

DEBRECENI EGYETEM

**KERPELY KÁLMÁN NÖVÉNYTERMESZTÉSI ÉS KERTÉSZETI
TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA**

Doktori Iskola vezető:

Prof. Dr. Nagy János

egyetemi tanár, az MTA doktora

Témavezető:

Prof. Dr. Tamás János

egyetemi tanár, az MTA doktora

**A BELVÍZKÉPZŐDÉSI FOLYAMATOK JELLEMZÉSE ÉS ÉRTÉKELÉSE
A BÉKÉS-CSANÁDI LÖSZHÁT TÁJEGYSÉGBEN**



Készítette:

Bozán Csaba

doktorjelölt

Debrecen

2021

A BELVÍZKÉPZŐDÉSI FOLYAMATOK JELLEMZÉSE ÉS ÉRTÉKELÉSE
A BÉKÉS-CSANÁDI LÖSZHÁT TÁJEGYSÉGBEN

Értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében a növénytermesztési és
kertészeti tudományok tudományágban készült

Írta: Bozán Csaba okleveles agrármérnök

Készült a Debreceni Egyetem **Kerpely Kálmán Doktori Iskola** Növénytermesztés és
kertészeti tudományok doktori programja keretében

Témavezető: Dr. Tamás János DSc., egyetemi tanár

A doktori szigorlati bizottság:

	név	tud. fokozat
elnök:	Dr. Blaskó Lajos	DSc
tagok:	Dr. Ligetvári Ferenc	DSc
	Dr. Juhász Csaba	PhD

A doktori szigorlat időpontja: 2020. november 13.

Az értekezés bírálói:

	név	tud. fokozat	aláírás
	-----	-----	-----
	-----	-----	-----

A bírálóbizottság:

	név	tud. fokozat	aláírás
elnök:	-----	-----	-----
tagok:	-----	-----	-----
	-----	-----	-----
titkár:	-----	-----	-----

Az értekezés védésének időpontja: 2021.

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS, TÉMAFELVETÉS, CÉLKITŰZÉSEK	5
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	8
2.1. A belvíz jelenség értelmezése, ok-okozati összefüggések	8
2.2. A legnagyobb belvizes évek jellemzői (történeti visszatekintés)	11
2.3. A belvíz-veszélyeztetettség térképezése	15
2.4. A belvizes területek hasznosíthatósága	20
2.5. A belvizes területek mezőgazdasága	30
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	35
3.1. A Békés-Csanádi löszhát jellemzése	35
3.2. A geostatisztikai vizsgálatok során alkalmazott módszerek – a talajvízfeltörés jelenségének vizsgálata	47
3.3. A belvíz-veszélyeztetettségi térképezés módszertana, a független hatótényezők értékének meghatározása	51
3.3.1. A hidrometeorológiai hatótényező (HUMI) kialakítása	51
3.3.2. A domborzati hatótényező (DOMB) kialakítása	53
3.3.3. A talajtani hatótényező (TT) kialakítása	53
3.3.4. A földtani hatótényező (FT) kialakítása	57
3.3.5. A talajvíz hatótényező (TV) kialakítása	58
3.3.6. A földhasználati hatótényező (FH) kialakítása	60
3.4. A függő tényező (belvíz-gyakoriság) meghatározása	60
3.5. Az alkalmazott statisztikai módszerek a belvíz-veszélyeztetettséget meghatározó tényezők ok-okozati összefüggéseinek és a területi regressziós kapcsolatok vizsgálata során	61
3.6. A belvíz-veszélyeztetettségi mutató kialakítása és alkalmazása	65
4. EREDMÉNYEK	67
4.1. A belvízképződést meghatározó főbb hidrológiai és meteorológiai tényezők statisztikai jellemzése, a lokálisan eltérő belvízképződési (földárja) jelenség értelmezése	67
4.2. A befolyásoló tényezők számszerűsítése és térképei megjelenítése	86
4.2.1. A HUMI értékének területi eloszlása és kategorizálása	87
4.2.2. A DOMB értékének területi eloszlása és kategorizálása	89
4.2.3. A TT értékének területi eloszlása és kategorizálása	90
4.2.4. A FT értékének területi eloszlása és kategorizálása	93
4.2.5. A TV értékének területi eloszlása és kategorizálása	95
4.2.6. A FH értékének területi eloszlása és kategorizálása	96
4.3. A belvíz-gyakoriság értéke és területi eloszlása	98

4.4. A belvízképződés ok-okozati összefüggései	99
4.5. A Komplex-Belvíz-veszélyeztetettségi Mutató (KBM) meghatározása és térképi megjelenítése	104
4.6. A KBM alapján szerkesztett eredménytérkép területi lehatárolása veszélyeztetettségi kategóriák szerint	107
4.7. A KBM-re alapozott területhasználati lehetőségek	108
5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK, FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEK	111
6. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	114
7. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA	115
8. ÖSSZEFOGLALÁS	116
9. ÖSSZEFOGLALÁS (ANGOL NYELVEN)	119
10. FELHASZNÁLT IRODALOM JEGYZÉKE	122
11. MELLÉKLETEK	139
12. PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN	145
13. NYILATKOZATOK	151
14. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	152

„Lehet a víz áldás vagy csapás.
Nagyon sok függ attól miként bánunk el vele.”
Hanusz, 1895

1. BEVEZETÉS, TÉMAFELVETÉS, CÉLKITŰZÉSEK

A globális klímaváltozás az utóbbi száz évben egyre nyilvánvalóbb hatásokkal jelentkezik, aminek jól észlelhető következményei vannak a Kárpát-medencében is (gyakoribb szélsőséges vízháztartási helyzetek, egy éven belül megjelenő víztöbblet-vízhiány). Mindez számos környezeti veszélyt okoz és egyre jelentősebb társadalmi, gazdasági és környezeti problémákat generál (Láng *et al.*, 2007; Somlyódy, 2011; Tamás, 2013; Mezősi *et al.*, 2017). Az IPCC (2014) jelentése alapján az alkalmazott modell-szimulációk a csapadék eloszlásának változatosságát, szélsőségessé válását vetítik előre, mely valószínűleg a Kárpát-medencében hatványozottan fog érvényesülni, tekintettel a terület medence jellegére. Mindezt Szabó *et al.* (2011) vizsgálatai is alátámasztják, miszerint a Kárpát-medencében a hőmérséklet emelkedése mellett a csapadékeloszlás térbeli és időbeli változatossága fokozódni fog. Bartholy *et al.* (2011) szerint az évi csapadékmennyiség nem fog jelentősen változni, viszont a téli félévben mintegy 20%-os emelkedést, míg a nyári félévben 20%-os csökkenést prognosztizál.

Hazánk síkvidéki területein a morfológiai, agrometeorológiai és hidro(geo)lógiai, valamint a talajtani adottságok miatt, természeti jelenségeként, véletlenszerű ismétlődéssel rendszeresen kialakulnak egyes időszakokban térszíni elöntések (belvizek, talajvízfeltörések), illetve máskor aszályt okozó vízhiányok. Mindkét jelenség károkozása esetenként vállalhatatlan kockázatot jelent (Bozán *et al.*, 2015). Magyarország síkvidéki területeinek (45000 km²) megközelítőleg 60%-a belvív-veszélyeztetett, mely elsősorban az Alföldet és a Kisalföldet érinti (Pálfai, 2004). A néhány éves gyakoriságú elöntések által okozott károk, szakértői becslések alapján, több tíz Mrd Ft/év értékű belvízkockázatot jelentenek (Vámosi, 2002; Pálfai, 2006; Somlyódy, 2011). Meg kell jegyezni, hogy a belvív jelenség elsősorban Kárpát-medencei adottságnak tekinthető, de ennek ellenére számos nemzetközi példa is megfigyelhető (Szatmári és van Leeuwen, 2013), például Kínában, Németországban, Indiában, Olaszországban, Szerbiában, Boszniában, Romániában és Oroszországban (Brkic *et al.*, 2012; Halbac-Cotoara-Zamfir *et al.*, 2015; Kuti *et al.*, 2006; Pálfai, 2004; Romanescu *et al.*, 2011).

A környezeti és antropogén folyamatok eredményeként kialakuló soktényezős jelenség tanulmányozása a hazai vízgazdálkodás nagy múltra visszatekintő, kiemelt

területe. A felhalmozott szakmai tudás óriási, az elmúlt 15-20 év informatikai fejlődése pedig új lehetőségeket teremtett a belvíz jelenség vizsgálatában. Ennek ellenére a belvíz-veszélyeztetettség és -kockázat térképezése komoly szakmai kihívást jelent. Kiváltképp, ha a jelenlegi állapoton túl a lehetséges vízkormányzási és területhasználati beavatkozásokat, illetve a környezeti trendek hatásait is számításba vesszük. Éppen ezért a belvíz-veszélyeztetettségi térképezés mind a vízügyi, mind pedig a mezőgazdasági tervezésnek meghatározó feltétele, mely lehetővé teszi a belvízvédelmi stratégia finomítását, illetve térségi szintű beavatkozások (passzív és aktív belvízgazdálkodás) kivitelezését (Tamás, 2013).

A belvíz-veszélyeztetettség általánosságban egy olyan térbeli és időben változó jellemzőnek tekinthető, amely azt fejezi ki, hogy a statikus és dinamikus hatótényezők együttes hatása miatt, adott területet potenciálisan milyen mértékben sújthat belvízelöntés (Bozán *et al.*, 2015). A veszélyeztetettségre gyakran veszélyként hivatkoznak (pl. „veszélytérkép”), a két fogalmat egymás szinonimájaként használják. Kozák (2006) szerint a „belvízveszély” az elöntés pillanatnyi állapotát jellemzi, mellyel szemben a „veszélyeztetettség” a befolyásoló hatótényezők hosszú idősoros adatbázisainak átlaga alapján határozható meg.

A belvízkutatás területén számos tapasztalat született, azonban jelentős számú nyitott kérdéssel találkozhatunk, melyek közvetve vagy közvetlenül a veszélyeztetettségi térképezés és kockázatok értékelését korlátozzák (Kozma, 2013):

- A terepi és/vagy távérzékeléses felmérések továbbra is számos hibával jellemezhetők (Rakonczai *et al.*, 2003; Kozák, 2009; van Leeuwen, 2012).
- Kozma (2013) szerint „a belvíz kialakulásának és megszűnésének hidrológiai hatótényezői régóta ismertek, azonban azok csak nehezen és bizonytalanul számszerűsíthetők”. Ennek legfőbb oka, hogy a belvíz kialakulását befolyásoló hatótényezők számossága, azok tér- és időbeli eloszlásához, változékonyságához mérten az adatellátottság rendkívül szűkös.
- Számos szakmai vita folyik a belvízvédkezés pozitívnak tekinthető hatásáról (Ijjas, 2002; Somlyódy, 2011; VKKI, 2011; Dajka és Bacskai, 2012), amit Kozák (2006) egyértelműsít, miszerint „a védelmi rendszer az elöntések csúcserőértékét kevésbé, elsősorban a tartósság csökkentését befolyásolja”.
- A belvízkárok kiértékelése elsősorban a mezőgazdasági termésvesztés és a belvízvédlem költségeinek felmérésére korlátozódik (Kozma, 2013). Vámosi

(2002) szerint a belvíz által okozott közvetlen károk nehezen határozhatók meg (pl. infrastrukturális károk, hordalék lerakódás, erózió, talajdegradáció, járványügyi problémák stb.). Sajnálatosan gazdasági elemzések alig állnak rendelkezésre (Ijjas, 2002; Pinke, 2012), ami nehézkessé teszi a közvetlen és közvetett belvízkárok mértékének a becslését.

A belvíz-veszélyeztetettség térképezés módszertani fejlesztésében jelentős előrelépések történtek, amelyek egyes kihívásokra megoldást jelenthetnek. Általános megállapítás, hogy a termőhely vízháztartási folyamatát több, különböző mértékben változó hatótényező befolyásolja. Egy adott időpontbeli vízállapotot pedig a hatótényezők véletlenszerű együtt állása, illetve rövid idejű halmozódása határozza meg (Bozán *et al.*, 2015). A belvíz-veszélyeztetett területeken kialakított zónarendszert követve, a belvízjáráshoz jobban igazodó művelési (késői vetésű kultúrák => alacsony kockázat), haszonvételi formák válthatják ki a jelenlegieket (korai vetésű kultúrák => magas kockázat).

A belvíz kialakulását meghatározó tényezők ok-okozati összefüggéseire és a földhasználat racionalizálására irányuló vizsgálataimat a Békés-Csanádi löszhát területén végeztem el, mely megfelelően reprezentálja a belvíz-veszélyeztetettség természeti és antropogén alapjait.

Vizsgálataim *általános célkitűzése*, hogy meghatározzam a belvízzel veszélyeztetett területeket az általam létrehozott zónarendszer alapján, mellyel lehetővé tegyem a belvizekhez jobban igazodó művelési, haszonvételi formák regionális kialakítását, összességében megalapozva a térségi vízkészletgazdálkodás fenntarthatóságát.

A tudományos munka célkitűzései:

1. A belvíz-veszélyeztetettséget befolyásoló főbb hatótényezők értékének meghatározása, a tényezők ok-okozati összefüggéseinek feltárása, a befolyásoló hatótényezők mértékének meghatározása, területi regressziós vizsgálatok alapján.
2. A talajvíz felszíni megjelenésének, feltörésének (földárja) jellemzése, szerepének meghatározása a belvíz kialakulásában.
3. A Békés-Csanádi löszhát tájegység belvíz-veszélyeztetettségének meghatározása a főbb hatótényezők alapján.
4. Földhasznosítási alternatívák meghatározása a káresemények csökkentésének függvényében.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A szakirodalmi áttekintés a belvíz jelenségre, mint Magyarország síkvidéki területeire jellemző hidrológiai szélsőségre fókuszál, érintve a belvíz kialakulását befolyásoló tényezők ok-okozati összefüggéseit, a belvízkárok mértékét és tartósságát, a térképezés módszereit, a belvizes területek hasznosíthatóságát és mezőgazdaságát. Ugyanakkor a belvíz jelenség értelmezésének lokális megközelítése is megjelenik a feldolgozás során, ami a talajvízfeltörés jelenségének, mint speciális belvízformának a jellemzőit foglalja magába.

Magyarországon a „belvíz” a mindennapi szóhasználatban teljesen érthető és elfogadott kifejezés, mind a hétköznapi emberek, mind a „vizes” szakemberek körében, ugyanakkor a nemzetközi irodalomban teljesen adekvát megfelelője nincs (pl. az angol nyelvben). Ha ebben a kontextusban a belvíz pontos definícióját szeretnénk megfogalmazni, akkor a különböző tématerületen működő szakmabeliek (vízügyi, mezőgazdasági, mérnöki, ökonómiai, természetvédelmi stb.) a saját tapasztalataikkal kapcsolatban, illetve összefüggésben értelmezik, emelik ki előnyeit és hátrányait. Mi sem példázza ezt jobban, mint Pálfai (2001) tanulmánya „*A belvíz definíciói*” címmel (közel 50 szakirodalmat dolgozva fel), amelyben a számos értelmezést összehangolva megfogalmazta, hogy „*a belvíz a sík vidékek időszakos, de meglehetősen tartós és viszonylag nagy területre kiterjedő jelensége, sajátos vízfajtája*”.

2.1. A belvíz jelenség értelmezése, ok-okozati összefüggések

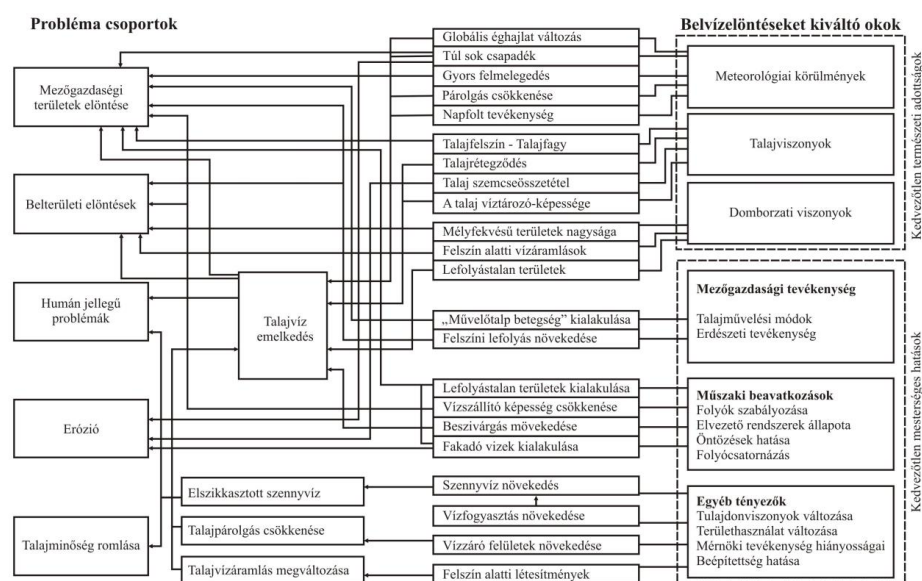
A belvíz keletkezése bonyolult természeti folyamat. A talaj vízháztartását befolyásoló, helyről-helyre változó és sokféle tényező igen szoros kölcsönhatásban, illetve keresztkapcsolatban van. Ezek a belvízképződésben akkor játszanak meghatározó szerepet, amikor adott helyen, adott időben, a legkedvezőtlenebb értékben jelennek meg.

A belvíz kialakulását befolyásoló hatótényezőket alapvetően két részre bonthatjuk időbeliség/változékonyság alapján (Salamín, 1966; Petrasovits és Vajdai, 1982; Vajdai 1974, 1975, 1981; Pálfai, 1992; Várallyay, 2003). Az állandó vagy csak kismértékben változó tényezők közé olyan jellemzők sorolhatók (talajviszonyok, földtani tulajdonságok, domborzati adottságok), amelyek alapvetően determinálják egy területrészen a belvízképződés feltételeit. Viszont azt, hogy az időben állandó hatótényezők által megteremtett belvíz-érzékeny területen mikor alakul ki víztöbblet, azt

az időben változó meteorológiai és hidrológiai tényezők együttes, kedvezőtlen együtt állása határozza meg (Bozán et al., 2008).

Fontos hangsúlyozni, hogy a természeti hatótényezők mellett az antropogén (emberi) hatások szerepe nagy jelentőséggel bír a belvízhelyzet kialakulására, úgymint az aktuális agrotechnikai beavatkozások; talajművelési hibák, belvízelvezető és kettős funkciójú csatornák kiépítettsége, fenntartottsága, üzemeltetése (Vágás, 1989; Kozák, 2006; Bozán et al., 2008; Rakonczai et al., 2011;); területhasználat, földhasználat módja; meliorációs művek állapota; településrendezés (csatornázottság); stb.

Vámosi (2002) szerint a belvízi elöntéseket kiváltó okok úgy csoportosíthatók, hogy azok eleve kedvezőtlen természeti adottságokra, vagy kedvezőtlen hatást kiváltó emberi tevékenységekre vezethetők vissza. Az **1. ábra** jól szemlélteti, hogy a belvízelöntések kialakulását meghatározó okok nemcsak a vízrendezési problémákkal vannak összefüggésben, hanem vízminőségi és vízkészlet-gazdálkodási kapcsolódásaik is vannak.



1. ábra: A belvízképződés ok-okozati összefüggései (Vámosi, 2002)

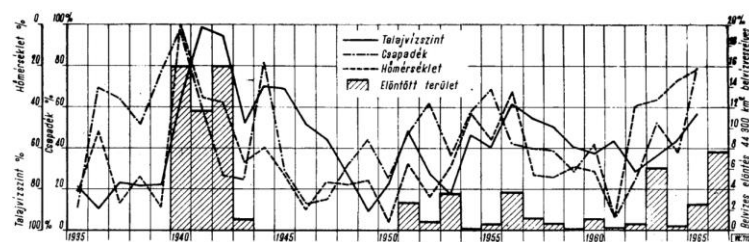
A tényleges belvízi elöntések kialakulása alapvetően két módon valósulhat meg (Ravasz, 1972). Egyrészt a domborzati viszonyok függvényében a Kienitz (1974) által felállított összegyülekezési elmélet szerint (tócsásodás => belvízfolt-lánc => összefüggő belvíz => mederbeni lefolyás), másrészt pedig a talajvízfeltöréses jelenségek során (harmadik megoldásként egyes időszakokban ezek egyszerre is jelentkezhetnek, pl. az 1940-es években a Dél-Alföldön). Az előbbinél a felszínre kerülő víz elfolyását elsősorban talajtani és domborzati tényezők gátolják, míg a felszín alatti víz eredetű

belvizek a felszín alatti nyomásviszonyok (nyomásváltozás) hatására kerülnek a talaj felszínre felé. Utánpótlásuk lehet egyes vélemények szerint (Rónai, 1956, 1961; Urbancsek, 1963) a peremhegységekre hulló csapadék beszivárgásából és áramlásából, míg mások szerint a talajvíz esése olyan alacsony az Alföldön, hogy gyakorlatilag talajvízáramlásról nem lehet beszélni (pangó talajvizek), hanem a sokkal gyorsabb nyomáshullám terjedése kelti a víz felszínre kerülését (Bogárdi, 1952; Ubell, 1959; Orlóci, 1991).

Kreybig (1946) és Oroszlány (1965) hangsúlyozza az őszi és a téli előkészítő csapadékok jelentőségét, amely a természetes vízkapacitás értékéig telítheti a talajt. Ez különösen akkor veszélyes, ha nagy mennyiségű hó hullott, illetve a tavaszi hóolvadás fagyott talajon indul meg. Még veszélyesebb belvízhelyzet alakul ki akkor, ha a fagyott talajon olvadásnak induló hóra meleg csapadék hullik.

