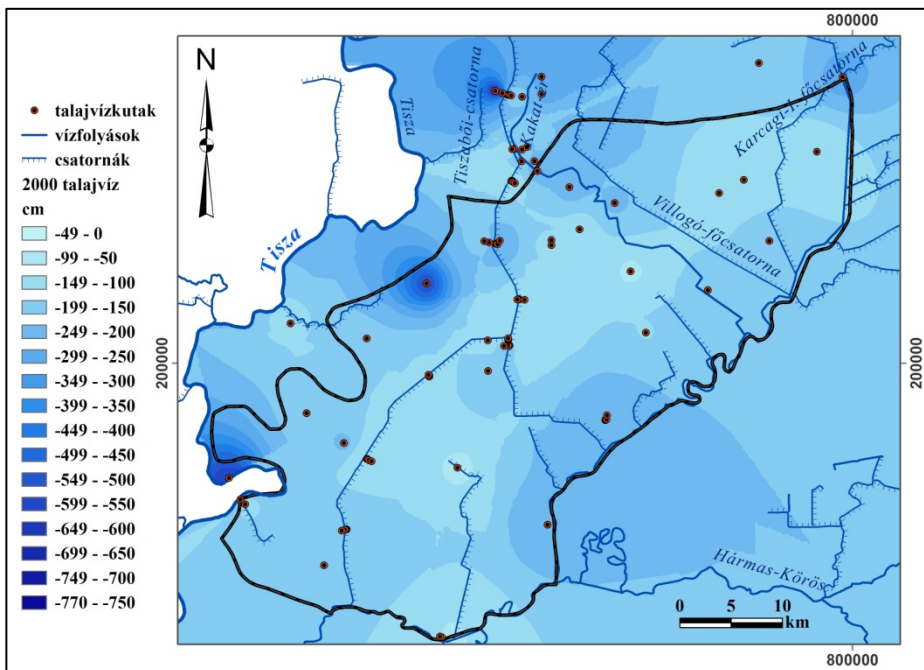
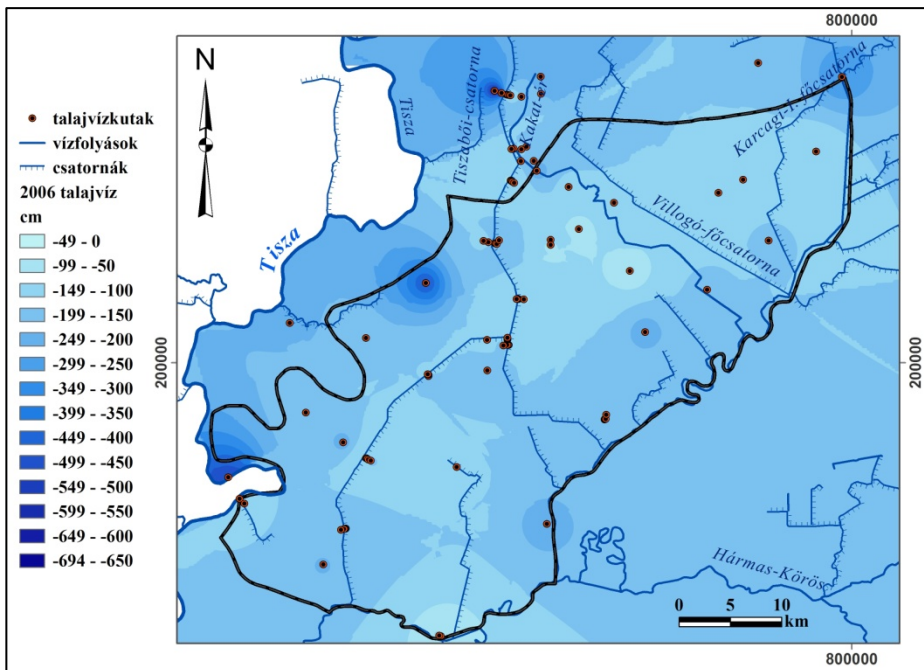


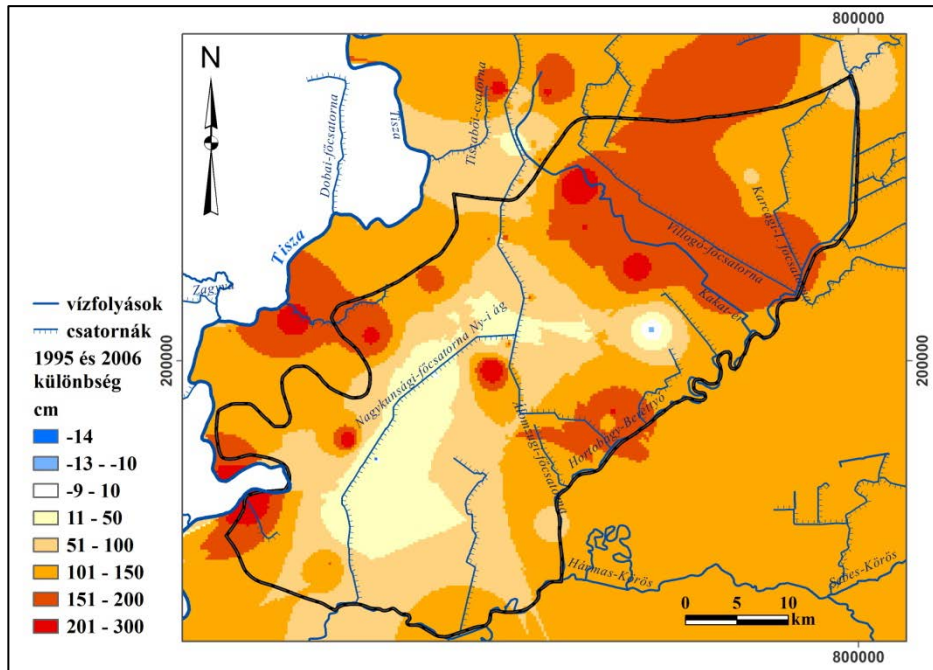
8. csoport



IX. melléklet A talajvíz szintjének