Mindezekén túl fontos megjegyezni, hogy a vonalas létesítmények mentén is kialakulhat belvízi elöntés, melyet a vízügyes szakma „VÁGÁS-féle sorban állási elmélet”-ként ismer (Vágás, 1989), amit Kozák (2006) tényleges vizsgálatokkal is bizonyított.

Orlóci és Schlegel (1967) szerint az extrém vízháztartási helyzetek kialakulását elsősorban a meteorológiai szélsőségek határozzák meg. A nagy kiterjedésű belvízelöntések kialakulásáért a több éven át tartó – akár 3-5 év – előkészítő időszak tehető felelőssé, amikor a hőmérséklet és a csapadék jelentősen eltér az átlagtól. Éppen ezért a csapadéktöbblet és a hőhiány halmozódása hozzájárul a talaj nedvességtartalmának és a talajvízszintek fokozatos emelkedéséhez. Orlóci és Schlegel (1967) azt is kimutatták, hogy a belvíz kialakulásáért felelős időben változó tényezők egyirányú változása, illetve a rövid időszakon belüli szélsőséges változása meghatározó jelentőségű a belvíz kialakulásában. A 2. ábra sajátossága, hogy egyrészt az értékeket nem az észlelés mértékegységében, hanem a napi vízjárás hidrográfiaihoz hasonló %-os rendszerben ábrázolja és az ordináta irányát úgy változtatja, hogy az egyes tényezők és a belvízképződés közötti kapcsolat mindhárom tényezőnél azonos jellegű lett.



2. ábra: A hőmérséklet, a csapadék és a talajvízszint évi átlagértékének és a belvízi elöntések területének változása az 1935-1966 közötti időszakban

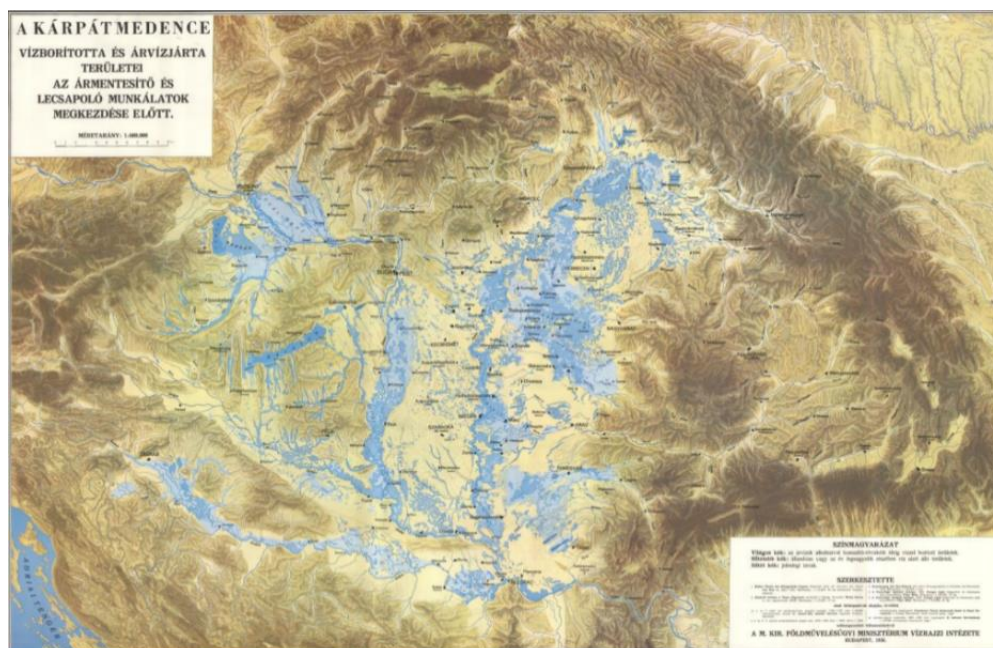
A belvizek előfordulási gyakoriságát, keletkezésének időszakát és tartósságát illetően *Pálfai* (1988) megállapítja, hogy az alföldi területeken a 300 ezer ha feletti elöntések valószínűsége 10%-os, az ennél kisebb mértékű, de még jelentős (100 ezer ha, vagy azt megközelítő) esetek gyakorisága 40%-os. Adatai szerint, a téli-tavaszi elöntések dominálnak, a belvizek fele-harmada nyári, hatoda-nyolcada őszi időszakban jelentkezik. A legtartósabbak mindig a téli-tavaszi elöntések. A legnagyobb elöntések fele rendszerint 20 napig, negyede 50 napig tart. Jellemző az is, hogy az évente bekövetkező elöntések során rendszerint nem ugyanazok a területek kerülnek víz alá. Ezért ilyen esetekben az évi összes elöntött terület nagyobb, mint azokban az esetekben, amikor a belvíz csak egy évszakban fordul elő. Az évszakonkénti legnagyobb elöntések az Alföldön az alábbiak voltak: téli-tavaszi => 340 eha (1966); nyári => 128 eha (1980); őszi => 87 eha (1974).

Összességében megállapítható, hogy a belvízképződés rendkívül összetett természeti folyamat, melyet az emberi tevékenység tovább bonyolít. Ezen elvek mentén választottam ki a belvízképződés természeti tényezői közül a leginkább meghatározó időben állandó és változó tényezőket (talajtani adottságok, domborzati tulajdonságok, sekélyföldtani adottságok, talajvízszint változása, hidrometeorológiai jellemzők) és az antropogén tényezők közül a földhasználat változása.

2.2. A legnagyobb belvizes évek jellemzői (történeti visszatekintés)

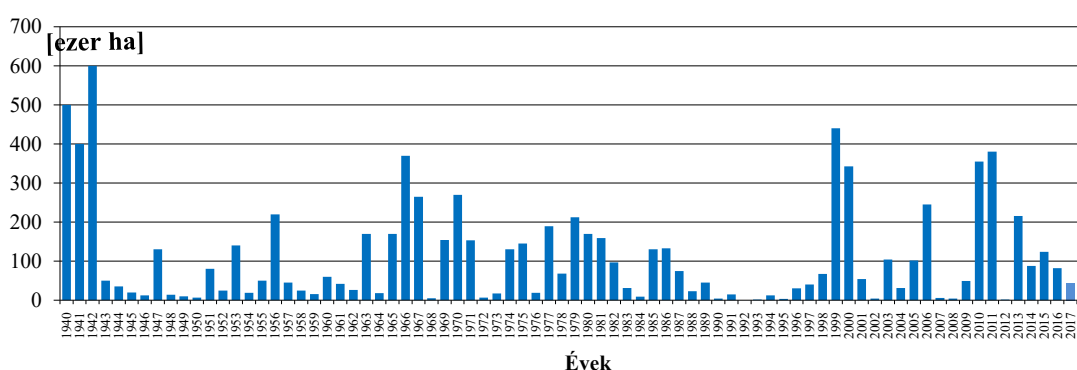
A Tisza és mellékfolyóinak szabályozása a XIX. század második felében indult meg, így a vadvizek új formában jelentkeztek. Addig ugyanis, ha a belvizeket befogadó folyók szintje alább szállt, a fokokon és csatornákon – természetes úton, a gravitáció törvényének engedelmeskedve – a belvizek is lehúzódhattak. Az árvédelmi töltések megépítését követően azonban a vizek szabad mozgása mindkét irányban akadályoztatottá vált. Ezért az ármentesítő társulatok többnyire feladatuknak tekintették, hogy a belvizeket elvezessék a folyókba, azaz a belvíz ellen is védekezzenek. *Szabolcs* (1961) szerint, jóllehet a lecsapolások következtében a Tiszántúlon szárazabb talajképződési viszonyok alakultak ki, mégis a talajvíz szintje a felszínhez – réti talajok alatt – elég közel maradt ahhoz, hogy a talajképződési folyamatokra hatást gyakoroljon.

Az országos léptékű folyószabályozások előtt a táj vízrajzi arculatát a rendszeres elöntések következtében kialakult lefolyástalan, vagy gyenge lefolyású laposok, nagy kiterjedésű mocsár- és lápvidékek határozták meg (**3. ábra**).



3. ábra: Magyarország vízborította és árvízjárta területei az ármentesítő és lecsapoló munkálatok megkezdése előtt (Forrás: MBFSZ)

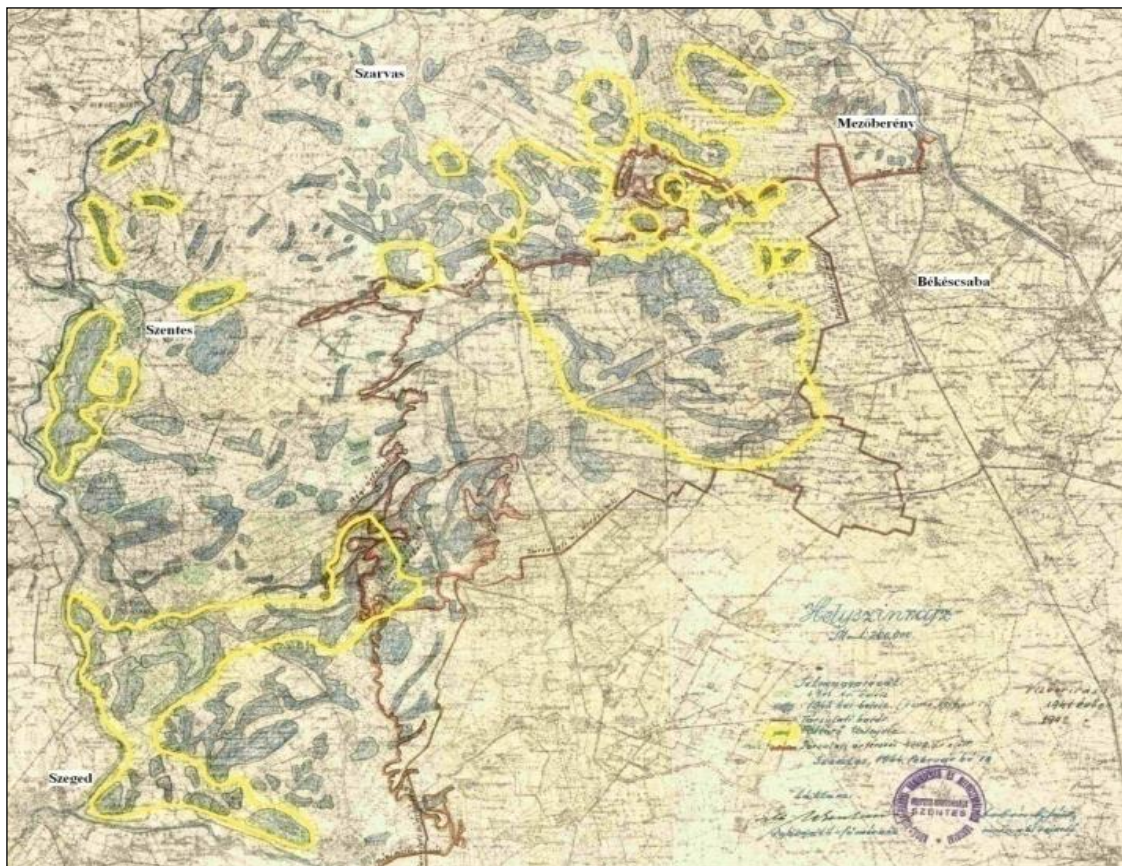
A belvízzel veszélyeztetett területek kiterjedése nagymértékben függ attól, hogy miként alakulnak a lokális hidrológiai és meteorológiai viszonyok. Kifejezetten száraz évben nem jellemző mértékben keletkezik belvizek, viszont csapadékos években több százezer hektár területen is érinthet (Pálfai, 1988, 2000). Előfordulnak olyan évek is, amikor az aszály és a belvizek egy időben jelentkeznek (a 2000-es év volt a legsúlyosabb a Kőrösök vidékén, illetve Szolnok térségében). A legnagyobb (300 ezer hektár feletti) belvízi elöntések az 1940, 1941, 1942, 1966, 1999, 2000, 2010 és 2011-es években voltak (4. ábra).



4. ábra: Belvízzel elöntött terület nagysága 1940-2018 között (Forrás: OVf)

Az egyensúlyban lévő kultúrtáj első, elviselhetetlen terhelését az 1940-es években kapta a „hétköznapi értelemben vett” belvizek, illetve a „földárja” jelenség formájában (Sümegegy 1942a,b; Kreybig 1942; Rónai 1961; Pálfai 1981a, 1983, 1994a; Kiss 1989,

1990). A vízzel borított, illetve átitatott területeken fellépő súlyos károk sok esetben a megemelkedő talajvízállással magyarázhatók, mellyel több irodalom is részletesen foglalkozott (*Berényi*, 1942; *Pálmai*, 1956; *Orlóci és Schlegel*, 1967; *Pálfai*, 1981b, 1983, 1986, 1988). Az 1941-42. évi belvizek és talajvízfeltörések kialakulásában az 1936-tól kezdődő csapadékos időjárás játszott döntő szerepet, különösen sok hullott 1940 és 1941-ben (évi 800 mm körüli). Ezekben az években a napfénytartam és a levegő évi középhőmérséklete jóval az átlag alatt maradt, így a párolgás is alacsony volt, melynek következtében a talaj maradt az egyetlen befogadó, mely fokozatosan telítődött. A talajvíz szintje évről-évre folyamatosan emelkedett, mely igen hosszan tartó kemény telekkel társult (*Balló*, 1966; *Pálfai*, 1981b, 1983). *Kreybig* 1942-ben írt „Talajvízvonulatok tanulmányozása a Körös-Tisza-Maros közén” című jelentésében reagált az akkori Földművelésügyi Miniszternek a fellépett vízkárok természeti adottságokkal összefüggő okainak vizsgálatáról, mely *Sümeghy* (1942a,b) tanulmányát felhasználva vizsgálta a talajvízfeltöréses területeket. A kézzel készített térképen (5. ábra) kék sraffozással láthatjuk a belvízelöntéseket, míg a talajvízfeltörések zónája sárga vonallal került lehatárolásra.



5. ábra: 1941-42-es belvízelöntési térkép, *Kreybig* (1942) nyomán

Érdekességgként bemutatok egy kivonatot Kreybig 1942-es tanulmányából, amely jól leírja a belvíz kialakulásának és kezelésének összetettségét: „A keletkezett vízkárok okait természetesen több irányban kell keresnünk. E tekintetben bejárásom folyamán a következőket állapítottam meg: A tengerszint felett és térszínileg a legmélyebben elterülő öntés stb. talajokon felszíni vízelborítások számos okból keletkezhetnek és pedig mindenekelőtt a felszíni folyóvizek kiöntéséből, a környező magasabb térszínekről rájuk folyó vizektől és a beléjük felhalmozódott csapadékvíz által megemelt talajvíznek felfakadásában, a folyók és magasan vezetett csatornák mellett azok magas vízállása által okozott altalajvízfelfakadásokban, csekély vízraktározóképességben. A tengerszint felett és térszínileg is legmagasabban fekvő löszből keletkezett talajokon és a homokvonulatokon a f. évben különösen nagymértékben tapasztalt vízkárok okai bár helyenként az előbb említettekkel is megegyeznek, legkomolyabb magyarázatukat abban lelik, hogy a keleti peremhegységek előtt elterülő a Körösök és a Maros kb. 10-20 m-el térszínileg magasabban fekvő kavicsos törmelékkúp vízgyűjtője az utóbbi évek rendkívüli csapadékmennyiségeit úgyszólván párolgási veszteség nélkül magábavette, és azt az altalajvíz rendszerben területünk alatt elvezetve annak altalajvizét táplálta.”

Az 1940-es éveket követően kivételesen 1990-ben nem alakult ki belvízhelyzet – mint ahogy azt a **4. ábrán** láthatjuk –, viszont előtte és utána komoly károk keletkeztek. 1997-ben a belvízelöntés országos mértékben nem volt jelentős, ennek ellenére lokálisan, a Felső-szabolcsi öblőzetben a kiugróan magas csapadékok és egyéb körülmények miatt rendkívüli belvízhelyzet alakult ki. 1998-ban hazánk valamennyi belvízrendszerében a sokévi átlagot meghaladó csapadék hullott. A talajvízszintek (az évek óta tartó süllyedést, illetve stagnálást követően) határozott emelkedésnek indultak. A hidrometeorológiai körülmények az 1998-as év folyamán két, viszonylag jól elkülöníthető, hosszan elnyúló belvízvédkezési időszakot eredményeztek. Az első április közepétől augusztus végéig húzódott át, a második pedig október elejétől az 1999-es év tavaszára áthúzódott. Az 1999. év nyarán a záporosökből és felhőszakadásokból újabb belvízi elöntések keletkeztek, sőt az őszi és téli hidrometeorológiai események hatására a sokévi átlag feletti talajvízállások miatt csak a talaj legfelső rétegei voltak képesek az őszi és téli csapadék befogadására. A kialakult helyzet kedvezett a belvízképződésnek és az elmúlt évek, évtizedek egyik legsúlyosabb, mintegy 6 hónapig tartó belvizes időszaka következett (Kling et al., 2003; Szlávik, 2004).

A belvízvédkezéssel kapcsolatos kapacitásbeli változásokat 1900-tól 2000-ig az **1. táblázat** szemlélteti, melyből látszik, hogy a fejlesztések 1990-től kezdve leálltak. Ennek

oka azzal magyarázható, hogy a mezőgazdaság szerkezete átalakult összefüggésben a rendszerváltással, viszont ez nem teszi semmissé azt a vízgazdálkodási alapelvet, miszerint a mezőgazdasági művelésnek, a területhasználatnak alkalmazkodnia kell a helyi vízviszonyokhoz (Váradi, 2000).

1. táblázat: A belvízvédelmi rendszerek kapacitásbeli alakulása Magyarországon

Év	A csatornahálózat hossza (km)					Szivattyúkapacitás (m³/s)	Fajlagos vízzállító-képesség (l/s/km²)
	Főmű	Társulati	Önkormányzati	Üzemi	Összes		
1900					11 990		
1920					19 979	60	
1940					18 049	200	
1945					19 500	262	
1950					22 000	314	
1955					25 000	348	
1960	5 040	9 590		13 068	27 698	453	16,0
1965					29 000	502	22,0
1970					32 800	573	24,0
1975					36 000	686	27,0
1980	11 576	16 867	2 249	8 356	39 054	760	28,5
1985						840	28,5
1990	11 457	16 895	3 082	13 118	44 552	955	28,0
1995	11 873	15 715	1 877	12 096	42 281	964	27,0
2000	11 657	16 140	1 889	12 913	42 598	967	27,0

A történeti áttekintés alfejezet jól szemlélteti, hogy miközben elődeink a belvíz kialakulására és levonulására természeti jelenségként, ugyanakkor a mezőgazdaság térhódításának gátjaként tekintettek, addig az emberi beavatkozás (folyószabályozás) jelentős természetformáló hatására kialakult mellékhatás, azaz a belvíz levonulásának akadályoztatása miatt, további – előre nem tervezett – műszaki beavatkozást (belvízvédelmi rendszerek) kellett végrehajtani.

2.3. A belvíz-veszélyeztetettség térképezése

Összefüggésben az időbeli és területi jellemzőkkel, jellegzetességekkel, a belvíz-veszélyeztetettség térképezése régóta az érdeklődés középpontjában áll. A módszerek az évek során fokozatosan fejlődtek, de általánosságban elmondható, hogy végleges és tökéletes módszer – amely egy az egyben képes lemodellezni a természeti és antropogén folyamatokat és hatásokat – még ma sem alakult ki. Kiemelhetjük, hogy „a térképi modellezés során a különböző kiválasztott rétegeket úgy kombináljuk, hogy egy új térképi réteget kapjunk ennek eredményeként, amely tartalmazza az eredeti térképi rétegek információit, azonban egy teljesen új információt szolgáltat a felhasználónak” (Tamás, 2000). A következőkben ismertetem a jelenleg alkalmazott eljárások lényegét és a

térképszerkesztésben rejlő módszertani különbségeket. Alapvetően három technika kerül alkalmazásra:

- Az első módszer az ún. „*közvetlen vagy direkt térképezés*” (1), mely in situ és légi vagy űrfelvételek feldolgozásán alapszik. Ebben az esetben nincs lehetőség a befolyásoló hatótényezők közötti ok-okozati összefüggések vizsgálatára, ugyanis „csak” egy pillanatképet látunk az aktuális helyzetről és nincs információnk a kiváltó okokról.
- A második térképezési metodika az ún. „*szintetizáló*” térképezés (2), melynek során a függő és független hatótényezők regressziós kapcsolatán alapszik a veszélyeztetettség térképezés. Ebben az esetben már van lehetőség az ok-okozati kapcsolatok vizsgálatára.
- A harmadik metodika az ún. „*integrált hidrológiai modellezés*” (3), mely a hidrológiai változók és a belvizek közötti kapcsolaton alapszik. Nyilvánvaló, hogy ez a fajta dinamikus modellezés nyújtja a legtöbb információt az elöntések becsléséhez, azonban a bemenő „valós idejű” adatigény teljes mértékű kielégítése komoly nehézségekbe ütközik.

(1) A belvízi elöntésekkel kapcsolatos szisztematikus adatgyűjtés már az 1930-as évektől megkezdődött (Somlyódy et al., 2010). Az első Országos Vízgazdálkodási Keretrendben a vízgyűjtőket felmérték (Mosonyi, 1954) és mintegy 80 belvízgyűjtőt határoltak le a rendelkezésre álló adatok alapján. Ekkor készült el az első összesített belvíz-gyakorisági térkép (1:50.000, 1:100.000 méretarányban), mely a regionális vízügyi igazgatóságok által felmért térképi információkon alapultak (1:10.000, 1:25.000 méretarányban). 1980-ban, 20 éves feldolgozás alapján, a VITUKI elkészítette a legnagyobb elöntések 10%-os előfordulási gyakoriságú térképét 1:100.000-es méretarányban (Tóth, 1980). Ez volt az első belvíz-gyakorisági térkép, mely alapján már lehetett következtetni egy adott terület belvíz-veszélyeztetettségére, ugyanis különböző segédterképeket hívtak segítségül a veszélyeztetettségi kategóriák meghatározásához (domborzati tulajdonságok, talajtani adottságok, sekélyföldtani adottságok, talajvízszint változása, földhasználati jellemzők, vizes élőhelyek, csatornák stb.). Ebben az időben az MTA Talajtani Kutatóintézete is megkezdte kutatásait, elsősorban talajtani alapokra helyezve a belvíz megjelenésének okait (Várallyay et al., 1980a,b). 1:100.000-es méretarányban készítették el Magyarország síkvidéki területeinek talajtani alapon 4 kategóriába sorolva a területeket (nincs belvíz-veszélyeztetettség, mérsékelten, átlagosan, és erősen veszélyeztetett).

A mezőgazdasági hasznosítású területen, közel sík, illetve kissé tagolt felszínen elsődlegesen a talajok vízháztartási jellemzői határozzák meg a terület víznyelő, vízvezető, vízraktározó és víztartó kapacitását, mely meghatározó jelentőségű a vízborítás tartósságát illetően (Bozán *et al.*, 2008). Várallyay *et al.* (1980a,b) a vízháztartási paraméterek számszerű meghatározása alapján a magyarországi talajokat az alábbi 9 „vízgazdálkodási” kategóriába sorolta:

1. Igen nagy víznyelésű és vízvezető képességű, gyenge vízraktározó képességű, igen gyengén víztartó talajok (pl. futóhomok, laza, nem humuszos homok), területi arány: 10,5%;
2. Nagy víznyelésű és vízvezető képességű, közepes vízraktározó képességű, gyengén víztartó talajok (pl. humuszos homok, homokos mechanikai összetételű réti, öntés réti és csernozjom talajok), területi arány: 11,1%;
3. Jó víznyelésű és vízvezető képességű, jó vízraktározó képességű, jó víztartó talajok (pl. csernozjom, réti csernozjom, réti öntéstalajok), területi arány: 24,9%;
4. Közepes víznyelésű és vízvezető képességű, nagy vízraktározó képességű, jó víztartó talajok (pl. vályogos réti, agyagos és agyagos vályog mechanikai összetételű réti öntéstalajok), 19,1%;
5. Közepes víznyelésű, gyenge vízvezető képességű, nagy vízraktározó képességű, erősen víztartó talajok (pl. agyag, vályogos agyag mechanikai összetételű réti, mélyben szolonyeces réti talajok), területi arány: 6,2%;
6. Gyenge víznyelésű, igen gyenge vízvezető képességű, erősen víztartó, kedvezőtlen vízgazdálkodású talajok (pl. sztyeppesedő réti szolonyec, pszeudogeleges barna erőtalajok), területi arány: 14,9%;
7. Igen gyenge víznyelésű, szélsőségesen gyenge vízvezető képességű, igen erősen víztartó, igen kedvezőtlen, extrémén szélsőséges vízgazdálkodású talajok, (pl. kérges réti szolonyec, szoloncsák-szolonyec), területi arány: 3,6%;
8. Jó víznyelésű és vízvezető képességű, igen nagy vízraktározó és víztartó képességű talajok, (pl. moha- és rétláptalajok), területi arány: 1,3%;
9. Sekély termőrétegűség miatt szélsőséges vízgazdálkodású talajok, (pl. rendzina, fekete nyiroktalajok), területi kiterjedés: 8,4%.

A második Országos Vízgazdálkodási Kerettervben 1:500.000-es méretarányban készült el Magyarország síkvidéki területeinek belvíz-veszélyeztetettségi térképe (Pálfai, 1982; Varga, 1984a,b), amely a későbbiekben megújításra került (Pálfai, 1987) különböző környezeti tényezők felhasználásával. A térkép négy osztályközt alkalmaz (nem, mérsékelten, közepesen és erősen veszélyeztetett). Ez a térkép a későbbiekben digitalizálásra került (VIZITERV, 1999; Pálfai, 2000). A térképezés alapjául a belvízelöntési adatok szolgáltak, amit Pálfai (1981b, 1992, 1994b) munkáiból ismerhetünk. A metodika alapján a tényleges belvízi elöntések adatait pausz papírra

átrajzolva, azokat egymásra helyezve állapította meg, hogy a vizsgált területen hány alkalommal volt „belvízfolt”. Így a foltok számát elosztva a vizsgált időszak éveinek számával megkapta az elöntés relatív gyakoriságát (**2. táblázat**). Következő lépésként a pausz papíron lévő nyers belvíz-gyakorisági térképet sorra ráhelyezte a domborzati, a földtani, a talajtani stb. adottságokat jellemző térképekre, melyek alapján módosította a nyers térkép határvonalait (Pálfai, 2003).

2. táblázat: Pálfai-féle veszélyeztetettségi besorolás (Pálfai, 2003)

Veszélyeztetettségi kategória	Az elöntés relatív gyakorisága	Szöveges minősítés
1.	< 0,05	Belvízzel nem, vagy alig veszélyeztetett terület
2.	0,05 – 0,10	Belvízzel mérsékelten veszélyeztetett terület
3.	0,11 – 0,20	Belvízzel közepesen veszélyeztetett terület
4.	> 0,20	Belvízzel erősen veszélyeztetett terület

Pálfai (2003) a területek belvíz-veszélyeztetettségét egyetlen számmal (belvíz-veszélyeztetettségi területi mutató, BV) jellemezte, az alábbi képlet szerint:

$$BV = \frac{0,005 A_1 + 0,075 A_2 + 0,150 A_3 + 0,4 A_4}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4} \cdot 100$$

ahol A_1 , A_2 , A_3 és A_4 az egyes veszélyeztetettségi kategóriák értékhatáraihoz tartozó terület km^2 -ben. A BV értékek alapján nem (<0,15), enyhén (0,15-1), mérsékelten (1-1,5), közepesen (1,5-5) és erősen (>5) veszélyeztetett kategóriákat határolt le (Pálfai, 2003).

A publikus távérzékelte adatok megjelenésével és a feldolgozási technikák fejlődésével az „in situ” felmérések kiválthatóvá váltak (Rakonczai et al., 2003; Licskó, 2009). Számos különböző térképezési metódus áll rendelkezésre, melyek közül a belvíz felmérésére számos megoldás született: Csekő (2003) radar adatokat dolgozott fel; Csornai et al. (2000) kombinálták a radar adatokat az optikai szenzorok által felmért adatokkal; Rakonczai et al. (2001) kiemelték a Landsat-alapú osztályozás előnyeit (és hátrányait) az „in situ” felvételezéssel szemben; Licskó (2009) és Szatmári et al. (2011a,b) légifotókat alkalmaztak a belvízfoltok azonosítására; Mucsi és Henits (2011) szubpixel alapú osztályozást végeztek Landsat idősorokon; Csendes és Mucsi (2016) hiperspektrális felvételeket kombináltak légifelvételekkel; a LIDAR felvételeket (Bíró, 2016; Gyálya, 2018), míg van Leeuwen et al. (2012) mesterséges neurális hálókat alkalmaztak a belvízosztályozásban. Mindezekén túl vannak nemzetközi tapasztalatok is, miszerint a hiperspektrális felvételek alkalmasak a talajnedvesség és a belvízelöntések közötti vizsgálatok kielemezésére is (Dely et al., 2010; Sobrino et al., 2012).

(2) A GIS alapú „szintetizáló” térképezés már alkalmas arra, hogy a befolyásoló tényezők alapján készítsünk belvíz-veszélyeztetettségi térképet. A különböző földrajzi információs rendszerek integrációja lehetővé teszi a befolyásoló tényezők térbeli eloszlásának pontos meghatározását és a belvízelöntések számszerűsítését (Thyll és Bíró, 1999; Bíró, 2000; Bíró *et al.*, 2000; Env-in-Cent, 2001; Tomor, 2007; Tomor *et al.*, 2007). A hivatkozott szerzők a befolyásoló tényezők kategória-térképeinek átfedésével (szivárgási tényező, maximális tározókapacitás, konvexitás, mikrovízgyűjtők kiterjedése, művelési ág) a vizsgált terület belvíz-veszélyeztetettségi térképét szerkesztették meg. A korrelációs vizsgálatok arra mutatnak rá, hogy a réti talajok esetében a belvíz kialakulásában a talaj tározókapacitása és a konvexitás meghatározó. A hasonló alapokon nyugvó, ún. többváltozós regresszió-analízisen alapuló „szintetizáló” térképezés (Pálfai *et al.*, 2004; Bozán *et al.*, 2005) az elmúlt évek során többször is bizonyított, miszerint a befolyásoló tényezők (talajtani adottságok, sekélyföldtani adottságok, domborzati tulajdonságok, földhasználat, talajvízszint változása, hidrometeorológiai jellemzők) számszerűsítése lehetővé teszi a veszélyeztetettségi értékek pontos becslését (Bozán *et al.*, 2009; Pásztor *et al.*, 2009; Pásztor, 2018).

(3) Kozma (2013) szerint az „integrált hidrológiai modellek” a leginkább alkalmasak a belvízelöntések térbeli és időbeli változásának leírására, melyet Borah és Bera (2003), Thompson *et al.* (2004) és Daniel *et al.* (2011) vizsgálataival támasztanak alá. Az alkalmazott modellek algoritmikus módon kapcsolják össze a 3D területi (csapadék, evapotranszspiráció) és az 1D hidrológiai (szárazföldi lefolyás és a felszín alatti vízmozgás telített és telített zónában) folyamat dinamikus szimulációját. A matematikai leírás meglehetősen bonyolult a fizikai folyamatok összetett kapcsolatának köszönhetően. A WateRisk modell több modellt is integrál, úgymint az összegyülekezés és lefolyás, a beszivárgás, a csatornában lezajló vízmozgást és a talajvízszint változását leíró modelleket (Koncsos, 2011; Kozma és Párditka, 2011; Kozma, 2013; Kozma *et al.*, 2013, Jolánkai, 2014). A modellező rendszer empirikus egyenleteket is figyelembe vesz a csapadék, a hó felhalmozódása és olvadása, valamint az evapotranszspiráció figyelembevételénél. Az egyes modellek közötti kapcsolatot az érintett közbenső számítási adatok algoritmikus továbbítása biztosítja. Mivel a modellezés a forgatókönyv-megközelítésen alapul, a WateRisk lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy a vízgazdálkodás valamennyi aspektusából vizsgálják meg a klímaváltozást, a népességváltozást, a mezőgazdasági gyakorlat módosítását, a földhasználat változását és a legjobb gyakorlatokat bármely régióban. A modell elkészült a Szamos-Kraszna-köz

kísérleti területre, viszont az országos léptékű modellfuttatás még várat magára a nagyszámú – legtöbbször valós idejű – bemeneti adatok hiánya miatt.

Megállapítható, hogy mindhárom térképezési metodikának megvannak az előnyei, ugyanakkor a hátrányai is (**3. táblázat**). Mindezek mellett kitörési pont lehet a térképezési metódusok kombinálása, ugyanis az „*in situ*” felvételezések fejlődése megfelelő alapot biztosít a belvíz-gyakorisági térképek elkészítéséhez, ami egyben a „szintetizáló” térképezés regressziós vizsgálatainak és az „*integrált hidrológiai modellezés*” validáló vizsgálatainak bemenő információja. Országos léptékű térképezési munka esetén a szintetizáló térképezés és az integrált hidrológiai modellek megfelelő kombinálásával a módszertani hátrányok kölcsönösen kiküszöbölhetők, míg az előnyök erősíthetők.

3. táblázat: Térképezési technikák előnyei és hátrányai (Forrás: saját szerkesztés)

	„ <i>In situ</i> ” vagy távérzékelte felvételezés (gyakoriság)		„Szintetizáló” térképezés (veszélyeztetettség)		„Integrált hidrológiai modell” (kockázat)	
	előnyök	hátrányok	előnyök	hátrányok	előnyök	hátrányok
Munka- és számításigény	automatizálható	szakember-igényes	automatizálható	speciális szakemberigény	részben automatizálható	speciális szakemberigény
Kalibráció, validáció	tényleges felmérésen alapul	korlátozott hozzáférési adat	nagy adatmennyiség	korlátozott	lehetséges	robosztus
Veszélyeztetettség számítás	-	részben alkalmazható	lehetséges	csak mennyiségi számítás	lehetséges	csak minőségi számítás
Kockázat elemzés	-	részben alkalmazható	lehetséges	részben alkalmazható	foratókönyv elemzés	részben alkalmazható
Vízkezelés	-	nem veszi figyelembe	-	nem veszi figyelembe	lehetséges	korlátozott (földhasználat)
Alkalmazhatóság	regionális fejlesztés	ok-okozat nem vizsgálható	lokális és regionális fejlesztés	közepes szintű ok-okozati összefüggés vizsgálat	lokális fejlesztés	magas szintű ok-okozati összefüggés vizsgálat

2.4. Belvizes területek hasznosíthatósága

Az iparszerű mezőgazdaságban a mennyiségi elvű termelés dominált, azonban napjainkban egyre inkább a minőségi termelésre fektetjük a hangsúlyt. Ennek ellenére jellemző, hogy nem a természeti adottságokhoz igazodó termesztés-technológiát (termőhely-specifikus), illetve földhasználati módokat részesítik előnyben. A megfelelő termőhelyi adottságokkal rendelkező, mezőgazdasági termelésre alkalmas területeken egyértelműen a „jó mezőgazdasági gyakorlat” elvei mentén kell folytatni a termelést, viszont a szélsőséges vízháztartású, gyenge vagy gyenge közepes termőhelyeken más jellegű, alternatív hasznosítást kell, illetve érdemes alkalmazni. Jelen fejezetben szeretném összefoglalni azokat a lehetőségeket, melyek a belvíz által veszélyeztetett területeken alkalmazott gazdálkodási formákat, alternatív földhasznosítási lehetőségeket,

az összegyülekezett víztöbbletek hasznosítási lehetőségeit, a természetes vagy létesített vizes élőhelyek fenntartását, a lehetséges ökoszisztéma szolgáltatásokat és a vízhez kapcsolódó egyéb hasznosítási formákat ismertetik.

Termőhely-specifikus termesztéstechnológia: A belvízzel veszélyeztetett területeken, ahol a talaj minősége és termékenysége megengedi a nagy termelési értékű növények termesztését, olyan rövid tenésziidejű fajokat, illetve fajtákat kell választanunk, amelyek késő tavasszal vethetők. A kukoricahibridek közül elsősorban a FAO 200-400-as éréscsoportba tartozó fajták jöhetnek számításba, megfelelő agrotechnikai feltételekkel (Ruzsányi, 2000). A hektáronkénti tőszámot 20-30%-kal érdemes csökkenteni, emellett 20-40%-kal több műtrágyát kell kijuttatni, illetve érdemes a szerves trágya alkalmazását szorgalmazni. A növényvédelemre (egyben a gyomszabályozásra is) komolyabb figyelmet kell fordítani, mivel a vetett kultúrák kezdeti fejlődése visszafogottabb lesz, szemben a vízborítást jobban tűrő gyomnövényekkel (Körösparti és Bozán, 2013). A silókukorica termesztése is szóba jöhet, viszont itt is az alacsonyabb FAO számú fajtákat kell előnyben részesíteni.

A belvíz által fokozottan veszélyeztetett területeken figyelembe kell venni, hogy az előntések időben sokáig elhúzódhatnak. Ennek következménye, hogy a tavaszi talaj-előkészítő munkálatokat, illetve a vetést nem tudjuk időben elkezdni, emiatt ezeken a területeken javasolt a késői vetésű növények alkalmazása. Ezt csak rövid tenésziidejű fajtákkal lehet megoldani, amire pl. a szál- és takarmánynövények kitűnően alkalmazhatók (Vajdai, 1975). Így, ha megfelelő a talaj természetes termékenysége takarmánynak eredményesen termesztethető a köles, a muhar, a szudánifű, a fehér mustár és a csalamádénak termesztett kukorica.

A hagyományos termesztési múlttal rendelkező növények és főbb termesztési körzetük (rég, nagy múltú növények) Nátor (2001) nyomán a következők: a rizs (Békés, Szeghalom, Körösladány); a rostkender (Vésztő, Sarkad); a napraforgó (Békés megye északi részén); a káposzta (Körösnagyharsány); gyógynövények (Biharugra); lucerna, fűmag (Szeghalom és környéke). A 4. táblázat adatai szerint is belátható, hogy adott területen azt a növényt kell termesztünk, melyhez a természeti adottságok a leginkább megfelelnek.

A takarmánycirkok közül a szudánifű talajigénye a legkisebb (Radics, 2001). Kisebb hőigényének köszönhetően a hidegebb, kötöttebb talajokon is termesztethető. Évente kétszer, illetve háromszor is kaszálható (100-120 t/ha átlagtermés).

A seprűcirok jól terem mindenféle agyag- és homoktalajon, de legjobban a középkötött agyag és vályogtalajon díszlik. A seprűcirok termesztése a vidékfejlesztéséhez is jól kapcsolódik, ugyanis nemcsak bevételt eredményez, hanem munkaalkalmat is teremt (seprűkötés).

4. táblázat: Természeti adottságok alkalmassága a fontosabb szántóföldi növények számára

Növény/település	Mezőkovácsháza	Orosháza
Búza	1	1
Rozs	2	2
Zab	3	2
Tavaszi/őszi árpa	1	1
Rizs	3	2
Kukorica	1	1
Burgonya	3	3
Napraforgó	1	1
Paradicsom	1	1
Vörshagyma	1	2
Cukorrépa	1	1
Takarmányrépa	2	3
Fűszerpaprika	1	1
Lucerna	1	1
Vörshere	2	3
Kalászosok átlaga	1,3	1,4
Olajnövények átlaga	1,0	1,0
Zöldségfélék átlaga	1,0	1,3
Szálaktakarmányok átlaga	1,5	2,0
Gyök gumósok átlaga	2,0	2,3
Szántóföldi növénytermesztés átlaga	1,58	1,63
Jelmagyarázat: 1 = optimális természeti-termelési adottságok, 2 = jó, 3 = gyenge, 4 = alkalmatlan		

Forrás: Enyedi, 1964

A fehérjedús takarmánynövények termesztése jelentős szerepet játszhat a mély fekvésű, hideg talajok hasznosítása szempontjából (Varga *et al.*, 1965). A szarvaskerep az éghajlattal és a talajjal szemben nem igényes, ezért termesztése még az agyagos, nyirkos területeken is kielégítő eredményt mutat. Nagyon értékes tulajdonsága, hogy a legeltetést rendkívül jól bírja. Az őszi bükköny (Szösös- és Pannonbükköny) az éghajlattal szemben szintén igénytelen. Termesztésük, mind a száraz, mind a nedves (mocsaras), csapadékos vidéken jó eredményt ad. Felhasználható korai zöldtakarmánynak vagy széna készítésére, de legeltetni nem ajánlatos. A csillagfürtök közül a sárga csillagfürt a legigénytelenebb a talajjal szemben, sikerrel termeszthető a savanyú és a kötött talajokon, ennek ellenére mélyfekvésű, belvizes területekre feltételekkel javasolható. A fehér somkóró jól termeszthető nedves talajviszonyok között is, rendkívül ellenálló az őszi és tavaszi fagyokkal szemben is.

Jánossy (1968) vizsgálatai szerint a vörös here jól termeszthető, pl. a Bodroghöz magas talajvízű, időnként vízzel borított területein is. Igényességére azonban jellemző, hogy fejlődésének korai szakaszában viszonylag nagy mennyiségű csapadékot igényel, melyet alföldi viszonylatban csak öntözéssel lehetne biztosítani. Kitűnő takarmány, silózása gazdaságos. Telepített legelők, vagy kaszálók füveskeveréke a fehér here,

melynek nagy levelű, magas szárú formája a lódihere. Éghajlati igénye hasonló a vörös heréhez, viszont a kötöttebb talajokon is megterem. Első évben kaszálóként, másod és harmad évben legelőként használják. Szintén a csapadékos és nedves éghajlatot kedveli a korcshere. Talajigénye lényegesen kisebb, mint a vörös heréé, ezen kívül a vízzel borított területen is megél. Takarmánytermesztésre önmagában vetni viszont nem érdemes. Jól társul réti komócsinnal. A gyors fejlődésű egyiptomi (alexandriai) here késői vetésideje miatt jól termesztethető belvizes területeken is. Főnövényként április végén, május elején kell vetni, mert nem bírja a késői fagyokat, viszont másodvetésre is alkalmas (legkésőbb július elején). Hasonlóan később is vethető a fonák (perzsa) here is, a kisebb tavaszi fagyokra kevésbé érzékeny.