térbeli elhelyezkedése a Szolnok-Túri-síkon

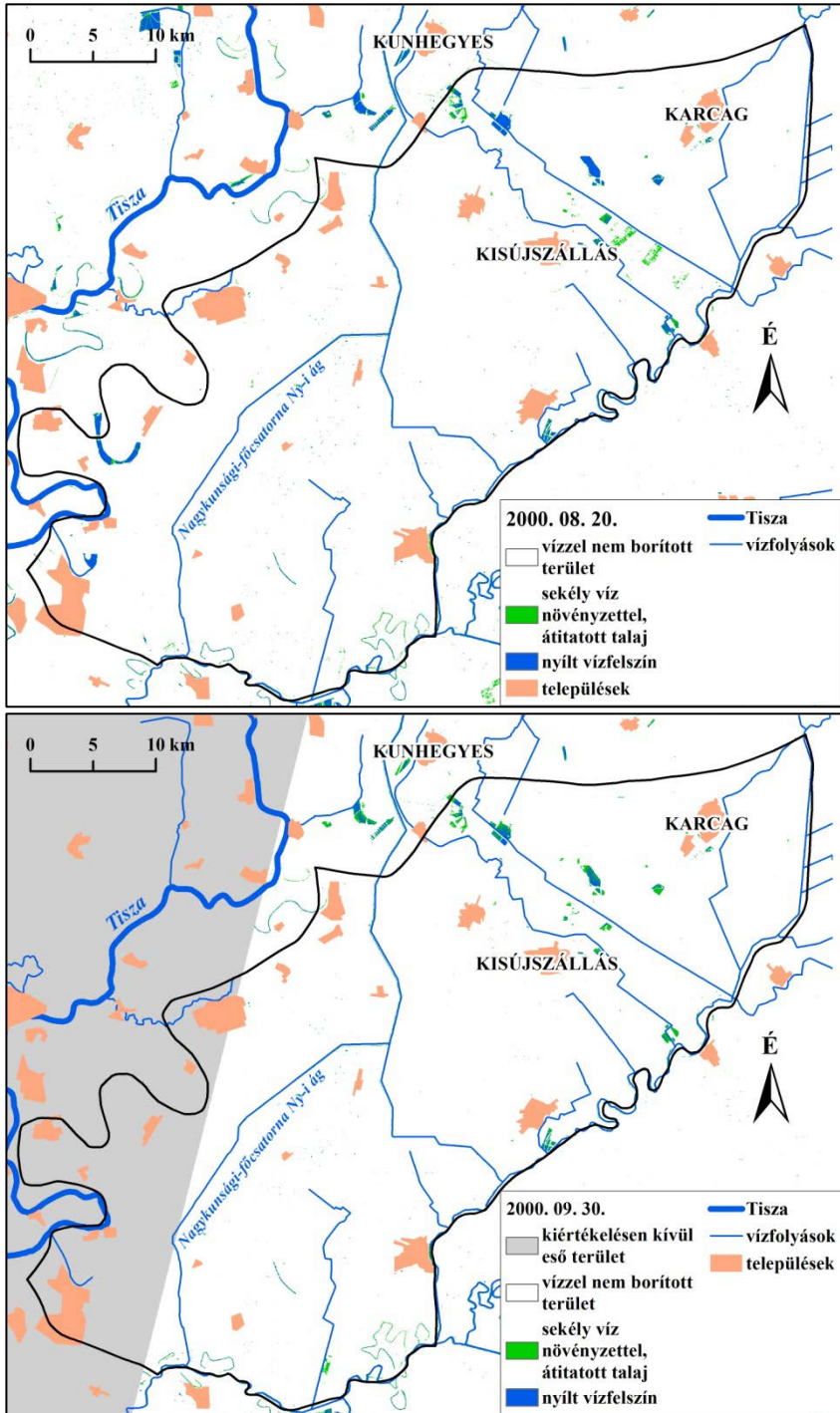


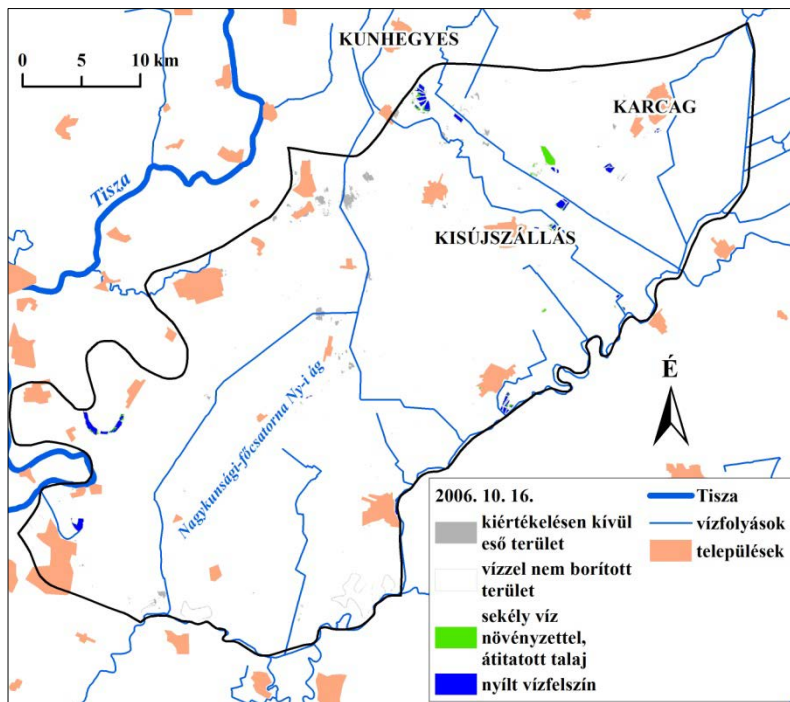
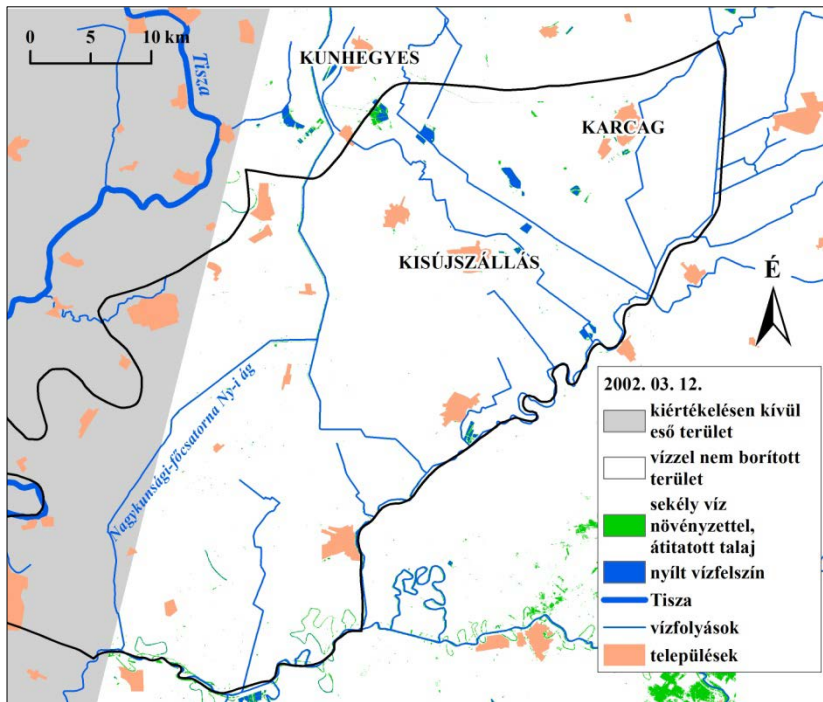


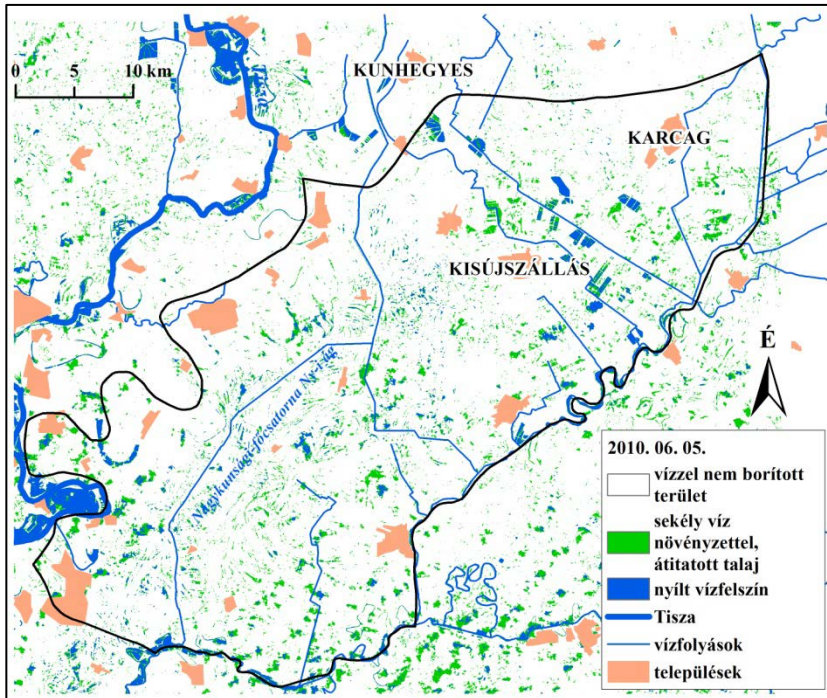
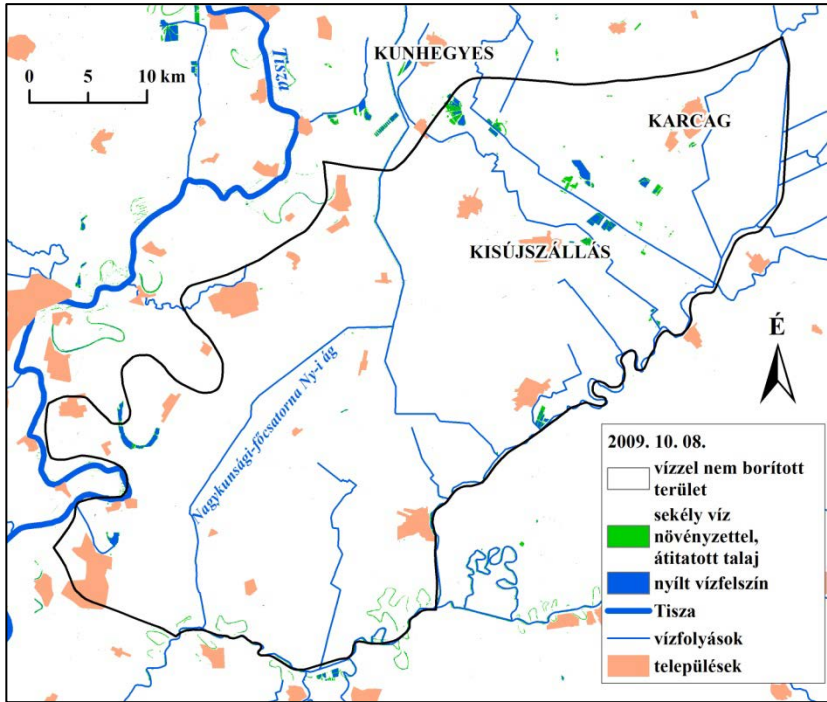


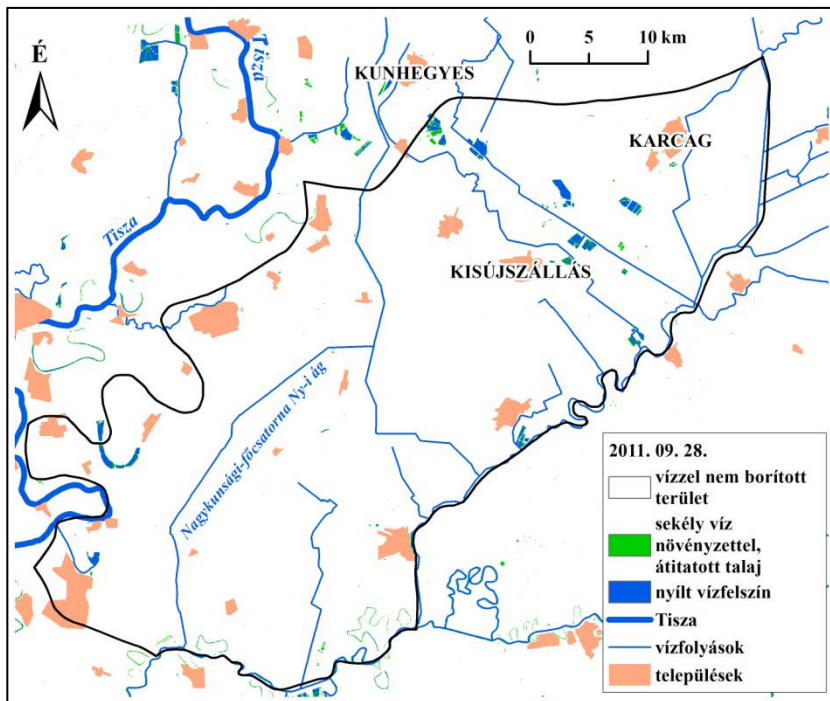
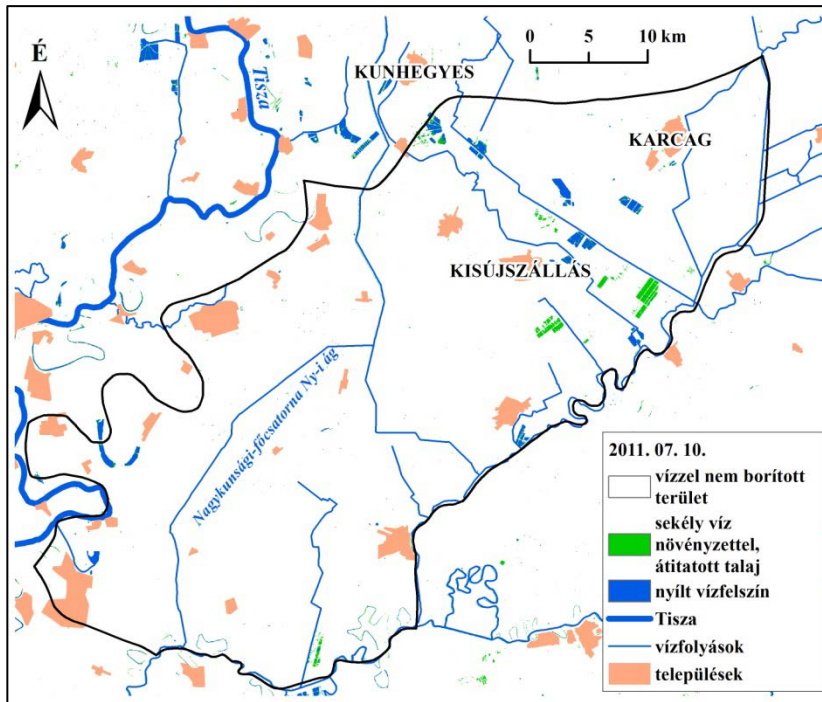