Erdősítés és gyepesítés: Megfelelő fafajok telepítésével úgy a hullámterek, mint a belvizes területek megfelelően hasznosíthatók és jó hozamra képesek. Telepítésre javasolható fafajok: fehér fűz, kőrisek, fekete dió, nyárfafélék, kanadai nyár, tölgy, zöld juhar, hársak, éger, szilek, mocsári ciprus (Tóth, 2000). Hullámtereken és belvizes területeken is az őszi telepítés javasolt, ugyanis a csemeték víztűrő képessége jóval alacsonyabb, mint a már fejlődő, illetve kifejlett egyedeké. A hosszan tartó elöntés még az egyébként víztűrő fajok csemetéit is jelentősen károsíthatja. A belvíz-veszélyeztetett területeken a termőhelyi és a termesztési lehetőséghez igazodó erdősítés-fásítás előnyei az alábbiak (Tóth, 2000):

- a fák számára kedvező vízellátottságú viszonyok következtében rendszerint erőteljes növekedésű erdők, fásítások kiugróan nagy lombtömeget, ennek következtében bőséges avarmennyiséget állítanak elő. Ez kedvezően befolyásolja a talaj vízháztartását, humuszállapotát, a talajszerkezet javulását, vagyis stabilitását. Mindezt egybevetve, tartós melioratív hatás alakul ki;
- a konkrét termőhelyi adottságoknak megfelelően megválasztott fafajú és szerkezetű erdősítések, fásítások a kedvező körülmények hatására többnyire kiemelkedő magassági növekedést érnek el, ezzel nagyobb távolságra érvényesülő szélterelő szerepet töltenek be (aszály-veszélyeztetettség csökkentése);
- jelentős arányban jó fatermő-képességű gazdasági rendeltetésű erdők hozhatók létre (kedvező esetben jó nemesnyarasok, kocsányos tölgyesek);

- a befásított területek értéktermelő, gazdaságosan művelhető, jövedelmező egységekké válnak, ahol a mezőgazdasági növénytermesztés számára már pusztító hatású belvíz a károkozás helyett – a fatermesztésben hasznosul;
- a belvíz-veszélyeztetett területek erdősítése az egyéb erdősítésekhez-fásításokhoz képest vagy minden többletköltség nélkül, vagy legfeljebb kis többletköltséggel, csekély eszköz- és energiaráfordítással hajtható végre, a belvíz-mentesítése költségek évenkénti ismétlődése nélkül;
- az erdős-fás területek a belvizek időszakos többletvizének átmeneti elhelyezésére pufferterületül szolgálnak; ezzel elősegíthető a növénytermesztéshez alapvető fontosságú víz visszatartása, megőrzése a térségből való gyors eltávolítása helyett;
- mindezek együttes következményeként a belvíz-veszélyeztetett területek erdősítése és fásítása messzemenően szolgálja a többoldalúan racionális területhasznosítást, a komplex melioráció hatékonyságát, a környezetvédelem-környezetfejlesztés, valamint a tájfejlesztés érdekeit.

Ki kell emelni, hogy az egyik legelőnyösebb hasznosítási forma a gyepesítés, mely egyszerűen megoldható. A gyepek jellemző tulajdonsága a jó nedvességtűrésük, azonban itt is meg kell jegyezni, hogy az egyes fűfajok viselkedése sem egyforma. A felületi vízborítást, illetve a magas talajvízszintet igen jól bírja a réti ecsetpázsit, a hernyópázsit és a zöld pántlikafű. A zöld pántlikafű mélyrétegű, táperőben gazdag vizenyős talajon alkot gyepet (Vinczeffy, 1993). Jelentőségét igen nagy termése biztosítja, szénája ugyanakkor csak közepes minőségű, bár az állatok a szénáját és zölden is szívesen fogyasztják. A selyemperje gyep szintén a vizes területek gyeptársulása, ennek ellenére szénája gyenge minőségű, átlagtermése közepes. A réti ecsetpázsit gyep kötött, vízállásos vagy a vegetációs idő egy részében mocsaras jellegű területeken is megél. Általában csak az első kaszálásból származó termés megfelelő, viszont sarjúja kevés. Öntözéssel és megfelelő műtrágyázással sarjúja is legeltethető lesz. A tarackos tippan gyepek nedves, vizenyős talajokon alakultak ki. Társnövényei általában vízkedvelők. Első növedékét kaszálással célszerű hasznosítani, utána kiváló legelőt ad. A réti csenkesz hazánk legjelentősebb gyeptípusa. Sík vagy kissé mély fekvésű, a vegetációs időszak egy részében kissé vizenyős talajon is jó hozammal megél. Évente kétszer, néha háromszor is kaszálható. A legnagyobb termőképességű gyepeink, mely pillangósokban gazdag, tiszta minőségű szénát ad. Ha talaja felszárad, sarjút is legeltethetjük. A réti csenkesz gyeptípus rendkívül nagy alkalmazkodó képességgel rendelkezik. A hasonló vízigényű,

de keveset termő, gyengébb minőségű gyeptípusok megfelelő műtrágyázással, esetenként felülvetéssel átalakíthatók nagy termőképességű réti csenkeszes gyepekké. A kékperje gyepek lápos és láptalajon keletkeznek. Száraz évjáratban alig ad kaszálásra érdemes termést, míg nedves években jól terem. Nedvesebb körülmények között műtrágyázással átalakíthatók réti csenkesz típusú gyeppé. A sovány perje gyepek a nedves, illetve félszáraz viszonyokat is kedveli. Fajokban és pillangósokban nagyon gazdag gyepek.

Rét-, legelőgazdálkodás: A rétek és legelők számára az időszakos vízborítás hasznos is lehet, viszont az időben elnyúló elöntéseket nehezen tudják tolerálni. Legelőtelepítéskor különös figyelmet kell fordítani arra, hogy milyen mértékben viselik el a tiprást, milyen a választott kultúra sarjadó-képessége. *Petrasovits és Balogh* (1969, 1975) javaslata szerint, a fűkeverékben szereplő fajok közül a szálfüvek aránya kisebb legyen, mint az aljfüveké, illetve a keverékfüvek mellett kisebb mértékben tartalmazzanak pillangósnövényeket is. A hullámterek, belvizes területek legelőtelepítése során a következő vetőmagkeverék szükséges: réti csenkesz 25%, réti perje 40%, tarackos tippán 20%, fehér here 10%, szarvaskerep 5%.

Gyümölcsösök: Néhány évtizeddel ezelőtt még a hullámterek hasznosításában nagy jelentősége volt a gyümölcsösöknek. A belvizes területek hasznosíthatósága szempontjából ezen tapasztalatok felhasználása előremutató lehet. A hullámterek hasznosítása során kiemelt jelentősége volt a diónak és a szilvának, esetenként az almának. *Andrásfalvy* (1973) felmérése szerint (melyről *Réthy* 1986-os munkájában is olvashatunk) az árterek mozgó talajvize, a rövid ideig tartó és iszapoló trágyázással is felérő árvizek, a vízmellék paradís mikroklimája és hazánk napfényessége igen kedvezett a gyümölcsfajták fejlődésének és termésének. Mintegy 60 régi alma és 45 régi körtefajta nevét találta meg az ártéri gazdálkodásról szóló irodalmakban, melyeken kívül jelentős mennyiségben termelt még mintegy 20-féle szilva, 5-6-féle cseresznye, 4-5-féle meggy, szórványosan som, berkenye, egres, naspolya és ribizli. Ezen fajok termesztésbe való bevonása jelentős szerepet egyrészt a belvizes területek hasznosítását illetően, másrészt pedig a biotermékek iránti növekvő igények kielégítésében.

Nádgazdálkodás: A nád termesztésének alapfeltétele, hogy a víz áramoljon az állandó vízfrissítés érdekében, illetve a nádat borító víz magassága 40-100 cm közötti legyen (*Ruttkay et al.*, 1964). A nádasok tényleges evapotranszpirációjának mértéke elérheti az 1500 mm-t is, így az összes vízszükséglete évenként 2000-2500 mm. Emiatt közvetlenül

a belvizes területek hasznosítása nehezen megoldható, mivel ilyen esetekben szükségszerű lenne az időközönkénti vízcseré kivitelezése. Ennek ellenére a nádgazdálkodás javasolható belvizes területeken, ha komplex hasznosítást tűzünk ki célul. Például a halastavak és nádasok közös rendszerének előnye, hogy a tápanyagban terhelt halastó vize áthalad a szűrőként funkcionáló nádason. Ezzel egyrészt tisztítjuk a befogadóba jutó vizet, másrészt értékesíthetjük a nádat. A nád felhasználási módjai a következők: a kévenád, mint tetőfedő anyag és halastavak töltésének védelmére alkalmazható. A nádszövet felhasználható mint vakolattartás, védőfüggöny, kertészeti és erdészeti csemetekertekben, melegágyak és üvegházak borításában fagy- és árnyékoló függönyként. A nádlemezek alkalmazhatók hőszigetelésként az építőiparban. Ezeken kívül a nádhulladék alkalmas cellulóz és papír előállítására is, amely kiválthatná az értékes fa alapanyagok felhasználását. Meg kell említeni a sásokat is, amelyek olyan kiszáradó mocsarakban és mélyebb fekvésű helyeken díszlenek, ahol a víz állandóan és bőven rendelkezésre áll. A sásgyepek takarmányozásra alkalmatlanok, viszont nagy tömegük miatt jelentős alomanyagot adnak.

Rizstermesztés: A rizs nagy hő- és vízigénye, illetve a telepek létrehozásához szükséges vízzáró réteg megléte behatárolja, hogy az ország mely területein termesztethető. A talaj rizstermesztésre való alkalmasságát a rizstelepek tervezése előtt kell meghatározni, amelynek kritériumai között a megfelelő felületkialakítás, a termőréteg mélysége, a talaj víztartó képessége és sótartalma a legfontosabbak (Simonné, 1983). Ennek megfelelően a vizsgálati terület számos része alkalmas rizstermesztésre, amely nagyrészt ki is épült, viszont a birtokstruktúra váltását követően jelentős részük felszámolásra került. Legfőképpen a légi- és űrfelvételek tanúskodnak arról, hogy a felhagyott rizstelepeken a belvizek megjelennek. A rizstermesztés előnye még azzal is magyarázható, hogy számos törekvés indult arra, hogy az állandó vízborítás megléte miatt integrált hasznosítást lenne célszerű alkalmazni (pl. rizs-hal). Emellett lucernával vetésváltásban tovább lehetne fokozni a kihasználtságot és a telepek megújítása is megoldható lenne.

Gyógynövénytermesztés: A gyógynövénytermesztésben nagy lehetőségek vannak, ami annak köszönhető, hogy számos gyógyszer, vegyi- és egyéb iparágak nyersanyagaként szolgálnak (Szathmáry, 1957). Az ánizs – melynek felhasználása a gyógyászatban és a háztartásokban ételízesítőként jelentős – kedveli a közép-kötött, elég meszet tartalmazó

nyirkos talajokat. A fodormenta – jellemzően a gyógyszer-, élelmiszer- és kozmetikai ipar hasznosítja – szintén a nyirkosabb területeken díszlik jól. Az édesgyökér a mélyrétegű, nyirkos talajokat kedveli. A mélyebb fekvésű lapályok, különösen a folyók partjain lévő árterületek használhatók telepítésére és termesztésére. A humán- és az állatgyógyászatban egyaránt felhasználják. Az orvosi lestyán – felhasználása gyógyászatban és fűszernövényként – a nyirkos, mélyrétegű, közép-kötött talajokat kedveli leginkább. Míg a konyhai és az édes kömény – felhasználása gyógyászatban, konzerviparban és fűszernövényként – szintén termesztethető időnként nedves, nyirkos területeken.

Vízvisszatartás és tározás: A mélyebb fekvésű legelők övgátolásával igen jól hasznosíthatjuk többletvizeinket (Szűk, 1966). Tározással a belvízcsatornák mentesíthetők, így lehetőség nyílik az értékesebb területekről a rövidebb idő alatti levezetésre. Ezen túl az ideiglenes, állandó vagy szükség tározók, holtágak, halastavak, övgátolt legelők, eltemetett folyómedrek szintén számításba vehetők.

Napjainkban egyre több jelentés érkezik arról, hogy a lefolyó belvizek jelentős mennyiségű növényvédőszer, illetve oldott műtrágyát tartalmaznak. Ez természetesen nehezíti a feladat megoldását, de a lehetőségek számbavételekor mindenképpen gondolnunk kell az övgátolt legelők területének növelésére. Számos vizsgálat tanúskodik arról, hogy a terhelt vizet ún. szűrőmezőn (nádas, sásos, gyékényes) való átvezetéssel tisztíthatjuk. Mindezekkel szemben – régebbi tanulmányok szerint (Szűk, 1966) – például a Kutas belvízrendszerben létesített övgátolt szikes legelőkön tározott vizet még öntözésre és kacsatenyésztésre is alkalmazták (mint köztudott, ekkor kezdett robbanásszerűen növekedni Magyarország műtrágya-, és vegyszer-felhasználása).

Halastavak, multifunkcionális tógazdaságok létesítése: A halgazdálkodás jelentős előnye más mezőgazdasági ágazatokkal szemben, hogy olyan területek művelésbe vételét is lehetővé teszi, amelyek egyébként alkalmatlanok lennének gazdaságos mezőgazdasági termelésre. Hazánkban ezek főleg a szikes, illetve az erősen kötött réti talajú területek, amelyek igen rossz talajszerkezeti és vízháztartási tulajdonságokkal rendelkeznek. A szikjavítási módszerek között – a természet példáira támaszkodva – a halgazdasági hasznosítás már kezdetben szóba jött. Landgráf János, hazánk első halászati felügyelője ösztönözte a belvizes területek kombinált hasznosítását, és már 1904-ben öntözővíz tározóként is felvázolta a halastavak szerepét (Tasnádi, 1997). Hazánkban az elmúlt 100

évben számtalan kedvezőtlen tulajdonságú területen épült halastó, amelynek egyik legmeghatározóbb szemléltetője a hortobágyi halastórendszer kialakítása az ottani rendkívül rossz talajadottságú szikes területeken. Már 1912-ből találunk ajánlást a Debreceni Gazdasági Lapokban, ahol mint a szikjavítás egyik fontos eljárási módjaként említik a halastó gazdaságok létesítését, amely legtöbbször a jövedelmezőség tekintetében az öntözéses gazdálkodást, növénytermesztést is felülmúlja (Dunka, 1996). Az itt megépített több ezer hektáros halastóterület iskolapéldája lehet manapság a kedvezőtlen adottságú területek hasznosításának. A halastavak jelenleg nem csak, nemcsak mint haltermelő egységek funkcionálnak, hanem számtalan komplex formáját szolgáltatják az alternatív hasznosítási lehetőségeknek, a helyi adottságoknak és a természetvédelmi követelményeknek megfelelően. Egyes területeken változatlanul megtalálhatjuk a hagyományos tógazdasági tevékenységet, ugyanakkor egyre inkább előtérbe kerülnek az alternatív hasznosítási lehetőségek, mint például az öko- és horgászturizmus, vagy vizes élőhelyek biztosítása szigorúan természetvédelmi céllal. A természetvédelem és az alternatív hasznosítási módok jelentőségének növekedésével a halastó hagyományos jelentése egyre inkább átadja a helyét a multifunkcionális vizes élőhely fogalmának. A hortobágyi és szegedi halastórendszereknek a térség fejlődésére, szocio-ökonómiai viszonyaira gyakorolt hatása nehezen mérhető, azonban a nagy hozzáadott értékű halgazdálkodási termelés lehetővé tételével az addig nehezen művelhető, rossz vízháztartású területeken jelentősnek mondható.

A halgazdálkodás nyújtotta előnyök ellenére azonban mindenképpen szükség van komplex, átfogó helyzetfelmérésre egy-egy kedvezőtlen adottságú terület alternatív hasznosításának kidolgozásához. Nyilvánvaló, hogy a magas befektetési költséget és a megvalósításhoz összetett környezeti feltételrendszer teljesülését igénylő halgazdálkodás nem jelenthet megoldást minden esetben. Egy adott terület akvakultúrás hasznosításához ismerni kell annak talajadottságait (kémiai, fizikai, talajszerkezeti), domborzati viszonyait (a műszaki tervezési feladatok elvégzéséhez), a rendelkezésre álló öntözővíz mennyiségét, minőségét, valamint az infrastrukturális feltételeket (csatornarendszer, úthálózat, energiaellátás stb.). Relatíve olcsó és nagy mennyiségű halhúst elsősorban az édesvízi halastavakban – extenzív vagy félintenzív technológiával – tömeghalakra (pontyfélék) alapozva lehet megtermelni, az extenzív körülmények között kialakított termelés technológia viszont megteremti a bio-hal előállításának feltételeit is.

Vizes élőhelyek kialakítása, fenntartása: A vizes élőhelyek kialakítására vonatkozó ismereteket Várallyay (2001) irányelvei alapján foglalom össze. A vizes élőhelyek kialakításának szükségességét igazolja a biodiverzitás fenntartása és szélesítése, a változatos táj esztétikai értékeinek fenntartása, a vésztározókénti hasznosítás lehetősége árvizek, belvizek, túl bő nedvességviszonyok esetén, a természetközeli hasznosítási lehetőségek (halászat, háziipari alapanyagok termelése stb.) és a mikroklíma szabályozás. A vizes élőhelyek visszaállításához és fenntartásához megfelelő mennyiségű és minőségű víz szükséges. Ahhoz, hogy a kívánt vízháztartási helyzetet kialakítsuk és stabilizáljuk, megfelelő mikrodomborzati, talajviszonyok és talajhasználati mód szükséges. A vizes élőhelyek rekonstrukcióját indokolja az egyre fokozódó ár-, és belvízveszély, illetve az újabban megfogalmazódó táj- és területfejlesztési koncepciók. Azt is figyelembe kell vennünk, hogy milyen környezeti feltételeket kell a vizes élőhelyek rekonstrukciójának kielégítenie. Nem okozhat indokolatlan vagy irracionális termőfelület kiesést, káros gazdasági vagy környezeti mellékhatásokat az adott területen vagy annak környezetében (pl. szikesedés, láposodás, túlnedvesedés, növénytermesztési korlátok), káros szociális vagy egészségügyi körülményeket, illetve nem növelheti a környező területek belvíz-veszélyeztetettségét, túl bő nedvességviszonyainak valószínűségét, gyakoriságát, intenzitását.

Természetvédelmi területek növelése, ökoturizmus: Vámosi (2000) szerint a táj- és természetvédelmi oltalom alatt álló területek növelése összekapcsolható az ár- és belvízzel érintett területek egyik hasznosítási megoldásával. A védelem alá vonás a tulajdonosoktól való megváltással, vásárlással, kártalanítással, a védelem megszervezésével és költségeivel járna együtt. További támogatási költségekkel jár a védett területeket körülvevő területek gazdálkodásának formálása, ugyanis ennek a két tényezőnek együtt kell megvalósulnia (puffer területek).

Az ökoturizmus elsősorban a már meglévő ökológiai értékekre támaszkodva képzelhető el. Rengeteg oldalról lehet megközelíteni egy-egy vállalkozás jövőbeni sikerét, ugyanis az ökoturizmusnak önmagában nincs létjogosultsága (Vámosi, 2000), ha nem épül köré egy vonzó infrastruktúra (parkolási lehetőségek, étkezési lehetőségek, pihenőhelyek, tanösvények, szóróanyagok, információs táblák stb.). A mai világban egyre nagyobb az igény, mind hazai, mind külföldi tapasztalatok szerint, a szabadidőnek ténylegesen a természetben való eltöltésére. Ezzel összefüggésben jelentős szerepet

játszhatnak a holtágak, arborétumok, táj- és természetvédelmi területek, multifunkcionális halastavak, kunhalmok stb. a turizmus fejlesztésében.

Az irodalmi áttekintés ezen fejezete arra irányítja rá a figyelmet, hogy a múltbeli gazdálkodók milyen módon művelték területeiket, milyen módon hasznosították a talajok termékenységét és hogyan próbálták mindazt fenntartani. Mindez a fejlődés során egyre inkább a konvencionális termesztés irányába tolódott el, azonban napjainkra az egyre inkább nyilvánvaló, hogy a termőhelyre adaptált technológiákban érdemes gondolkodni.

2.5. A belvizes területek mezőgazdasága

A kora tavaszi és nyári belvizek által okozott károk a mezőgazdaságban eltérően jelentkeznek, ugyanis a növények víztűrő képességét számos tényező befolyásolja, amelyek részben tőlünk teljesen függetlenül érvényesülnek, részben különböző agrotechnikai módszerekkel kiküszöbölhetők, illetve hatásuk mérsékelhető.

Alcser (1961), *Salamin*, (1966), *Petrasovits és Balogh* (1969, 1975) a belvízkárokat két csoportra osztják, mint a közvetlenül és azonnal jelentkező károk, illetve a közvetve, az elöntés után csak bizonyos idő múlva jelentkező károk. A közvetlenül jelentkező terméskárok az elöntés után azonnal megállapíthatók, mert a növényzet legyengülését, kiritkulását, illetve kipusztulását okozzák. A közvetve jelentkező károkat *Alcser* (1961) a következőkben jelöli meg: az állattenyésztésnél a takarmányhiány következtében, a vízborításos területeken a szükséges munkák elmaradása miatt, a termőtalaj fizikai és kémiai tulajdonságainak romlása folytán fellépő károk, eróziós károk, az épületekben keletkező károk, és az elöntés következtében fellépő gyomosodás okozta károk. *Petrasovits és Balogh* (1969, 1975) a közvetlen károkat még részletesebben jellemezték. Az elöntés alatt és után alacsonyabb talajhőmérséklet alakul ki, eliszapolódás, szerkezetrombolás és tápanyagkioldás következik be. A talajművelés megkésik és gyengébb minőségben végezhető el. Hatással van a talajerő-gazdálkodásra is, mivel több tápanyagbevitelre van szükség. Az elővetemény „jótékony” hatása nem megfelelő. A belvizes körülmények miatt általában később kezdhetők el a vetési munkálatok, ugyanakkor a kultúrnövények fejlettségi állapota miatt a növényvédelmi beavatkozások is későbbre tolódnak. Ezzel párhuzamosan a gyomok agresszívakabban lépnek fel.