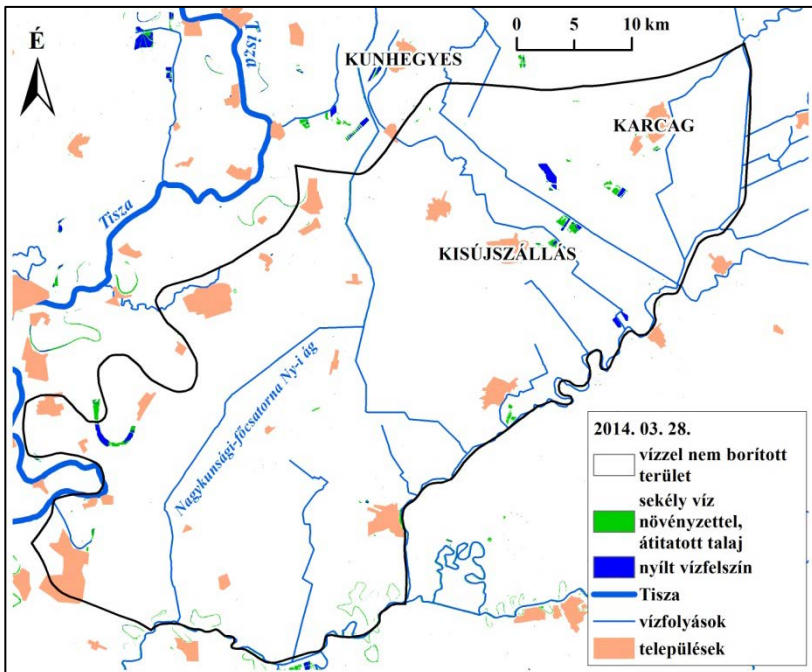
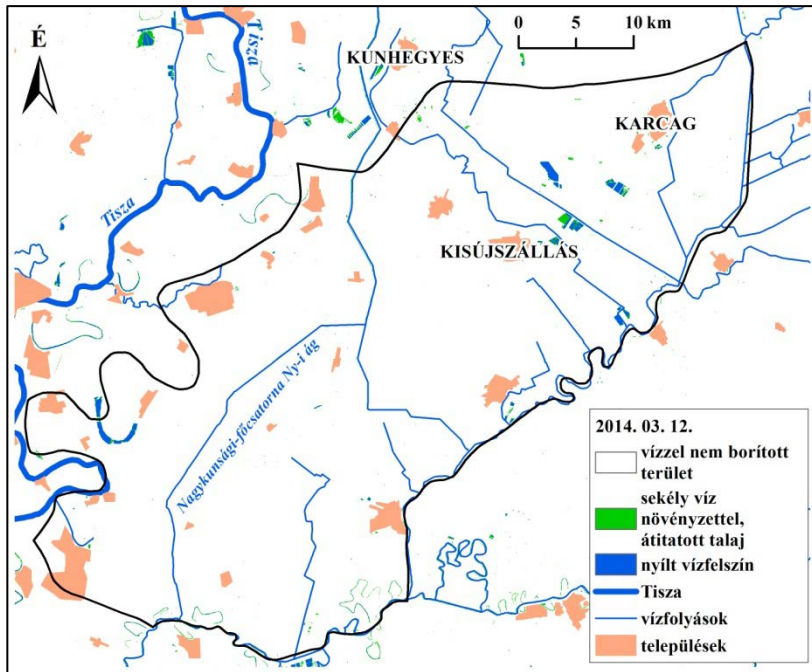
**X. melléklet Belvízzel borított területek a Szolnok–Túri-síkon különböző időpontokban