Szakirodalmi közlések alapján (*Petrasovits*, 1959; *Alcser*, 1961; *Salamin*, 1966; *Szalóki* 1967, 1974; *Vajdai*, 1974, 1975, 1981) a szántóföldi növények víztűrő-

képességét, így a kár nagyságát meghatározza: a vízborítás ideje, időtartama és hőmérséklete; a talaj szerkezete és a talajfelszín állapota; a talajművelési eljárás; a tápanyag-ellátottság; a növény faja, illetve fajtája; a növény fejlődési stádiuma; stb.

A 4-5 napnál hosszabb ideig tartó belvíz a talajszerkezet rombolása (tömörödés, eliszapolódás, cserepesedés) mellett, a talajban a víz-levegő arányának megváltozásával a redukciós folyamatok túlsúlya alakul ki, a talajban csökken az oxigén mennyisége, ami végül káros növényi anyagcsere termékek felhalmozásához vezet (Vajdai, 1981; Szalóki, 1967). Kreybig (1953) szerint a növényállományok jobban elviselik a nem mozgó hűvösebb vizet (pl. a hóolvadásból származót). Ezt a későbbiekben Szalóki (1967) és Petrasovits és Vajdai (1982) is megerősítik, akik őszi kalászos és pillangós állományokban végeztek kísérleteket. Vizsgálataik alapján a vízhőmérséklet emelkedése egyértelmű negatív tendenciájú változást mutatott az elöntést követően megmaradó állományok vegetatív képleteire.

Pintér et al. (1983) megállapítják, hogy a talaj víztározó képességének a vízutánpótlás és a vízfogyasztás esetén van jelentősége. A túlzottan kötött (magas holtvíz és alacsony diszponibilis víztartalom) vagy nagy vízáteresztő képességű homok talajoknál a mélyen gyökerező növények a felvett vízmennyiségnek csak mintegy 10%-át vették fel a tározott vízből. Nagy vízkapacitású talajoknál ez a hányad elérte az 50%-ot. Az azonos meteorológiai körzetekhez tartozó területek esetében mutatkozó vízhiány különbségeket az eltérő talajadottságokra vezetik vissza. Nyíri (1993) szerint a talaj vízbefogadása két, egymás jelenlétét feltételező folyamatból tevődik össze, a víznyelésből és a vízáteresztésből. Mattyasovszky (1957) szántóföldi vizsgálatokkal is igazolta, hogy a talajok víznyelése a mechanikai összetételen kívül legkifejezettebben a tömörödöttség függvénye. Várallyay (2003) szerint „a túl nedves talajállapot fokozatai és következményei az alábbiak:

- „Sáros” talajállapot: agrotechnikai műveletek akadályozása; különösen nagy érzékenység szerkezet-leromlásra és tömörödéssre;
- Nem megfelelő aeráció: pórusokban jelenlévő levegő nem biztosítja a növények levegő-igényének kielégítését, a talaj kedvező redox-viszonyait, a növényi tápanyagok kedvező dinamikáját;
- Pórusok teljes telítődése vízzel: akut levegőhiány;
- Felszíni vízborítás: következményei a vízborítás időtartamától és a növények tűrési idejétől függ, de ezen kívül a talajban is lejáródnak kedvezőtlen degradációs folyamatok (eliszapolódás, szerkezet leromlás, pórusok eltömődése, redukciós

folyamatok, kedvezőtlen változások a talajok biológiai tevékenységében és tápanyagforgalmában)”.

Nyíri (1993) vizsgálatai szerint a szántóföldi talajok 46%-a a vízforgalom szempontjából kedvezőtlen, és hozzávetőlegesen 1 millió hektáron ismétlődő vízkár veszélyezteti a növénytermesztés biztonságát.

A növények víztűrő-képességét az előbbi tényezőkön kívül meghatározza a faj, fajtája és a fejlettségi állapota, melyet Salamin (1966) szemléltetett (5. táblázat). Általánosságban elmondható, hogy az őszi vetésű növények nagyobb mértékben elviselik a vízborítást, mint a tavaszi vetésű kalászosok és kapások.

5. táblázat: A termés kiesés %-os értéke az előntés időpontja és időtartama szerint

Növény	Márciusban				Áprilisban				Májusban				Júniusban			
	ha az előntés tartama (nap)															
	3	7	11	15	3	7	11	15	3	7	11	15	3	7	11	15
	akkor a termés kiesés %-a															
Őszi kalászosok	5	15	30	50	10	25	40	70	20	40	70	100	20	50	80	100
Tavaszi kalászosok	10	20	40	100	15	40	75	100	15	50	75	100	20	50	75	100
Kukorica					20	80	100	100	10	50	80	100	10	50	75	100
Évelő takarmány-növények		10	20	30	10	25	40	60	10	30	50	100	10	40	70	100
Rét				10		10	20	30		10	30	50		20	30	50
Legelő				10		10	20	30		10	30	50		20	30	50
Cukorrépa	10	50	100	100	10	50	90	100	10	50	90	100	10	40	90	100
Burgonya	30	80	100	100	30	80	100	100	40	90	100	100	50	100	100	100
Napraforgó					10	20	40	80	10	30	60	100	10	40	80	100
Kender					20	40	60	100	20	50	75	100	10	40	60	80

Megjegyzés: Az értékeket Salamin (1966) közölte, az adatokat Cziráky elgondolása nyomán Alcsér, Cziráky, Fekete, Nizsalovszky és Székér adták meg

Petrasovits és Balogh (1969, 1975) felhívják a figyelmet arra, hogy a növények fejlettségi állapota jelentősen meghatározza azok víztűrését (6. táblázat). Eredményeik alapján látható, hogy a pillangósokkal társult gyepek nagyobb mértékben elviselik az előntést még magasabb hőmérsékleten is, mint a kapások.

Vajdai (1975) vizsgálataiban megkülönbözteti és értékeli a növények vegetatív, illetve generatív szerveinek károsodását is, melyet őszi búzával, őszi árpával és lucernával végzett kísérletekkel igazolt. Javaslatára szerint a víztűrésük alapján először az őszi árpát, majd az őszi búzát és végül a lucernát mentesítsük. Véleménye szerint az elsősorban veszélyeztetett területekre sem gabonafélét, sem pedig évelő takarmánynövényeket nem szabad vetni. Ezek a területek legjobban hasznosíthatók nagy víztűrő képességű fűfajokkal, mint legelők vagy kaszálók. Hasznosíthatók még egynyári szálastakarmányok termesztésével is. A másodsorban veszélyeztetett területekre is csak

szükségmegoldásként vessünk őszi gabonát, de évelő pillangósokat sem célszerű telepíteni. Azokon a területeken, ahol éveken keresztül rendszeres öntözés folyik, a káros felszíni vízbőség előbb is jelentkezhet. Ezért ezeken a területeken a belvízmentesítő csatornahálózat karbantartásáról és használhatóságáról, valamint a megfelelő vízkormányzásról gondoskodni kell. A rizstelepek környékén ugyancsak előbb jelentkezhet a káros felszíni víz a megemelkedett talajvízszint miatt.

6. táblázat: A növények kipusztulását okozó felszíni vízborítás különböző fejlettségi állapotban, *Petrasovits és Balogh (1969, 1975) nyomán*

Növény	A vízborítás időtartama (nap)		
	5 °C	15 °C	25 °C
<i>Az édesfűvekből és pillangósokból társult gyepek kipusztulása</i>			
csírázáskor		10	5
bokrosodáskor		12	6
szárba induláskor	20	8	6
több éves korban	20	14	7
<i>A burgonya kipusztulása</i>			
csírázáskor		6	3
szárba induláskor		3	1
<i>A kukorica kipusztulása</i>			
csírázáskor		4	1
4 leveles korban		1	1
<i>A cukorrépa kipusztulása</i>			
csírázáskor		4	1
szikleveles állapotban		3	2
6-8 leveles állapotban		1	1

Figyelembe kell venni azt is, hogy nemcsak önmagában a felszíni elöntés okozhat károkat, hanem a felszíni lefolyásból keletkező víz sok káros sót, de főleg vegyszert (műtrágya, növényvédőszer) old ki a talajból és ezekre a területekre hordja, ami szintén növénypusztulást okozhat (Vajdai, 1975).

A talaj szerkezetének javításával (mélyszántással, mélyítő szántással, lazítással stb.) lehetőséget teremthetünk a vízbefogadó képesség növelésére, melyet *Hartyányi* (1966) a kondoros-völgyi minta-belvízgyűjtőn végzett kísérleteivel igazolt. *Birkás* (2000) vizsgálatai szerint a belvízképződés, illetve a kialakult belvízelöntés tartóssága szempontjából meghatározó jelentősége van a művelési hibákból adódó agrotechnikának (táracsatalp, eketalp). Itt említi az egyszerűsített vetésszerkezetet, a kedvező hatású vetésváltás hiányát, az alapművelés minőségét javító eljárások (szárazzás, tarlóhántás, hántott tarló ápolása) alkalmazásának hiányát, az elgyomosodást és a melioratív eljárások szüneteltetését.

A belvízjárta területek talajművelése különös figyelmet és gondosságot igényel, mivel a mély vagy mélyítő műveléssel megnövelt pórustér következtében megnő a talajok vízbefogadó képessége, így megnő a fajhője és nehezebben melegszenek fel (hideg talajok), ami késlelteti a megfelelő vetőágy készítését, illetve a kelést. A belvízzel

károsított, ősszel mélyebben szántott területeken tavasszal forgatásos sekély talajművelést ajánlatos végezni. Az elsősorban veszélyeztetett területeken, csapadékos őszt követően célszerű a mély- vagy mélyítő szántás helyett a sekély, 15-20 cm-es őszi szántást alkalmazni, esetleg ősszel a mélyszántást elhagyni. A belvizes területek közvetlen környezetében lévő táblákat érdemes mélyebben művelni vagy lazítani, hogy a felszíni vízfelesleg a talajba szivároghasson (Vajdai, 1981). A talaj pórusterének javítására számos megoldási lehetőséget tárgyal a szakirodalom (Kreybig, 1946; Oroszlány, 1965; Salamin, 1966; Mihályfalvy, 1966; Petrasovits és Balogh, 1969, 1975; Petrasovits, 1982; Várallyay, 1985, 2003; Nyíri, 1993; Birkás és Gyuricza, 2000; Birkás, 2001; Thyll és Bíró, 2003; Zsembeli et al., 2015).

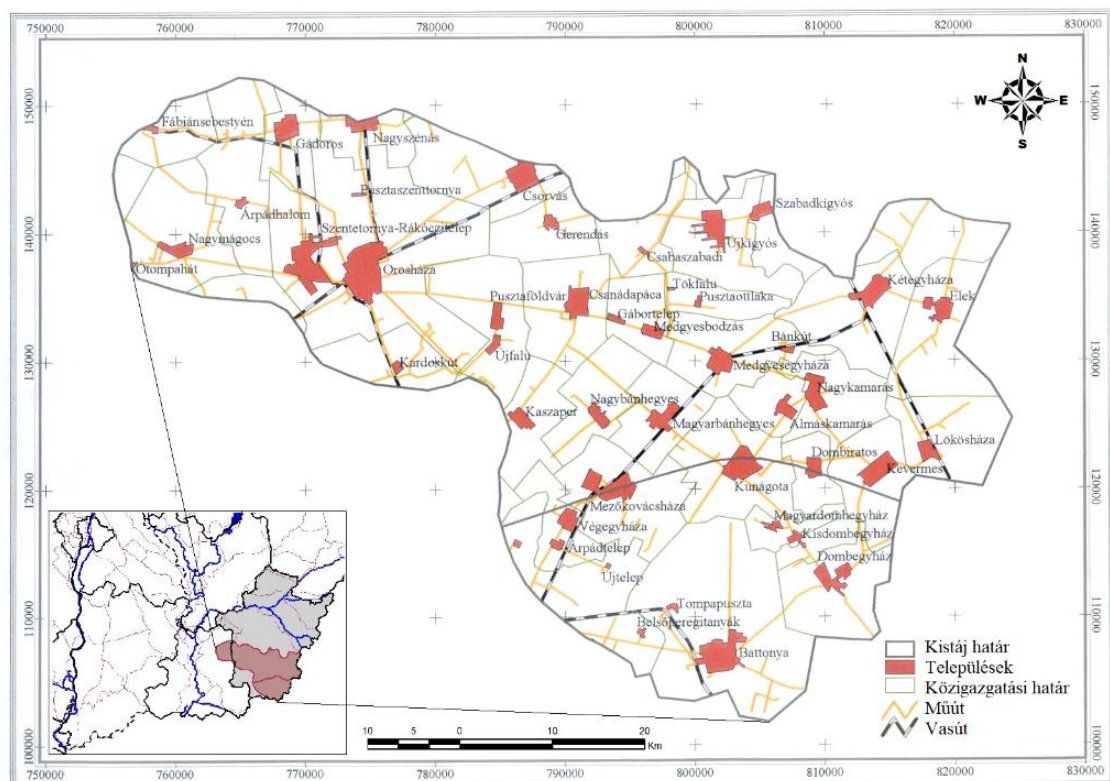
A káros felszíni vagy felszín alatti vizek elvezetését megfelelő céldrénrendszerek (felszíni és felszín alatti hozzáfolyás szabályozása, talajvízszint-szabályozás, talajszelvényen átszivárgó felesleges vizek elvezetése stb.) kiépítésével és azok rendeltetésszerű funkcióját biztosító melioratív és agrotechnikai beavatkozások (kémiai talajjavítás, megfelelő talajművelési rendszer, mélylazítás, vakonddrénezés, kedvező biológiai drenázst biztosító vetésszerkezet stb.) komplex alkalmazásával biztosíthatjuk (Szabó, 1977; Thyll et al., 1983; Fehér és Szalai, 1986; Ligetvári, 1999).

Összességében megállapíthatjuk, hogy a mezőgazdasági területeken a mentesítés sorrendjét a kultúrák vízborítással szembeni érzékenysége, illetve az évszak határozza meg. Tekintettel arra, hogy a belvíz előfordulása általában a tél végi – kora tavaszi időszakra esik, a levezetés a következőképpen alakul: őszi gabonavetések → évelő takarmányok → vetetlen szántóterületek → kaszálók → erdők → legelők → szikes területek.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A Békés-Csanádi löszhát jellemzése

A belvíz-veszélyeztetettség ok-okozati összefüggéseire és a földhasználat racionalizálására irányuló vizsgálataimhoz, mintaterületként a Békés-Csanádi löszhát tájegységet választottam, a kistáj kataszter tájbeosztása alapján (Marosi és Somogyi, 1990). Az elemzés 35 települést érint (6. ábra), ezek: Almáskamarás, Árpádhalom, Battonya, Csabaszabadi, Csanádapáca, Csorvás, Dombegyháza, Dombiratos, Elek, Fábiánsebestyén, Gádos, Gerendás, Kardoskút, Kaszaper, Kevermes, Kétegyháza, Kisdombegyház, Kunágota, Lökösháza, Magyarbánhegyes, Magyardombegyház, Medgyesbodzás, Medgyesegyháza, Mezőhegyes, Mezőkovácsháza, Nagybánhegyes, Nagykamarás, Nagymágocs, Nagyszénás, Orosháza, Pusztaföldvár, Pusztatottlaka, Szabadkígyós, Újkígyós, Végegyháza.



6. ábra: A Békés-Csanádi löszhát közigazgatási térképe

A terület általános bemutatásával arra törekszem, hogy átfogó képet adjak azokról az hatótényezőkről (földrajzi elhelyezkedés, talajviszonyok, geológiai és hidrológiai adottságok stb.), amelyek meghatározzák a vizsgálati terület vízháztartásának általános törvényszerűségeit. A természet alakításában egyre nagyobb szerepet játszik az emberi

tevékenység, ezért számba vetem az antropogén hatásokat (közlekedés, mezőgazdaság, ipari tevékenység, vízgazdálkodás) is. Az, hogy az egyes tényezők milyen mértékben befolyásolják a vízháztartást, nagyban függ a lokális körülményektől. Általánosságban megállapítható, hogy a hatótényezők nem függetlenek egymástól, hanem kölcsönösen erősítik vagy gyengítik egymást.

A Békés-Csanádi löszhát általános földrajzi jellemzése: Elhelyezkedése szerint az Alföld nagytáj DK-i részén a Körösök és a Maros folyók közének közel egy harmadát (1700 km²) fedi le (7. ábra). A területet két további részre oszthatjuk, a Békési- és a Csanádi-hátakra (Marosi és Somogyi, 1990). Kissé kiemelkednek a környező folyóvölgyek és árterek közül, átlagos magasságuk 83-107 m (B.f.). A Csanádi-hát (területe 400 km²) kis reliefű, alacsony, ármentes síkság, mely enyhén D-DNy-i irányba lejt. A Maros hordalékkúp legmagasabb központi részének D-i része. A Békési-hát (területe 1300 km²) kissé tagoltabb felszínű, Ny-ÉNy-i lejtésű ármentes sík. A hordalékkúp központi és É-i tömegét adja. A jellegzetesen alföldi tájat elhagyott folyómedrek és fattyúágak tagolják, teszik változatosabbá. Battonyától K-re és Kétegyháza, illetve Újkígyós között gyenge lefolyású egykor vízjárta területeket találunk, melyeken még részben megőrződött a szikes puszták hajdani arculata.



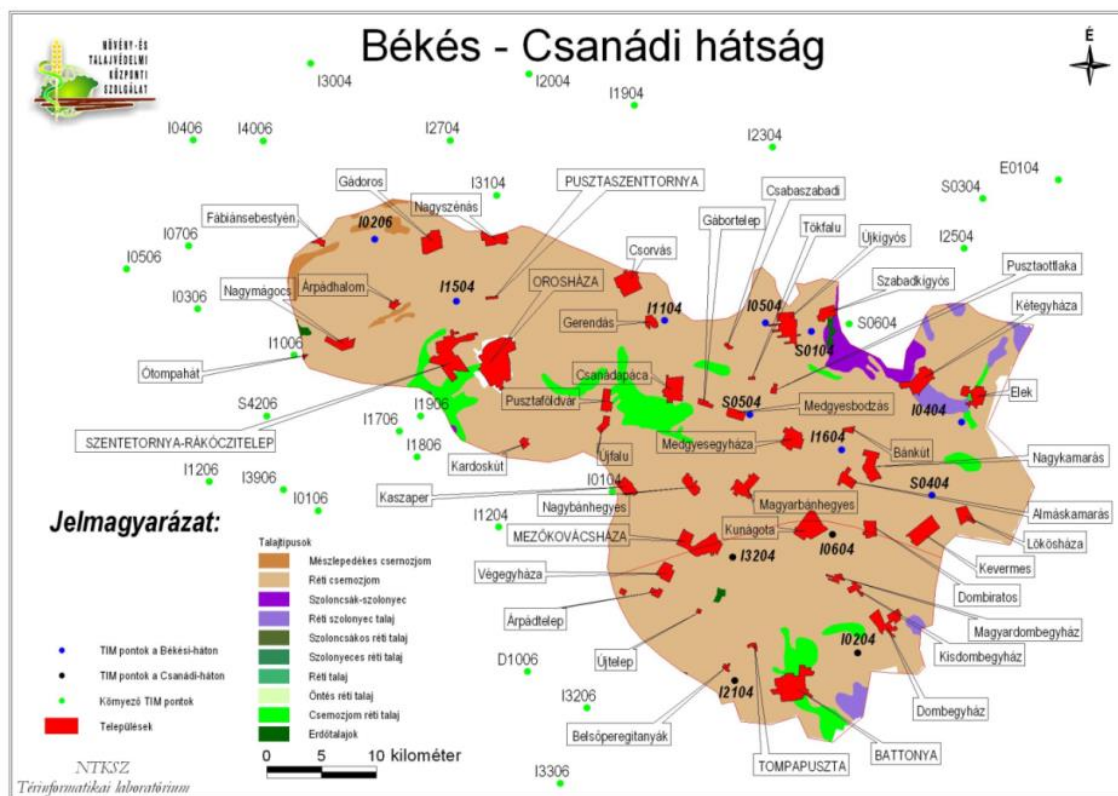
7. ábra: A Békés-Csanádi löszhát elhelyezkedése a kistáj kataszter alapján (Marosi és Somogyi, 1990)

Földtani felépítés: Az Alföld e részének a kialakulásában igen eltérő földtani folyamatok vettek részt. A tektonikai mozgások fontos szerepet játszottak, de a mai térszín kialakításában az akkumulációs folyamatok (kezdetben tengeri, beltengeri majd

folyóvízi feltöltés) a jelentősek. Szanyi (2001) szerint a Békés-Csanádi löszhát alapját kristályos hegységmaradványok képezik, melyek Arad és Hegyalja irányából mélyen benyúlnak a Battonya-Orosháza térségéig. Az aljzat folyamatosan lejt, Battonyánál 1000 m vastagságú pannon összlet takarja. Orosházánál 2500 m, azután Fábiánsebestyén táján gyorsan mélyülve az üledék vastagsága eléri a 4000 métert. Ez a mély vályú északról és nyugatról körülvész egy hegységtömböt, melynek teteje Pusztaföldvár és Végegyháza között 1600-1700 méteres mélységben található. A prekambriumi kristályos alaphegységet csak részben fedik harmadidőszaki rétegek, sok helyütt a pannon összlet közvetlenül települt rá. A megemelt aljzat a felszínen is észrevehető, az orosházi pannon küszöbön lerakódott folyóvízi és eolikus üledékek felszíne jó 10 méterrel emelkedik ki a környező folyóvölgyek átlagosan 80-85 méter magas síkjából. Az alsó-pannonban a folyamatosan kiédesülő tenger folyamatos, vastag rétegű tengeri üledékeket rakott le, melyek egyre finomodtak. A felső-pannonban a kialakult alacsony reliefű szárazföldi térszínen tektonikus mozgások új helyi süllyedékeket hoztak létre (Joó, 1998). Az így létrejött medencéket a mai vízrajztól gyökeresen eltérő folyóhálózat erodálta és töltötte fel áthalmazott homoklisztes tarka agyaggal. A pleisztocén folyamán az alföldi folyók majd mindegyike érintette a területet (Sümeghy, 1944; Andó, 2002). Az Ős-Maros a folyásirányát gyakorta változtatva, hol a Körös-vidéki, hol pedig a Dél-alföldi süllyedék felé tartva, egy szabályos 80-100 km-es sugarú hordalékkúpot épített. A terület nagy részén a szélsőséges vízháztartás és az alapvetően sós talajvíz miatt szikesek jöttek létre, jellemzőek a különböző mélységben megjelenő mészkiválások is, melyek a talajvíz horizontális mozgását akadályozták, esetenként meg is gátolhatják (Pécsi, 1969).

Talajtani viszonyok: „Az elsősorban mezőgazdasági hasznosítású kistáj talajtani adottságait a felszín közeli löszös üledékek és a talajvíz elhelyezkedése határozza meg” (Bozán et al., 2008). Az egyes talajtípusok igen eltérő kiterjedésben fordulnak elő (**8. ábra**). A hátság jelentős részén találunk mezőszégi talajokat. Több típusa is előfordul, attól függően, milyen hatások játszottak szerepet a talajdinamikában. A magasabb talajvízű helyeken a rétiesedő típus a jellemző. Ez a legelterjedtebb talajféleség a hátságon. Mechanikai összetételüket tekintve vályogos, közepes vízforgalmi tulajdonságokkal. A talajszelvényben több helyen találhatunk agyagosabb szinteket. Az alapvetően sok oldott sót tartalmazó talajvíz miatt a sófelhalmozódás az altalaj különböző szintjeiben igen gyakori jelenség. Emiatt ezek a talajok hajlamosak a helytelen beavatkozások (túllöntözés, rossz talajgazdálkodás) miatt elszikesedni. A sók belvízképző szerepe sem

elhanyagolható. Ugyanis a magas nátrium koncentráció hatására az agyagok jobb duzzadásképeséget mutatnak és rövid idő alatt vízzáróvá válnak, megakadályozva a leszivárgást. A mészlepedékes mezőségi talaj a másik fontos típus, kisebb elterjedési területtel. Ez a talajféleség löszös alapkőzeten alakul ki, közepesen mély talajvíznél. Leginkább vályog és agyagos vályog mechanikai összetételű, közepes vízforgalmi tulajdonságokkal. A megfelelő mértékű mésztartalom kedvező mechanikai tulajdonságokat eredményez. A hátság mezőségi taljai szerves anyaggal jól ellátottak (>5%). Kémhatásuk semleges, esetenként az enyhén lúgos felé hajlik. A helytelen mezőgazdasági művelés következtében azonban a kedvező szerkezet is leromolhat. A talajokban tömörödött rétegek jöhetnek létre (eketalp), melyek a talajvíz mélybeszivárgását korlátozzák. A nagyobb agyagtartalomnál a vízhiányos időszakokban repedések jönnek létre a kiszáradás miatt. A mélyebb rétegekbe ezeken a repedéseken juthat le a csapadék. Az öntözés másodlagos szikesedést, tápanyag kilúgozást, valamint a feltalaj szerkezetromlását eredményezheti (*Kalmárné, 1999*). Kisebb jelentőséggel bírnak a hátságon a szikes talajok. Azokon a területeken alakultak ki, ahol tartósabb vízborítás volt korábban, vagy a talajvíz gyakran került a felszín közelébe. A szolonyecsek különböző típusai figyelhetők meg. Ezekre a talajféleségekre jellemző, hogy a szelvényben megfigyelhető egy szódás szint. A szóda a talaj kolloid részecskéire peptizálólag hat. A peptizáció a morzsalékos szerkezet szétesését eredményezi, így egy tömörebb, vízháztartási szempontból kedvezőtlenebb állapot jön létre. A hátság szikes taljai tartalmazzak kalcium-karbonátot, amely mindig az előbb említett pozitív szódareakcióval jár együtt. Ebből következően a terület szikes taljainak vízháztartását/vízforgalmát alapvetően befolyásolja a mészakkumulációs szint felszínétől mért mélysége. Az alkálisós talajoknál mészkőpadok kialakulása is megfigyelhető. A szikesek felszíne gyakorta padkásodik. Az így kialakult mikro-domborzat segíti a vizek összegyülekezését. A mélyebb fekvésű laposokban az összegyűlt víz nehezen szivárog el, mert a finomszemcsés üledékek és az esetenként megjelenő réti dolomit megakadályozza az elszivárgást. Az állandóan magas talajvízű területeken és a medermaradványokban réti talajok is előfordulnak, de dinamikájuk vagy a rétiesedés, vagy a szikesedés felé mozdult el. A levegőtlen talajokban lejátszódó redukációs folyamatok eredményeként jönnek létre a glej-szintek, melyek a redukált vasvegyületek kékes-zöldes színéről könnyen felismerhetők. Az ilyen talajok rossz víznyelő és vízvezető képességekkel rendelkeznek, felszínükön nagy gyakorisággal alakul ki vízborítás (*Blaskó és Karkalik, 2002*).

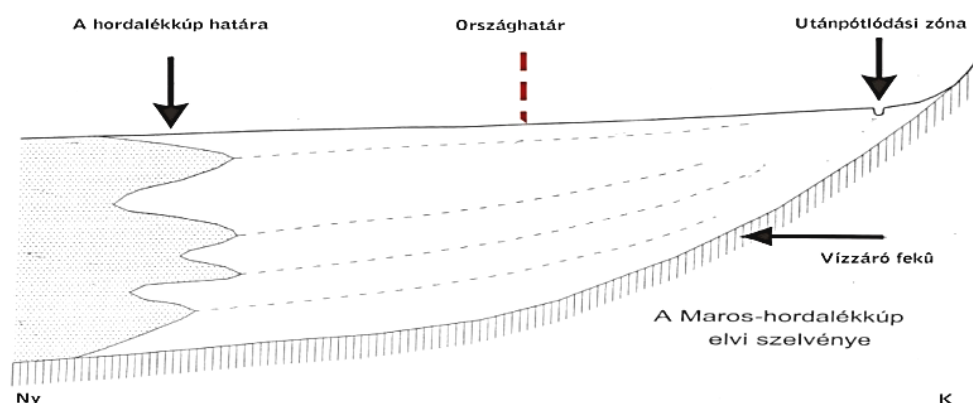


8. ábra: A Békés-Csanádi löszhát jellemző talajai (NTKSZ, 2002)

Éghajlati adottságok: Az eróziós folyamatokban, a talajok kialakulásában és a növény- és állatvilág életkörülményeinek kialakításában az egyik legfontosabb szerepet az éghajlati hatások játsszák. A Kárpát-medence négy nagy éghajlati táj (kontinentális, óceáni, mediterrán, boreális) határán fekszik. Ezek időben is változó mértékben vannak hatással hazánkra. A Békés-Csanádi löszhát területének klímáját legerősebben a kontinentális hatás jellemzi (Andó, 1974), mely kelet felé szárazodó, meleg, mérsékelt száraz éghajlatot jelent. A hátságon alapvetően mutatkozik egy kelet-nyugati irányultság, ez a csapadék eloszlásában és a hőmérsékletben is megfigyelhető. Az évi 550-620 mm csapadék, a sok napsütéses óra (2000 óra/év) és magas párolgás mellett, egy alapvetően vízhiányos kistájat eredményez (az ariditási index kelet-nyugati irányba 1,13-1,26 között változik). A csapadék eloszlása nem egyenletes, a nyári félévben hull le annak 60%-a. Jellemző egy nyár eleji (május-július) és egy késő őszi csapadékmaximum, ez utóbbinak a kialakulására 20-30%-os esély van. A belvízképződés szempontjából is a második maximumnak van nagyobb jelentősége. A téli időszakra inkább csapadékminimum jellemző, így számottevő hóréteg csak igen ritkán alakul ki. A hőmérséklet alakulása is a kontinentális hatásokat tükrözi, de itt már van érezhető mediterrán befolyás is. Az évi átlaghőmérséklet 10,6 °C, a terület K-i részén valamivel alacsonyabb 10,3 °C. A vegetációs időszakban 17,1 – 17,6 °C-ra számíthatunk. A nyári legmagasabb

hőmérsékletek országos viszonylatban is magasak, nem ritka a 34,5 – 34,8 °C sem. A téli minimum -16 – -18 °C között alakul. A tartós fagyok ritkának mondhatók, ezért a talajfagy kialakulása nem jellemző. A medencét körülvevő hegységek mérséklő hatást gyakorolnak, főként a sarki eredetű légtömegek betörését akadályozzák, enyhítve így a téli félév átlaghőmérsékletét. Az október 20. és április 15. közötti időszakban lehet fagyos napokkal számolni. A csapadéktöbblet és a fagyos napok sok esetben egyszerre következnek be, megnövelve ezzel a káros víztöbblet kialakulásának esélyét a terület talajaiban. A löszhát jellemző szélirányai: É, D, DK. Az átlagos szélsébség nem haladja meg a 3 m/s-ot (Szász, 1994).

Hidrogeológia adottságok: Az egykori folyók által épített hordalékkúp-sorozatok igen változatos szemcseösszetétele a talaj és rétegvizek megjelenésében is tükröződik (Rónai, 1985). A tálszerűen a medence belseje felé lejtő víztartó rétegek a Kárpátok előhegységeinek lábánál felszínre kerülnek. Ezeken a helyeken adódik lehetőség a vizek pótlódására (9. ábra).



9. ábra: A hordalékkúp feltöltődési helye

A rétegvizek oldalirányú mozgása mindazonáltal igen lassú, amit az is alátámaszt, hogy igen sok oldott anyagot tartalmaznak. A víz a hosszabb idejű tartózkodás alatt képes sok ásványi anyagot feloldani. A sótartalom vertikálisan is változik egyazon területen, ami a pangó jelleget bizonyítja (Tóth és Almási, 2001). Az utánpótlódási zóna csapadéka mégis közvetlen hatást gyakorol a hátsági vizekre. A gyakran ismétlődő és nagy területre kiterjedő vízzáró üledékek miatt a rétegvizekben nagy nyomás alakulhat ki. A hátságon egy sajátos hidrológiai jelenség figyelhető meg, a „Földárja”. Az egymással összefüggő víztestekben a hegylábi térszín csapadékának hatására pozitív nyomásállapot alakulhat ki (Bogárdi, 1952; Ubell, 1959; Orlóci, 1991). A nyomáshullámok gyorsan terjednek a medence belseje felé. A felszínközeli vízzáró üledékek folytonossági hiányainál, mint

„szedimentológiai ablakoknál”, vagy emberi beavatkozásra (kutak, tájsebek) a talajvíz a felszín felé emelkedhet. Ezek a felfakadó vizek gyakran okoztak nagykiterjedésű elöntéseket. A jelenség tudományos leírását először Szabó (1861) munkájában találhatjuk meg, aki a következőképpen fogalmaz: *„Általában véve mind a három földréteg: A televény, az agyag és a legalsó homok, vízeresztők, és a magasság a folyók medre fölött csekély levén, a föld árja nedves időszakokban bajt okozva szokott mutatkozni. Azonban ezen a vízen kívül, mely a folyókat, az ereket táplálja, s az ezekkel összeköttetésben lévő föld környékét, valamint az ebben ásott kutakat áthatja: van már a fölületen is egy más vízrendszer, mely egészen különböző forrásból jön, s más utakon terül el a maga környékén. Az itt ásott kutak saját vízállással bírnak, s gyakran van, hogy az nem egyez meg a víznek a főntebb említett környékében tapasztalt magasságával. Legvilágosabban nyomára jöttem ennek Tótkomlóson, hol vannak olyan kutak, melyekben úgy nő és apad a víz, mint a közelében található Száraz-érbe, ha ez megárad, megtelnek a kutak, sőt a föld árja is föladja magát, míg a más környékbeli víz táplálta kutak, noha közel a Száraz-ér partjához, rendes állásukat megtartják. Ellenben néha, noha soha sem rögtön, emelkednek anélkül, hogy a többiekben hasonlót lehetne észrevenni. Itt a két vízkörnyékkel összefüggésben van a föld különböző geológiai szerkezete is.”*

A hátság igen gazdag mélységi vizekben is. A legjobb vízadók 150-200, illetve 200-300 méteres mélységben találhatók. Az egyes mélységből származó vizek vegyi összetétele egyazon helyen is eltérő lehet. Ez a tény segíthet felderíteni azokat a helyeket, ahol lehetőség van a rétegvizek felszín közelbe kerülésére. Ilyen feláramlás ott képzelhető el, ahol egykori folyók durvább üledékei rakódtak le, vagy jelentősebb futóhomok területeken (Orosháza-Medgyesegyháza). Az ártézi kutak vize 40-90 °C-os, általában nátrium-hidrogén-karbonátos, vastartalmuk mérsékelt. Keménységük 15 német fok alatt marad (Sümeghy, 1944). A felszín közeli rétegek igen heterogén képet mutatnak, ez azt eredményezi, hogy a területen a talajvíz nyugalmi szintje helyenként igen eltérő lehet. Völgyesi (2002) szerint a hordalékúpon Mezőhegyes tájékáról kiindulva körkörös irányban sekélyebb és mélyebb talajvízszintű övezetek alakultak ki egymás után lépcsőzetesen. A legjobban kifejlődött magas talajvízű öv Dombegyháza tájáról indul és Orosházán át délnek fordulva Békéssámson-Csanádpalotánál éri el a határt. A külső kört Elek-Kétegyházától indulva Gerendás felé tart érintve Nagyszénást, Fábiánsebestyén felé halad tovább. Ezen magas talajvízű övekben a nyugalmi szint 1-2 méterre van a felszín alatt. A köztük húzódó területeken az átlagos mélység 4-5 méter, helyenként azonban az 5-6 métert is meghaladja. A talajvizet mesterséges hatások is érik. A települések

környezetében a kommunális szennyvizek elszikkasztása, a mezőgazdasági területeken az öntözés, rizstermelés lehet vízszintemelő hatással. A felszínközei talajvizeknek igen jelentős belvízképző szerepe van, mivel a telített talajok víznyelését korlátozza. Érdekes jelenség a több helyen előforduló többszörös szintű talajvíz, amelyek az agyagos közbetelepülések, sófelhalmozódási szintek, illetve mészkőpadok miatt alakulhatnak ki. A mélyebb szintekben a víz többnyire nyomás alatt van, így nyugalmi szintje gyakran az első talajvíz szintje felé emelkedik. A talajvizek minősége a terület nagy részén kedvezőtlen. A finom üledékekben pangó vizek bepárolódva igen sok oldott só-tartalmaznak. Átlagosan 2000-3000 mg/l az oldott anyag tartalom, de nem ritka az 5000-10000 mg/l-es koncentrációt elérő sem. A glaubersós, nátriumszulfátos, nátriumkloridos vizek a legelterjedtebbek, kisebb területeken a nátriumkarbonátos is előfordul (*Rónai*, 1956). A heterogén földtani felépítésnek köszönhetően az igen sós talajvizek mellett kis ásványanyag tartalmú vizek is találhatók, néha igen közel egymáshoz (*Varsányiné*, 2000).

Felszíni vizek és az egykori folyóhálózat: A három jelentős alföldi folyó közé szorított területnek napjainkban nincs jelentős természetes felszíni vízfolyása. *Mike* (1984) leírása alapján a hátságot a Maros elhagyott medrei és fattyúágai szabdalják fel (**10. ábra**). A régi Maros-ágak villa alakú szétágazása Kürtös-Mácsa környékén található. Az északi ágak (Bugyi-ér, Kékes, Bugér) a Fehér Körös irányába biztosítottak lefolyást. Jelentős időszakos vízállásokat alakítva ki főleg Elek és Kétegyháza környékén. A hátság középső részén a Hajdú, Kamut és Kondoros völgyek szállítottak nagy mennyiségű vizet a Hármas Körössel majdnem párhuzamosan a Tiszába. A déli rész vizeit a Birkavölgy, a Kopáncsi ér és a Szárazér vitte a Maros felé. A Hátság nyugati végén a Tisza két egykori medre folyt, a Kurca és a Veker (*Gazdag*, 1960). A XIX. századi vízrendezés 37 részvízgyűjtőt hozott létre, helyenként igen megváltoztatva a lefolyási viszonyokat. Az ár- és belvízmentesítő társulatok a medreket felhasználták a terület csatornáinak kijelölésénél. Ezért a nagyobb csatornák részben az eredeti folyást követik, így közel állnak a természetes állapothoz. A legjelentősebb a Száraz-ér és vízrendszere, hossza a Sámson-Apátfalvi Szárazér főcsatornával együtt 207 km, vízgyűjtője 1502 km² területű (*Török*, 2001). A Száraz-ér a Maros hordalékkúp felszínét átszövő, azt létrehozó vízfolyások hálózatának legfiatalabb hidrográfiai egységét képezi. A XVIII. századig jelentős vízmennyiséggel rendelkezett, vízjárása igen szélsőséges volt. Ekkor a Radna közelében lévő természetes kilépését elgátolták, így csak csapadékból és néhány oldalvizéből nyert utánpótlást (Cigánykaér csatorna, Kutaséri, Tótkomlóséri és Aranyadéri csatorna). 1890-

tól a mezőhegyesi cukorgyár ellátására évi 5-6 millió m³ vizet emeltek bele szivattyúval a battonyai kiágazásnál. A 60-as években a határ túloldalán kiépítették a Felfogó csatornát, megszüntetve ezzel a természetes vízutánpótlást. A 2001. évben egy Phare projekt keretében a Szárazér jelentős részét rekonstruálták. A kikotort és helyreállított mederbe a kétoldalú vízügyi megállapodás keretében 400-600 l/s vízmennyiség jut. A térségi vízgazdálkodásban betöltött szerepe is jelentősebb lett, mert az elkészült műtárgyak lehetővé tették a hatásosabb vízkormányzást. A Száraz-ér így az öntözési és a belvíz-elvezetési igényeket is jobban el tudja látni. A löszhát K-i felén, a Maros hordalékúpon a felszín alatti vizeinek használatát szigorú korlátozás sújtja az ivóvízbázis védelme miatt, ugyanakkor nincs a csatornáknak megfelelő kapacitása a mezőgazdasági igények kielégítésére.



10. ábra: Egykori folyómedrek a Békés-Csanádi löszháton

Az egykori folyók által kialakított medrek a csapadék és a belvizek összegyűjtésében ma is nagy szerepet játszanak, hisz alapvetően befolyásolják a felszín morfológiáját. De nem csak alaktani hatásuk van, a bennük lerakott finom üledékek a mélybe szivárgást akadályozhatják, míg a folyóágyakat kísérő övzátonyok homokos anyaga jó víznyelő és vízvezető képességével éppen segíti azt.

Az Alföld ezen részén nem találunk jelentősebb állóvizet. A XIX. század ár-belvízmentesítő munkálatai felszámolták az akkor nagy kiterjedésű vízivilágot. A szikes tavak és medermaradványok igen kis területen maradtak meg eredeti állapotban (Kakasszéki ér, Fehér-tó, Gyopáros tó). A löszháton található tavak keletkezési módja többféle. Egy részük a folyóhálózat elhagyott medreiben és morotváiban jött létre

(Kakasszéki szikes tó), másik részük a szél eróziója miatt kialakult mélyedésekben (Gyopáros tó). A bányászati tevékenység (agyag, homok) során sok kis felületű, de mély tó keletkezett. Ezek igen fontos szerepet játszanak, mert a víztartók megnyitásával a talaj és a rétegvizek utánpótlódási területei, ugyanakkor párolgásukkal csökkenthetik azok szintjét is. De azt a veszélyt is magukban rejtik, hogy a rétegvizeket a beléjük kerülő anyagok (szennyvíz, kemikáliák) miatt elszennyezik.