műholdfelvételek alapján**

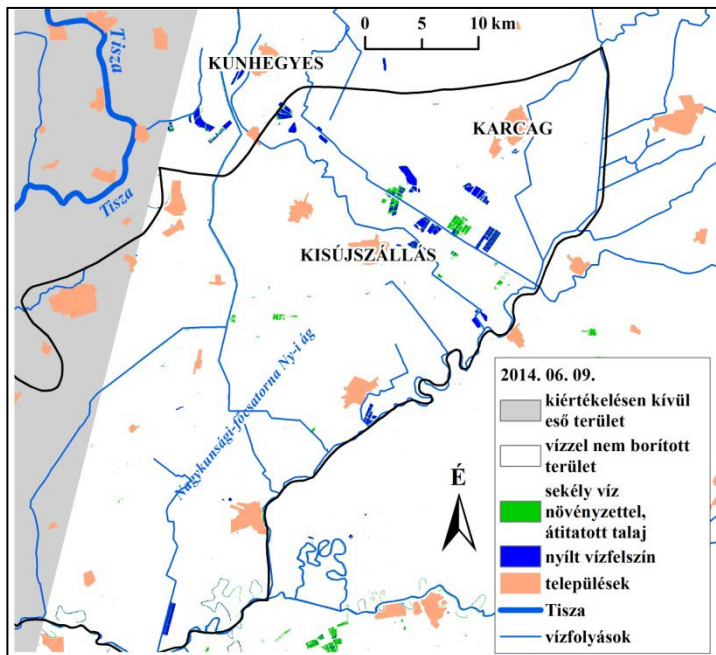
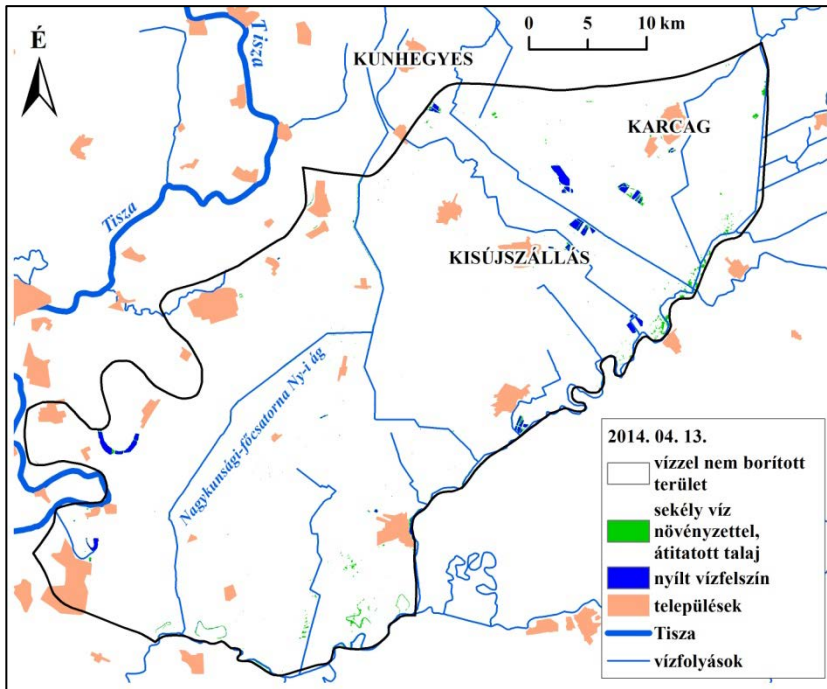




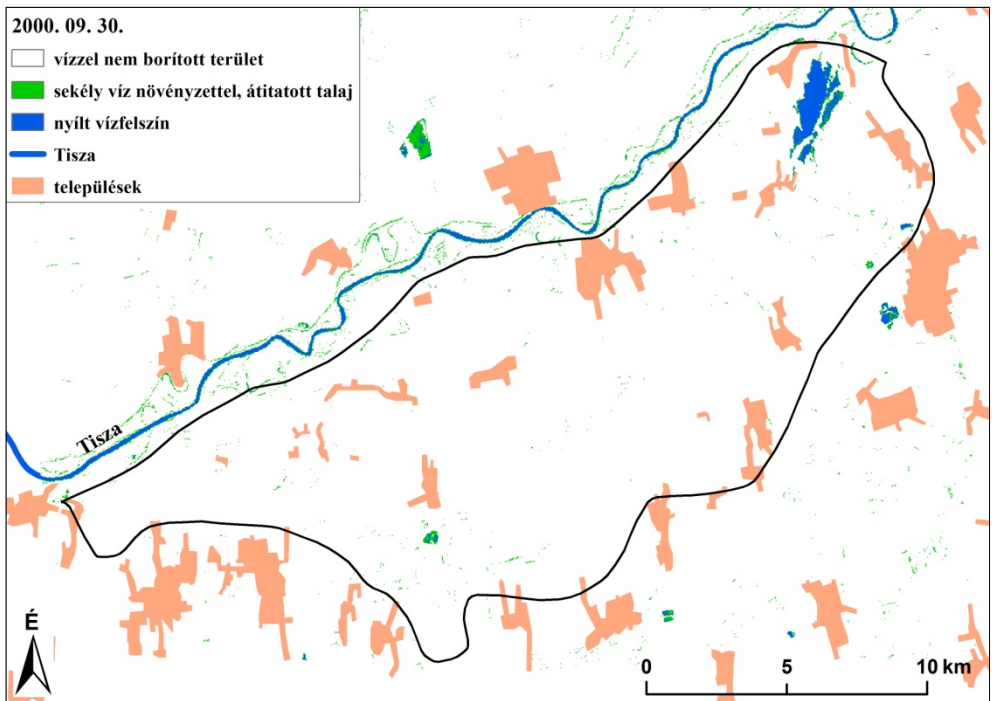