A hátságon jelentős csatornázási munkálatok folytak. A belvízelvezető, öntöző- vagy kettőshasznosítású csatornák a valamikori medreket követve alkotnak összefüggő rendszert. A jelenlegi vízügyi felosztás szerint hat öblözet érinti a területet. A 72-es és a 75-ös a Körös-vidéki Vízügyi Igazgatósághoz, a 77-es, a 79-es, a 80-as és a 81-es az Alsó-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatósághoz tartozik (Varga, 1984a,b). A főművi és a volt társulati csatornák hossza mintegy 600 km, nem számítva az üzemi műveket, mert ezek hosszáról és állapotáról nincs helytálló nyilvántartás. A csatornák területi eloszlása egyenlőtlen. Az utóbbi évtizedekben jelentős állapotromlás volt tapasztalható, ez a tisztázatlan tulajdonviszonyoknak és a csapadékhiányos éveknek volt köszönhető. Az 1999-2000-es és 2009-2010-es évek nagy belvízelöntései újra ráirányították a figyelmet a karbantartás fontosságára. A csatornák nem voltak képesek ellátni feladatukat, a bennük felgyülemlett elfolyni képtelen víz csak tovább súlyosbította a helyzetet. Ennek nyomán települések és a termőterületek védelmét szolgáló intézkedések egész sora valósult meg (Szárazér-rekonstrukció, övárkolás, kül- és belterületi vízrendezés). A belvízmentesítésben ennek ellenére a mobil szivattyúk adják a védekezés alapját. Nincs a területen számottevő tározó kapacitás sem, a kilenc belvíztározó összterülete 1108,8 ha, 8 millió m³ befogadó képességgel. Műszaki állapotuk és területi eloszlásuk miatt nem alkalmasak nagyobb vízmennyiség hosszabb idejű tárolására (belvízmentesítés, öntözés, rekreációs tevékenység).

Antropogén hatások: A Békés-Csanádi löszháton az ember igen jelentős felszínalakító tevékenységet folytatott az elmúlt 1000 év során (Marosi és Somogyi, 1990). Az eredetileg erdős sztyepp faállományát elvesztette, a füves területeken a legeltető állattartás erősödött meg. A települések a folyók magaspártjaira és az ármentes térszínre koncentráálódtak. A rézkortól az Árpádkorig terjedő időben sok kurgánt emeltek, melyek lakó, védelmi és temetkezési célokat egyaránt szolgáltak. Igen jelentős földművek keletkeztek a római korban is. A Dunától Máramarosig húzódó „Ördögsánc” töltés több vonulata is megtalálható a hátságon. A szétszórt aprófalvas településszerkezet

jellemezte az Alföldet a XIV. századig. Az átvonuló hadak azonban a lakosság nagy részét elűzték. A török hódoltság után az elnéptelenedett területen egyre több település jött létre. A folyók szabályzásával és a belvízmentesítéssel alapvetően befolyásolták a táj arculatát (*Takács és Fülek, 2001*). A régi mezővárosok és falvak növekvő szükségletei miatt a lassan vizeit vesztő területeket egyre nagyobb arányban vette birtokába a mezőgazdaság. A vízháztartást a mezőgazdasági művelésnek kedvező módon igyekeztek megváltoztatni. A szárazabb területeken, ahol a talajadottságok nem voltak megfelelőek a művelésre nagy legelőterületek jöttek létre. A települések közelében a kisparcellás, az uradalmi majorok körül a nagyobb táblás művelés volt elterjedve. A II. Világháború után a termelészövetkezetek létrehozásakor még nagyobb földeket vontak intenzív művelés alá. Megkezdődött a nagyüzemi táblák létrehozása. Ez az árkok és mezsgyék megszüntetésével járt együtt, sokat módosítva a terület lefolyási viszonyain. A művelés eszközei is változtak, a nagyteljesítményű gépek a talajok tömörödését okozták. A kilencvenes évekre a nagy mezőgazdasági szövetkezetek megszűntek, ezzel együtt a rendszeres mélylazítás és a meliorációs munkálatok is abbamaradtak. A vetésszerkezetben a kalászosok és a kukorica részaránya a kiemelkedő, az évelő kultúrák nem elterjedtek, ez alól a lucernafélék jelentenek kivételt. Az évelők a kevesebb talajlazító beavatkozás és a kiterjedtebb gyökérszóna miatt a csapadékvizeket jobban visszatartják. Napjainkban igen sok olyan művi elemet találhatunk a környezetünkben, mely a felszíni víztöbbletek viselkedését befolyásolja. A vonalas létesítmények nagymértékben meghatározhatják egy területen a vizek összegyülekezésének irányát. A kistájon, periférikus helyzete miatt, az úthálózat ritka. Csak egy jelentős főút vonal halad át rajta, a Szegedet Békéscsabával és Debrecennel összekötő 47-es út. A főút magas töltése akadályozza a víz szabad áramlását. A települések mindegyike megközelíthető szilárd burkolatú úton. A mezőgazdasági utak hálózata jóval sűrűbb. A vasúti hálózat is jelentős szerepet játszik, hossza a mellék és ipari vágányokkal együtt meghaladja az 500 km-t. Egyes vonalak (pl. Békéscsaba-Kétegyháza) vízválasztót képeznek a belvízöblöztek között. A településhálózat nem nevezhető sűrűnek, de a falvak lélekszáma magas. A lakosság ivóvízellátása jól megoldott, a térségi vízműrendszer segítségével, mely a Maros hordalékkúp vizeit juttatja el a környező településekre. A Békés-Csanádi löszháton nem folyik jelentősebb ipari tevékenység, mely a talajvízháztartást befolyásolná. Az építőipar nagy mennyiségű alapanyaggal rendelkezik a térségben. Sok homok és agyagbánya van a hátságon. Ezek egy részében alkalmaznak mesterséges vízszintcsökkentést, másik részében vízszint alóli bányászat folyik. A hátrahagyott

gödrök gyakran válnak kommunális hulladéklerakóvá, ami igen súlyos következményekkel járhat, ugyanis a talajvizek igen könnyen elszennyeződhetnek. Orosháza-Pusztaföldvár térségében szénhidrogén kitermelés folyik, a kitermelés folyamán a felszínre kerülő termékek szennyezhetik a környezetet. A 2001. évben történt pusztaföldvári gázkitörés alatt több százezer m³ szennyezett víz került a környezetbe, mely azután jelentősen felhígítva a Szárazér vízrendszerébe lett elvezetve a Maros felé (Faragó, 2002).

A vízháztartás főbb sajátosságai és a területi vízhiányok: A Békés-Csanádi löszhát az Alföld kedvezőtlen vízháztartású területei közé tartozik. Kedvezőtlen, hogy a Tiszai folyóhálózat közvetlenül nem érinti és a mesterséges vízforgalmú Szárazéren kívül állandó vízfolyása nincs. Előnyös azonban, hogy a napfénytartalom és a hőmennyiség, valamint a csapadék, mind a hidrológiai évben, mind a tenyészidőszakban általában több mint a nagytáj átlaga. A területnek a térszíni helyzetéből következően kedvezőek a földtani és talajtani adottságai. Az árvízmentes fekvés biztosítja, hogy a folyók rendszeres árhullámai csak kivételesen magas vízállásoknál lehet hatással a hátságra. A vizsgált terület talajainak vízforgalmi tulajdonságait közvetett módon minősíti a művelési ágak átlagos aranykorona érték szerinti besorolása (7. táblázat).

7. táblázat: A Békés-Csanádi löszhát művelési ágainak területi megoszlása és aranykorona értéke
(Forrás: megyei földhivatalok)

Min. oszt.	Szántó		Gyümölcsös		Gyep (legelő)		Gyep (rét)		Erdő	
	Ter. (ha)	Ak	Ter. (ha)	Ak	Ter. (ha)	Ak	Ter. (ha)	Ak	Ter. (ha)	Ak
1	22 200	911 115	129	5 595	1 240	20 746	31	684	1 432	20 265
2	36 769	1 418 485	148	4 563	1 299	18 503	53	1 265	1 441	16 963
3	23 671	769 507	148	724	1 559	15 664	49	730	254	2 498
4	14 215	312 751	22	233	908	5 559	89	865	216	1 334
5	8 007	133 785	0	0	362	942	7	60	22	53
6	3 063	36 476	0	0	0	0	0	0	0	0
7	995	5 554	0	0	0	0	0	0	0	0
8	2	6	0	0	0	0	0	0	0	0
Összesen	108 923	3587677	449	11 116	5369	61 416	232	3 605	3 366	41 114

Min. oszt.	Nádas		Kert		Szőlő		Halastó		Kivett	
	Ter. (ha)	Ak	Ter. (ha)	Ak	Ter. (ha)	Ak				
1	14	110	26	29	1	17	529		9 553	
2	75	908	0	9	0	0				
3	2	16	0	0	0	0				
4	13	19	0	0	0	0				
5	0	0	0	0	0	0				
6	0	0	0	0	0	0				
7	0	0	0	0	0	0				
8	0	0	0	0	0	0				
Összesen	104	1 053	26	38	1	17	529		9 553	

Összes terület: 128 837 ha; Összes KTJ: 3 715 983 K. fill.										
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

A terület földtani szerkezetének és ehhez kapcsolódó geohidrológiai adottságoknak számottevő szerepe van a fedőréteg, valamint a térszín vízháztartási folyamatainak

alakulásában. A réteg és talajvizek kapcsolata igen változatos képet mutat az Alföld egészén, ezen belül a hátságon is. Egyes területekre a feláramlás, míg másokra a beszivárgás a jellemző, változékony eloszlásban. Az impermeábilis üledékek vagy tömörödött, szikes rétegek nagy kiterjedésben fordulnak elő, bár nem alkotnak egységes vízzáró réteget és a talajvizek nyomás alá kerülnek. Összességében a csapadékok mélyre szivárgásának lehetősége igen korlátozott. A fedőrétegek vízpótlódásánál számolni kell az alulról, a rétegvízből történő táplálásra is. Az ilyen irányú vízforgalomnak azonban alacsony az intenzitása. Ezen mélységi vizek nyomásváltozását és mozgását a hátsághoz kapcsolódó hegylábi területen beszivárgó csapadék vezérli (Szanyi, 2002). A két időben különböző hatás eredőjeként a hátság vízháztartási mérlege igen változatosan alakul. A vízgyűjtő nedves időszakában a dominánssá váló mélységi hatás következtében szélsőséges vízbőségek alakulhatnak ki. A földárja térszíni elöntéseket okoz azokon a helyeken, ahol hiányoznak a felszínközeli vízzáró összletek vagy tömörödött, szikes rétegek. Ezzel szemben a mélységi vizekből történő táplálásnak és a jó talajadottságoknak köszönhetően az aszályos időszakokban a talaj nem szárad ki olyan mértékben, mint az Alföld más részein.

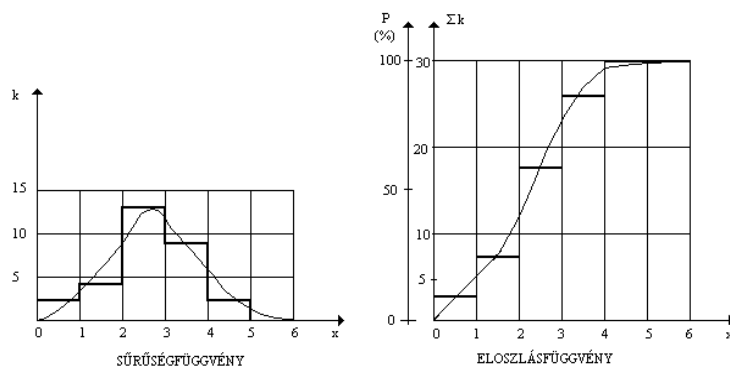
3.2. A geostatistikai vizsgálatok során alkalmazott módszerek – a talajvízfeltörés jelenségének vizsgálata

Kutatásaim kiemelt célja a talajvízfeltörés jelenségének értelmezése, hatásának vizsgálata a belvízelöntések kialakulására. Éppen ezért geostatistikai vizsgálatokat is folytattam.

A pontszerű értékek területi kiterjesztése (az adatsorok homogenitás vizsgálata): A statisztikai vizsgálat első feladata, hogy a mintáink alkalmasak-e megbízható statisztikai elemzésekre (Csománé, 1968). Első lépésben végrehajtottam az egyöntetűség (homogenitás) vizsgálatot, mely a talajvízjárás vizsgálatok során azt jelenti, hogy a vizsgált időszakban a talajvízkút környezetének hidrológiai jellemzői, a vízjárást szabályozó tényezők állandónak tekinthetők-e vagy sem. Ha az idősor nem egyöntetű, meg kell keresnünk ennek okát, mert csak így tudjuk mérlegelni az adatok hasznosításának lehetőségeit. A hidrológiai egyensúly megbontását előidéző hatást ismerve – következő lépésként – meg kell állapítanunk intenzitásának időbeli változását (Rétháti, 1974). A talajvízszintet növelő és a csökkentő tényezők lényegében három csoportba sorolhatók: 1. meteorológiai tényezők (csapadék, párolgás); 2. a víztükör és a

terep geometriai helyzetéből adódó el- és hozzáfolyás; 3. természetes és mesterséges zavaró hatások (öntözés, duzzasztás, leszívás, vízkivétel, felszín alatti vízbeszivárgás). Az alföldi kutak nagy részéről elmondhatjuk, hogy vízszintjüket szinte kizárólag csak meteorológiai tényezők szabályozzák. A vízháztartási egyenlet ebben az esetben: csapadék = párolgás + talajvíztározódás. Hazai viszonylatban általában a csapadék a III. és IV. hónapban éri el átlagban a minimumot, míg alföldi talajvizeink legnagyobb része ugyanakkor éppen április-május hónapban tetőzik (Rétháti, 1965).

A hidrológiai és meteorológiai adatokat nem állíthatjuk elő tetszés szerinti mennyiségben, ezért adatsoraink mindig véges hosszúságúak. Ennek megfelelően az adatsorok valamely értékeinek előfordulását kifejező gyakoriságot meg tudjuk határozni. Ha az egyes adatok (vagy adatscsoportok) gyakoriságát az adatok függvényében ábrázoljuk, sűrűségfüggvényt kapunk, melynek integráltja az eloszlásfüggvény (11. ábra). Az eloszlásfüggvény ordinátája kifejezi, hogy egy bizonyos, vagy annál kisebb érték (vagy annál nagyobb érték) hányszor, illetve milyen gyakorisággal fordul elő.



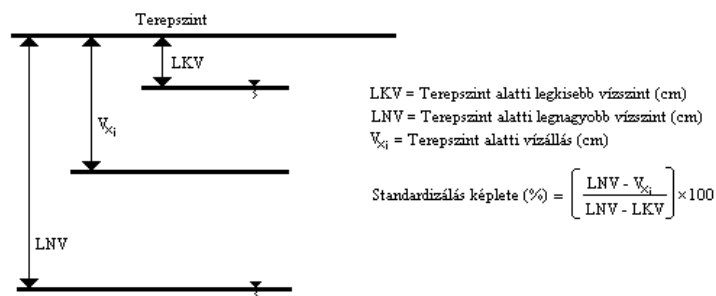
11. ábra: A sűrűségfüggvény és eloszlásfüggvény

Az eloszlásfüggvények alkalmazhatóságának matematikai-statisztikai értelemben vett feltétele a függetlenség és az egyöntetűség (homogenitás). A függetlenség feltétele, hogy az adatsor egymást követő elemei statisztikai értelemben semmilyen hatással nincsenek egymásra (Sváb, 1973). A talajvíz idősorok esetén az idősor elemek egymástól való függősége vagy függetlensége a vizsgált jelenség fizikai jellegéből következik (Goda és Zsuffa, 1994). Így például eldönthető, hogy az egymást követő havi középvízállások egymástól biztosan nem függetlenek, míg az egymást követő havi csapadékösszegek, illetve középhőmérsékletek biztosan függetlenek. Az adatsor homogenitása vagy egyöntetűsége viszont a további vizsgálatokat alapvetően meghatározza, mivel akkor

tekinthetjük az adatsort egyöntetűnek, ha egyes részei ugyanolyan típusú és paraméterű eloszlásfüggvénnyel írható le.

Az egyöntetűséget statisztikai próbákkal tudjuk ellenőrizni. A vizsgálataimhoz Kolmogorov-Szmirnov próbát alkalmaztam, mely nagyobb elemszám esetén a legmegbízhatóbb eredményt adja (Goda és Zsuffa, 1994). Az adatsort két azonos elemszámú részmintára bontottam, melyekre megszerkesztettem az empirikus eloszlásfüggvényeket. A két függvény közötti legnagyobb különbségből határoztam meg az egyöntetűség valószínűségét. Így külön tudtam választani azokat az adatsorokat, amelyek a homogenitás hipotézisének megfelelnek. A homogenitás-vizsgálatot úgy finomíthatjuk, ha a próbát az adatsor minden lehetséges elvágási pontjánál elvégezzük, azaz az elvágási pontot végig léptetjük az adatsoron.

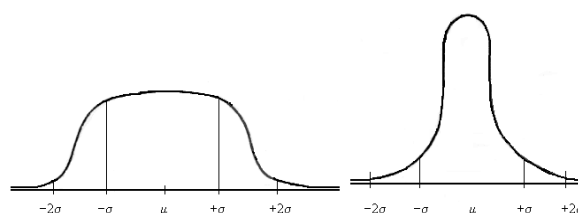
A terület egyes pontjai rendelkezésre álló diszkrét értékek, tehát például a talajvízre és a csapadékra vonatkozó bármely statisztikák területi kiterjesztésének lényegi, fizikai feltétele az adott tényező homogén viselkedése. Ezt szolgálták az egyes pontok közötti összehasonlító egyöntetűség-, illetve korreláció-vizsgálatok. A területi összefüggések statisztikai vizsgálata során első lépésként az adatsorok értékeit standardizáltam, abból a célból, hogy az egyes kutak eltérő talajvízszint változását összehasonlíthatóvá tegyem (12. ábra). Az így előállított homogén adathalmazzal céloom valamilyen rendezettség kimutatása a kutak között.



12. ábra: A standardizált értékek kiszámítása

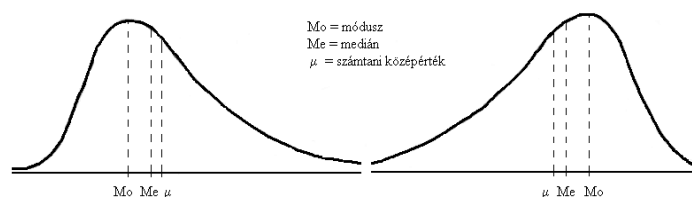
Az összehasonlító egyöntetűség-vizsgálat során a standardizált értékekből készített empirikus eloszlásfüggvények összehasonlításából következtettem a kutak mozgásdinamikája közötti kapcsolat szorosságára, melyhez a Kolmogorov-Szmirnov féle statisztikai próbát alkalmaztam. A korreláció-vizsgálat során a változók (talajvízkút adatsorok) kapcsolatának szorosságát, a korrelációs koefficienssel számszerűsítjük. Abban az esetben, ha a korrelációs koefficiens értéke a +/- 1-hez közelít, a változók közötti kapcsolat szoros.

A talajvízjárás specifikusságára tekintettel (földárja jelenség) elvégeztem valamennyi kútra a leíró statisztikai jellemzést Sváb (1973) módszertana alapján, amellyel számszerű értékeket kaptam a várható értékre, a szórásra, a móduszra, a mediánra, a csúcosságra és a ferdeségre. Első lépésként standardizált értékekkel meghatároztam az eloszlásfüggvények csúcosságát, mely kifejezi számunkra, hogy a függvény képe a normális eloszláshoz viszonyítva csúcsos vagy lapos (**13. ábra**). A negatív értékek arról árulkodnak, hogy az eloszlás csúcsa alacsonyabb, válla magasabb (teltebb), mint az ugyanolyan szórású normál eloszlásé.



13. ábra: Lapos és csúcsos eloszláskép

Az eloszlásfüggvények ferdeségének kiszámítása során a standardizált értékekkel történő számítás esetén előjelváltás következett be. A ferdeség az eloszlás középpérték körüli aszimmetriájának mértékét fejezi ki (**14. ábra**).



14. ábra: Jobbra ferde és balra ferde eloszláskép

A pozitív ferdeség a pozitív értékek irányába nyúló aszimmetrikus eloszlást jelez (a nagyobb értékek felé), míg a negatív ferdeség a negatív értékek irányában torzított (a kisebb értékek felé).

A ferdeség alapján tudunk következtetni a kutak „használatára”, pontosabban a környezetükben zajló esetleges külső beavatkozásokra. Abban az esetben, amikor a ferdeség pozitív előjelű, az eloszlás függvény jobbra ferde a normál eloszláshoz képest, tehát a vizsgált adatsor szórása a nagyobb értékek felé torzul. Negatív ferdeség esetén balra tolódik el az eloszlás függvény. Ezzel összefüggésben megvizsgáltam a lineáris trendeket is.

Mivel a vizsgált adatsorunk valamilyen ferde eloszlást követett, kerestem egy olyan elméleti eloszlásfüggvényt, amely egyfelől minél több paramétert tartalmaz, másfelől jól illeszkedik az empirikus eloszlásra. Így jutottam el a Pearson-féle 3 paraméteres elméleti

eloszlásfüggvényhez, mely a kutak többségére megbízhatóan illeszthető. A Pearson-féle korrelációs együttható csak olyan adatokra alkalmazható, amelyeket legalábbis intervallum skálán mértek.

A talajvíz és a meteorológiai adatsorok előkészítő vizsgálatait (függetlenség-, homogenitás-, egyöntetűség-vizsgálat) követően határoztam meg a 10%-os előfordulási valószínűséget az ADUVIZIG által kidolgozott Műszaki Hidrológia Programcsomag (MHw) segítségével.

3.3. A belvíz-veszélyeztetettségi térképezés módszertana, a független hatótényezők értékének meghatározása

A kidolgozott és alkalmazott belvíz-veszélyeztetettségi térképezési metodika az ún. „szintetizáló” térképezés, melynek során a függő és független tényezők regressziós kapcsolatán alapszik a veszélyeztetettségi térképezés. A belvíz-veszélyeztetettség és a természeti hatótényezők összefüggéseinek tisztázását célzó kutatásaimra támaszkodva hat meghatározó tényező (hidrometeorológiai, domborzati, talajtani, földtani, talajvíz, földhasználati) számszerűsített értékét határoztam meg és ezeket használtam fel az eredménytérkép szerkesztéséhez. A belvíz-veszélyeztetettségi térkép hatótényezőinek kialakítása során felhasznált alap és származtatott adatok és adatbázisok az **1. mellékletben** kerülnek bemutatásra.