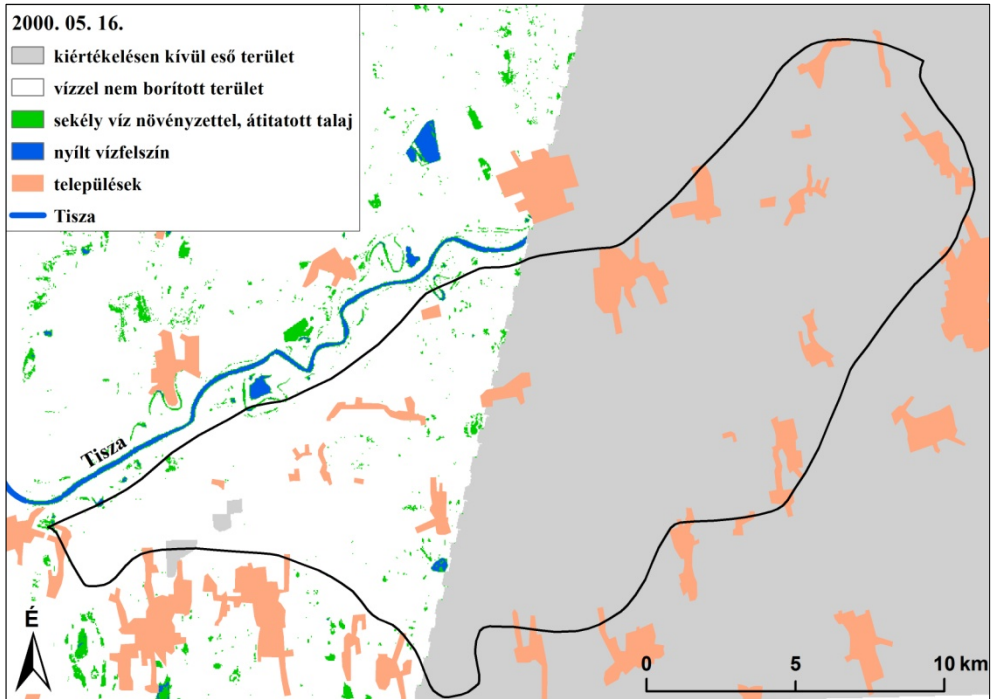


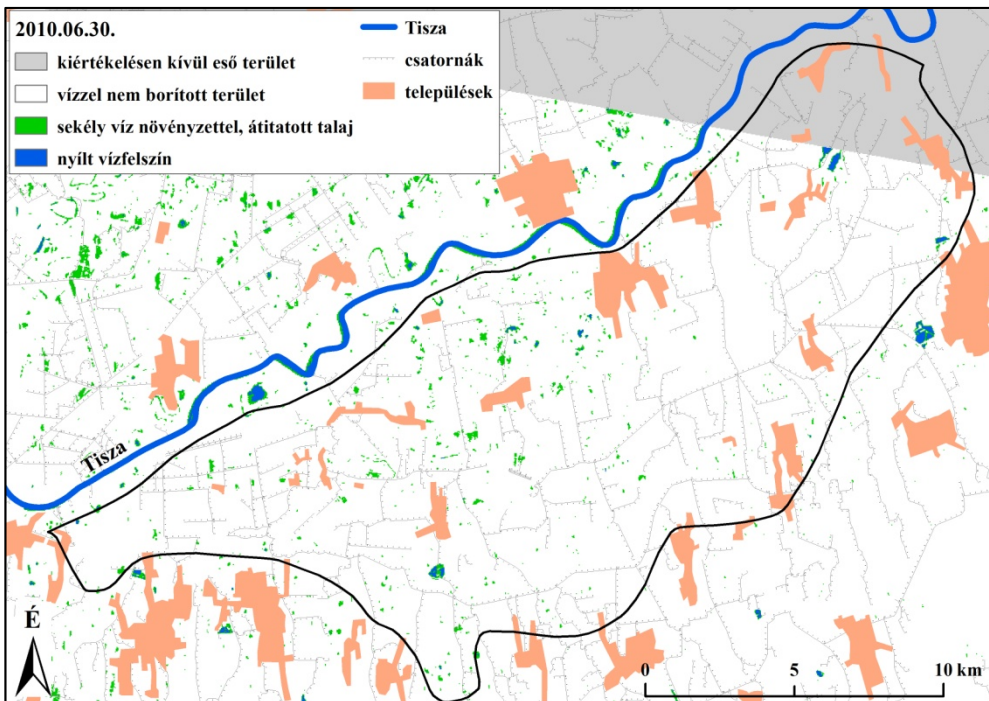
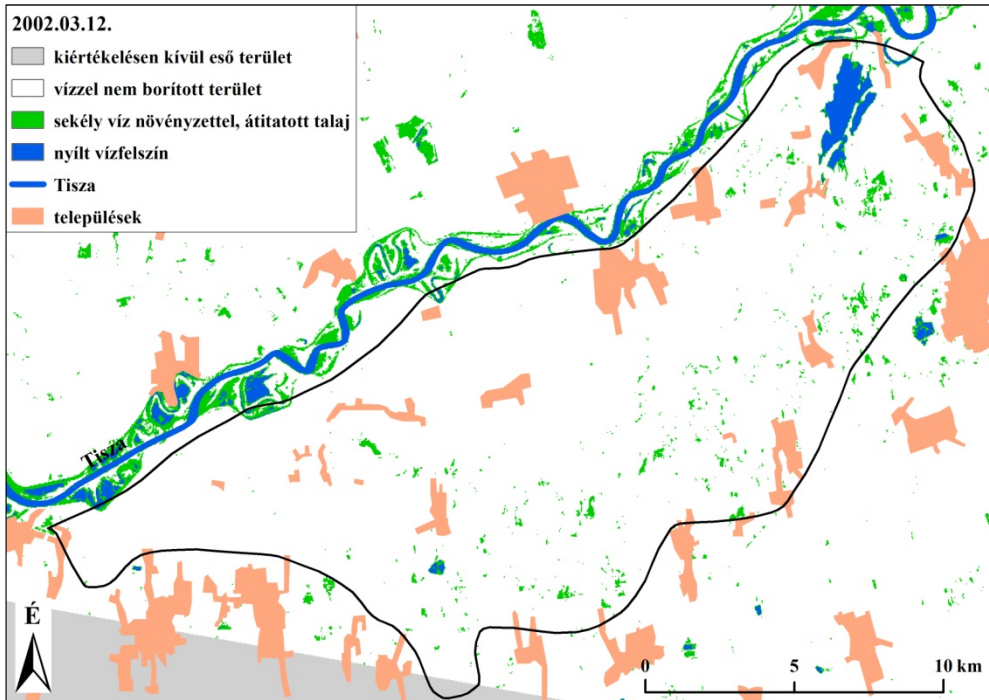




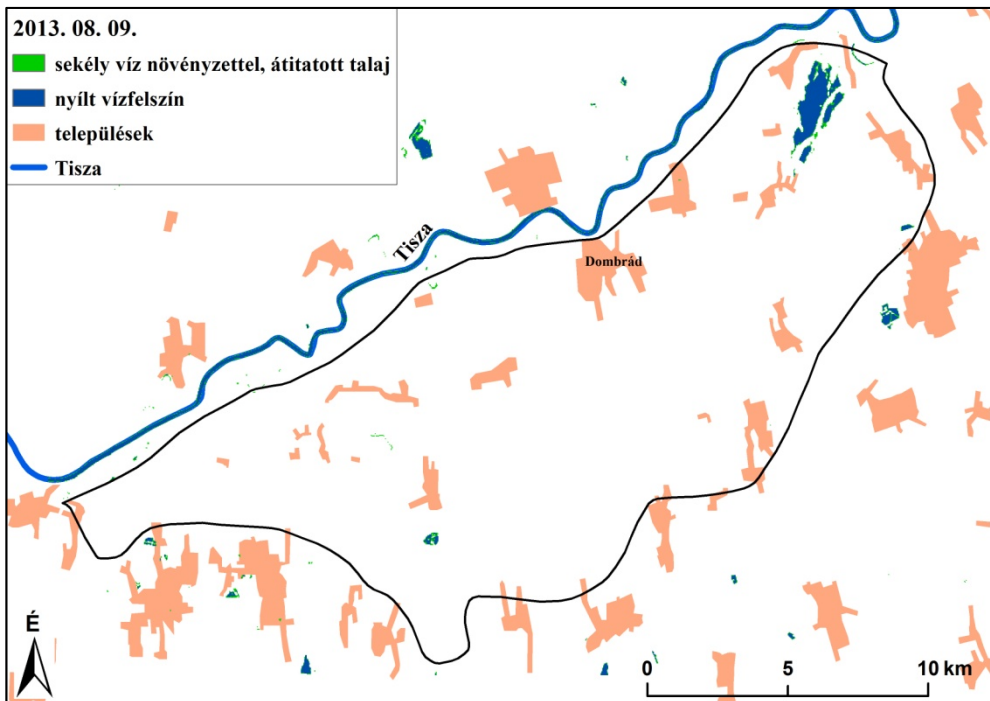
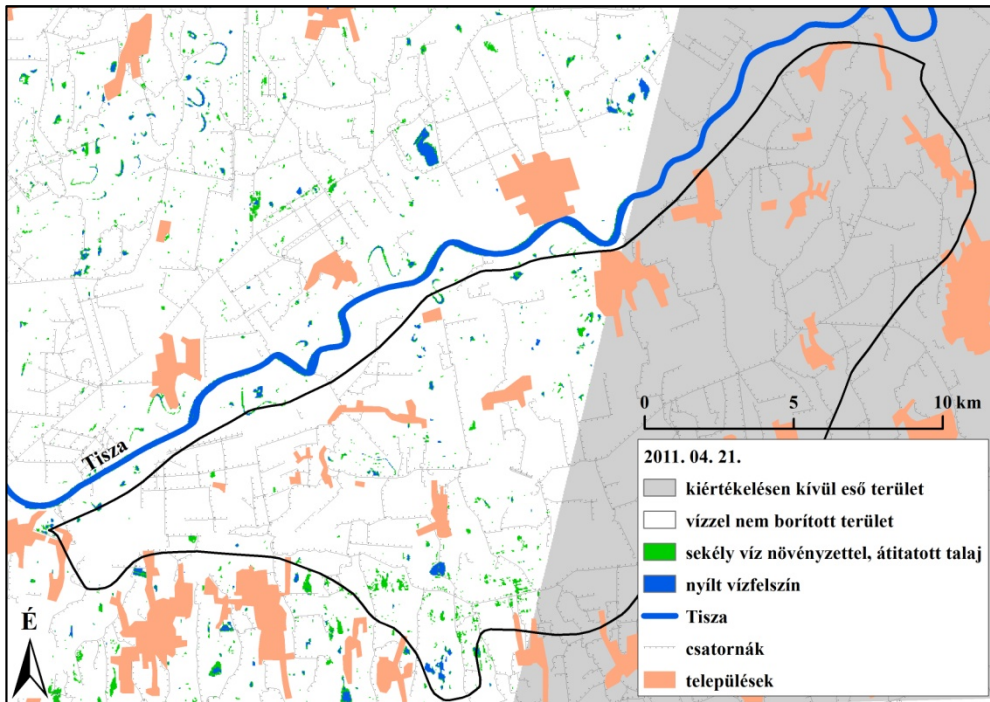


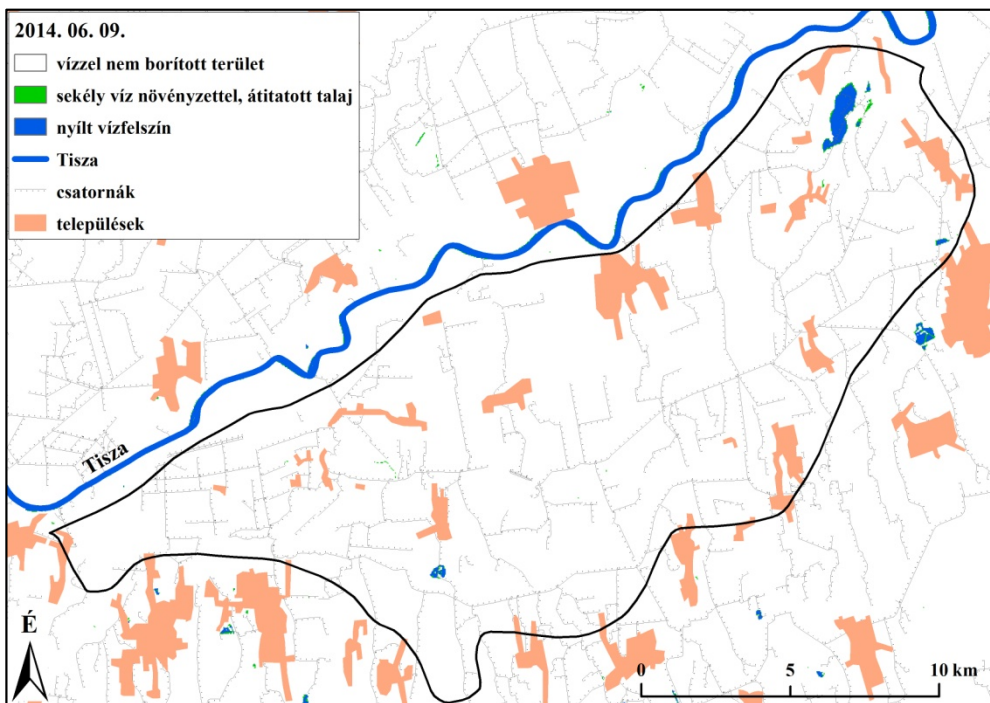
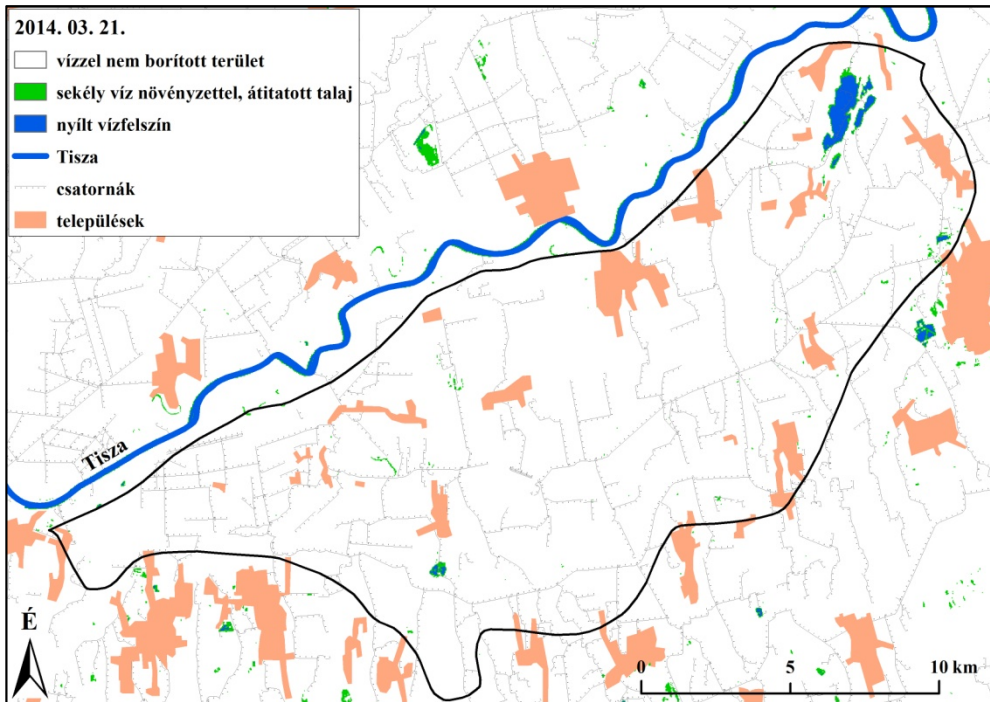
**XI. melléklet Belvízzel borított területek a Rétközben különböző időpontokban műholdfelvételek alapján**











**XII. melléklet Belvízzel borított területek a Dél-Nyírségben különböző időpontokban műholdfelvételek alapján**