3.3.1. A hidrometeorológiai hatótényező (HUMI) kialakítása

A hidrometeorológiai viszonyokat jellemző csapadék és hőmérséklet értékek alapján az ún. Humiditási Indexet (HUMI) alakítottam ki, amely a téli félév csapadékát nagyobb súllyal veszi számításba, mint a nyári félévit, így a belvíz kialakulásának hidrometeorológiai kritériumait jobban kifejezi, mint az egyszerű összeg (Bozán *et al.*, 2015).

A HUMI számítási menete a következő:

$$HUMI = \left(\frac{P^*}{PET} \right)^{0,5}$$

ahol, P^* : súlyozott csapadékösszeg [mm]; PET: potenciális evapotranspiráció [mm]

A havi csapadékok súlyozó tényezőit a **8. táblázat** mutatja.

8. táblázat: A havi csapadékok súlyozó tényezői (Pálfai et al., 2004)

Hónap	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Súlyozó tényező	1,0	1,5	2,0	2,0	2,0	1,5	1,0	0,75	0,5	0,5	0,5	0,75

A 0,5 kitevő alkalmazását az indokolja, hogy ez által elkerülhető a hidrometeorológiai hatótényezőnek a többi tényezőhöz viszonyított túlsúlya.

PET: potenciális evapotranspiráció az október-szeptemberi 12 hónapos időszakban, [mm]. A PET számítása: a havi középhőmérsékletekből a téli, illetve a nyári félévi képlettel számított havi evapotranspiráció összege (Szesztay (1958) nomogramja alapján). Az október-február közötti öt hónapra és szeptemberre az alábbi közelítő képlettel számítható a havi párolgás:

$$E_h = 11,2 + 1,525t + 0,0638t^2 + 0,0096t^3,$$

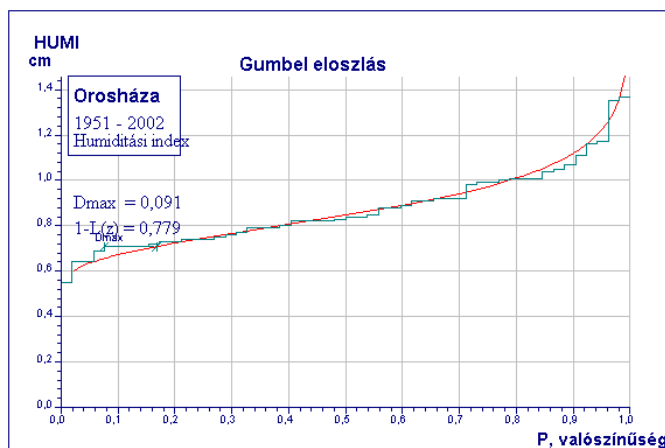
ahol E_h - havi párolgás (evaporáció) a szabad vízfelületről, mm

t - havi középhőmérséklet, C°

Március és augusztus között az alábbi képlet érvényes:

$$E_h = 15,6 + 2,735t + 0,0687t^2 + 0,0088t^3.$$

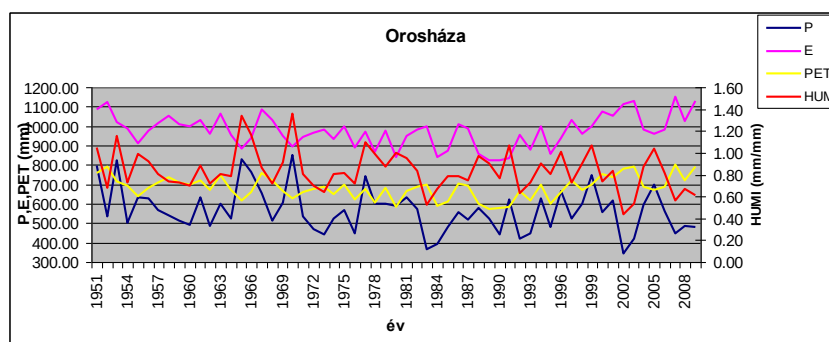
A HUMI-t hosszú, több évtizedes adatsorokból kiindulva a legjobb elméleti eloszlásfüggvény illesztésével lehet meghatározni, kiválasztva a 10%-os valószínűségű (átlagosan 10 évenként előforduló) értéket (15-16. ábrák).



Eloszlásfüggvény táblázat:

HUMI cm	Valószínűség, P	1-P	Visszatérési idő (év)
0,550	0,005	0,995	1,0
0,600	0,022	0,978	1,0
0,650	0,067	0,933	1,1
0,700	0,148	0,852	1,2
0,750	0,259	0,741	1,3
0,800	0,384	0,616	1,6
0,850	0,508	0,492	2,0
0,900	0,620	0,380	2,6
0,950	0,713	0,287	3,5
1,000	0,787	0,213	4,7
1,050	0,844	0,156	6,4
1,100	0,887	0,113	8,8
1,150	0,919	0,081	12,3
1,200	0,942	0,058	17,2
1,250	0,958	0,042	24,1
1,300	0,970	0,030	33,8
1,350	0,979	0,021	47,5
1,400	0,985	0,015	67,0
1,450	0,989	0,011	94,5
1,500	0,993	0,007	133,3

15. ábra: Elméleti eloszlásfüggvény illesztése



16. ábra: A vizsgált időszakban a Humiditási Index változása

Nyilvánvaló, hogy a belvízi veszélyeztetettség arányos a HUMI-val, azaz annál nagyobb, minél nagyobb az index értéke. A HUMI számításához az adatokat az Országos Meteorológiai Szolgálat hivatalos kiadványaiból vettem és határoztam meg a súlyozott csapadékösszeget. A számított potenciális párolgás átlagának adataiból eloszlási térképet készítettem. Ez a valóságosnál sokkal változatosabb (nem értelmezhető) képet mutatott. Ennek oka a hőmérséklet mérési adatsorok hiánya egyes csapadékmérő állomásokon és a különböző szintű állomások mérési körülményeinek különbözősége. Ezért az évenkénti lehetséges párolgási értékeket korrigáltam a számított értékek állomásonkénti átlagának és a Nemzeti Atlaszban megjelent – és állomásokra meghatározott – átlagérték hányadosával. A belvíz-veszélyeztetettségi térkép előállításához a HUMI 10%-os előfordulási valószínűségű értékeit alkalmaztam.

3.3.2. A domborzati hatótényező (DOMB) kialakítása

A FÖMI (LECHNER Tudásközpont) által forgalmazott ~1 m felbontású, 1:10000 méretarányú topográfiai modellt alkalmaztam a vizsgálataimhoz. A Békés-Csanádi löszhát domborzati térképét a **2. melléklet** tartalmazza. A digitális terepmodellen egy 50x50 m-es rácsháló segítségével határoztam meg az egyes pixelek reliefenergia értékét, vagyis a 250 m²-en belüli magassági szintkülönbségeket méterben kifejezve. A domborzati hatótényező kialakításához a kapott értékeket a diszkrét pontok tengerszint feletti magasságával és az előforduló legkisebb magasságértékkel korrigáltam a *Bozán et al.* (2015) által leírtakhoz hasonlóan.

$$\text{DOMB} = (\text{t.f.m.} / 82) * \text{relief energia}$$

3.3.3. A talajtani hatótényező (TT) kialakítása

Áradás, hóolvadás vagy jelentős nagycsapadék után kialakuló víztöbblet, utánpótlódás nélkül, természetes úton (beszivárgás, párolgás, felszíni lefolyás) távozik a felszínről. Ebben a folyamatban meghatározó szerepe van a talajok vízforgalmi tulajdonságainak (víznyelő és vízvezető, vízraktározó és víztartó kapacitás), ami egyben a belvízelöntések tartósságát illetően is meghatározó információ. Mindezek alapján a talajtani hatótényező számszerű értékeinek a talajok vízforgalmi tulajdonságait kell kifejeznie, mégpedig a belvízképződés szempontjából. A feladat végrehajtásához a Digitális Kreybig

Talajinformációs Rendszer (DKTiR) geometriai állományait alkalmaztuk (ATK TAKI GIS Labor segítségével), mely már magába foglalja az 1:75000-es méretarányú tájtermesztési térképek információ-anyagát is. Ezen térképek egy-egy nagyobb terület, a mezőgazdasági táj értékelése céljából születtek, a tudományos ismeretek gyakorlati alkalmazásának érdekében az átnézetes talajismereti térképek anyagának összevonása révén. A térképek kategóriarendszere a következő:

- Savanyú televényben szegény homok: A felszínben savanyú, az altalajban, helyenként már közel a felszínhez meszes, laza homokok. Csapadék-fogható képességük köbméterenként 50-100 mm. Vízzetető-képességük óránként 40-60 mm. Televénytartalmuk kisebb, mint 1%. Táplálóanyagokban igen szegények.
- Savanyú televényben gazdag homok: A felszínben savanyú, az altalajban helyenként már közel a felszínhez meszes, kötöttebb homokok. Csapadék-fogható képességük köbméterenként 100-200 mm. Vízzetető-képességük óránként 20-40 mm. Televénytartalmuk 1%-nál nagyobb, helyenként 4-5%. Televényrétegük vastagsága 50-150 cm. Táplálóanyagokban gazdagok.
- Meszes, televényben szegény homok: Semleges és gyengén lúgos, már a felszínben is szénsavas mésztartalmú laza homokok. Csapadék-fogható képességük köbméterenként 50-100 mm. Vízzetető-képességük óránként 40-60 mm. Televénytartalmuk kisebb, mint 1%. Táplálóanyagokban igen szegények.
- Meszes televényes homok: Semleges és gyengén lúgos, már a felszínen is szénsavasmész tartalmú kötöttebb homokok. Csapadék-fogható képességük köbméterenként 100-200 mm. Vízzetető-képességük óránként 20-40 mm. Televénytartalmuk 1%-nál nagyobb, helyenként 4-5%. Televényrétegük vastagsága 50-150 cm. Táplálóanyagokban igen gazdagok.
- Kitűnő vályog és öntésiszaptalajok: Semleges és gyengén lúgos, már a felszínben is sokszor szénsavasmész tartalmú, kitűnő vályog és öntésiszaptalajok. Csapadék-fogható képességük köbméterenként 250-500 mm. Vízzetető-képességük óránként 15-30 mm. Televénytartalmuk 2-6%. Televényrétegük vastagsága 50-200 cm. Táplálóanyagokban igen gazdagok.
- A felszínben savanyú, kitűnő minőségű vályog- és agyagtalajok: Az 5-ös típusú talajoktól abban különböznek, hogy a felszínben savanyúak, kötöttebbek, valamivel gyengébb vízzetető-képességűek, néha esetleg mészigényesek. Nyers táplálóanyagokban gazdagok.
- Igen erősen kötött savanyú mészigényes agyagok és vályogok: Csapadék-fogható képességük igen nagy, de erősen duzzadók és repedezők. Vízzetető-képességük óránként 5-15 mm. Televénytartalmuk 3-6%. Televényrétegük vastagsága 80-200 cm. Táplálóanyagokban gazdagok.
- Sekély termőrétegű talajok: Az altalajban közel a felszínhez a növényi gyökerek által hasznosíthatatlan szikes vagy mérgező anyagokat tartalmazó vályog és agyag talajok.
- Tőzeg és kotus talajok.
- Mezőgazdasági termelésre alkalmas szikes talajok.
- Mezőgazdasági termelésre feltételesen alkalmas szikes talajok.
- Mezőgazdasági termelésre alkalmatlan szikes talajok.
- Időszakosan vízjárta területek. Tavak, nádasok, folyóvizek. Erdők.
- Települések.

Az 1:25000-es DKTiR és a tájtermesztési térképek felépítése hasonló logikával bír, azonban kategória-rendszerükben van némi különbség. A tájtermesztési térképeket a Kreybig-féle térképek kiterjesztésével hozták létre és olyan származtatott információkkal bírnak, amelyek a talajismereti adatbázis közvetlen feldolgozásával nem elérhetőek (Bozán et al., 2008).

A Várallyay- és a Kreybig-féle vízforgalmi kategóriák korreláltatása : A Kreybig-féle talajismereti térképek 10 talajfizikai kategóriát különböztet meg, míg a Várallyay-féle

kategóriarendszer „csak” 9 osztályt különít el. A Kreybig-féle térképek elsősorban a mezőgazdasági termelés támogatását célozták, a földhasználóknak nyújtottak gyakorlatban hasznosítható információkat, éppen ezért a szempontrendszerük kissé eltér a Várallyay-féle osztályozástól. A Kreybig-féle kategóriarendszer egy része – talajfizikai alapon – jól kapcsolható a Várallyay-féle vízgazdálkodási osztályokhoz, így a homok (1.), a homokos vályog (2.), a vályog (3.), az agyagos vályog (4.), az agyag (5.), illetve a tözeges talaj (8.) kategóriák teljes mértékben ekvivalensek (Bozán *et al.*, 2008). A Kreybig-féle talajismereti térképek a szikes talajokat mezőgazdasági alkalmasságuk alapján osztja tovább (mezőgazdasági művelésre alkalmas, feltételesen és nem alkalmas), amely lényegében gyengén, közepesen és erősen szikes kategóriáknak feleltethetők meg. Ezzel szemben a Várallyay-féle térképek két szikes csoportot (enyhén, illetve erősen) különböztetnek meg. Mindezek alapján a Kreybig-féle kategóriarendszerben a mezőgazdasági művelésre alkalmas, vagy feltételesen alkalmas szikes talajokat az enyhén szikes (6.), míg a mezőgazdasági művelésre alkalmatlan szikeseket az erősen szikes (7.) Várallyay-féle osztályokhoz csoportosítottuk (Bozán *et al.*, 2008). A Kreybig-féle térképeken megjelenő „köves, kavicsos talajok”, illetve a „sekély termőrétegű talajok” mezőgazdasági szempontból nem relevánsak, kevésbé értékesek, mindkettő besorolható a Várallyay-féle sekély termőrétegű talajok (9.) vízgazdálkodási kategóriába (Bozán *et al.*, 2008). Ezen túl a Kreybig-féle tözeges, illetve a Várallyay-féle tözeg és kotus talajok (8.) szintén megfeleltethetők, ahova még besoroltuk a Kreybig-féle kategóriarendszerben megjelenő időszakosan vízállásos, vízjárta területeket, melyet az ezen talajokban jellemző jelentősebb szervesanyag-felhalmozódás indokol (Bozán *et al.*, 2008).

A Kreybig-féle talajosztályozás külön foglalkozik a magnéziumos talajokkal, ugyanis a Mg növeli a talajok vízmegkötő képességét (Kreybig, 1956), melynek során a kötött talajok amúgy is magas holtvíz tartalma tovább emelkedik. Blaskó és Karuczka (2001) különböző kicserélhető magnézium-tartalmú talajok vizsgálata alapján egyértelműsíti, hogy a kedvezőtlen fizikai tulajdonság további romlása a Mg és a Na együttes hatásaként jelenik meg, azonban a Mg hatása csak akkor nem szignifikáns, ha a talajban megfelelő mennyiségű kicserélhető Ca van jelen. Vizsgálataik azt is kimutatták, hogy Mg-kezelés hatására a humusz minősége lényegesen romlott. Mindennek megfelelően a Kreybig-féle kategóriarendszerben megjelenő magnéziumos talajokat besoroltuk a Várallyay-féle erősen szikes talajok (7.) közzé. Ettől függetlenül nem zárható ki annak a lehetősége, hogy alacsonyabb kicserélhető nátrium és magnézium tartalom esetén hordozhatja a

gyengén szikes és az agyag fizikai féleségű talajok csoportjának tulajdonságait is (Bozán et al., 2008).

A Várallyay és a Kreybig-féle osztályok megfeleltetése után a kategóriákat jellemző tulajdonságok alapján következtetni lehet az egyes csoportok belvíz-érzékenységre. A Várallyay-féle talaj-vízgazdálkodási kategóriák általános jellemzői között szerepel a víznyelési sebesség (IR), s így az egyes csoportok a víznyelési sebességük (Várallyay et al., 1980a,b) figyelembevételével jellemezhetők és ez alapján belvíz-érzékenységi szempontból kategorizálhatók (9. táblázat).

9. táblázat: Az egymásnak megfeleltetett Várallyay és Kreybig-féle kategóriarendszer (Forrás: Bozán et al., 2008)

A 9 talaj-vízgazdálkodási kategória fizikai talajféleségük szerint	Víznyelési sebesség (IR) mm/óra	Megfeleltethető Kreybig-féle osztályok	A terület vízborítás után hajlamos-e belvízképződésre?
(1.) homok	> 500	V.	nem hajlamos
(2.) homokos vályog	150-500	IV.	gyengén hajlamos
(3.) vályog	100-150	I.	közepesen hajlamos
(4.) agyagos vályog	70-100	II.	hajlamos
(5.) agyag	50-70	III. (VI.)	erősen hajlamos
(6.) enyhén szikes, v. pszeudoglejes t.	10-50	VII./1-2.; (VI.)	igen erősen hajlamos
(7.) erősen szikes t.	< 10	VII./3.; VI.	szélsőségesen hajlamos
(8.) tőzeg, kotu	-	VIII., XI.	eleve belvizesnek vett
(9.) sekély termőrétegű t.	-	X.; IX.	talajképző közettől függ

A Várallyay és a Kreybig-féle kategóriarendszerek megfeleltetése lehetővé tette a DKTiR által lehatárolt talajfoltok becsült víznyelési sebességgel való jellemzését (Bozán et al., 2008), mely alapja lehet a belvíz-érzékenység talajtani szempontú számszerűsítésének. A Várallyay és a Kreybig-féle térképek mellett felhasználtuk a tájtermesztési térképek adatbázisát is, melynek jelkulcsa feltünteti az egyes kategóriákba tartozó talajok „csapadék-fogható képességét (mm/m^3)”, illetve vízvezető-képességét (mm/óra). A „csapadék-fogható képesség” meghatározásának módszere egyelőre nem állt rendelkezésünkre, a korabeli módszerkönyv (Ballanegger, 1953) „vízfoghatósági szám” alatt az Arany-féle kötöttséget érti, ez viszont egészen más értékű. A „csapadék-fogható képesség” számadatai alapján valószínű, hogy értékei az adott fizikai féleségű, szántóföldi vízkapacitásig telített talaj összes víztartalmára vonatkoznak. A talajok vízvezető-képességi tulajdonságainak értékeiből arra következtettünk, hogy a talajok belvízképződésre való hajlamának leírása szempontjából megfelelőbbnek tűnik, mint a becsült víznyelési sebesség, pontosabban meghatározható információnk lehet (Bozán et al., 2008). Mindezek alapján a tájtermesztési térképek feldolgozására is sor került.

3.3.4. A földtani hatótényező (GEOL) kialakítása

A földtani hatótényező értékeinek előállításához a felszínközeli vízzáró rétegek felszíntől való távolságát és vastagságát vettem figyelembe. A hatótényező értékei a Magyar Állami Földtani Intézet (jelenleg MBFSZ) által feldolgozott és térképezett adatbázis (Alföld komplex földtani térképezése; *Rónai*, 1985) alapján kerültek meghatározásra a MÁFI segítségével. A vizsgált terület négy alföldi atlasz, az orosházi, a gyulai, a battonyai és a csanádpalotai atlaszok találkozási területén található. Ezen atlaszok alapadatait a komplex Alföld térképezés során 78-79-ben vették fel a MÁFI Síkvidéki osztályának munkatársai. Az Orosháza jelű atlaszokon 1978-ban a *Szűcs István* és *Szűcs Tatjana* vezette csoport végzett térképező munkát terepbejárással és 10 méteres mélységű sekélyfúrások mélyítésével, a másik hármat a *Kuti László* vezette csoport tárta fel hasonló módszerekkel. Az eredeti atlaszok térképeit *Rónai András* és *Franyó Frigyes* szerkesztette. A földtani változatokat a MÁFI-ban rendszeresített Egységes Országos Földtani térképezés (EOFT) jelkulcsa alapján 1997-ben *Kuti László* átszerkesztette. Első lépésként a vizsgálati területen mélyült feltáró fúrásoknak egyrészt a rétegsorai, másrészt pedig a fúrások anyagainak szedimentológiai adatai kerültek górcső alá. Ezek alapján lehetett következtetni a megfúrt rétegek vízáteresztő képességére, illetve a felszín közelében található vízzáró rétegek mélységi és szélességi kiterjedésére. Az egyes képződmények vízáteresztő képességét a *Rónai et al.* (1969) által alkalmazott ún. agyagossági százalék értékelésével lehetett megállapítani. Az agyag és finomkőzetliszt aránya tekinthető mérvadónak a vízzáróság szempontjából, ezért a 0,02 mm szemcseátmérő alatti frakció vehető számításba. A kalkulációk során – a módszer előírásainak megfelelően – a 20 százaléknál kevesebb finom anyagot tartalmazó képződményeket vízáteresztőnek, a 20-60 százalék közötti finom anyagot tartalmazó képződményeket vízfelvevő, víztartónak és 60 súlysázaléknál nagyobb finom anyag tartalmú képződményeket vízzárónak tekintettük (**10. táblázat**). Ennek megfelelően azt vizsgáltuk, hogy az így megállapítható első vízzáró réteg milyen mélységben helyezkedik el a felszínhez viszonyítva, és mekkora a vastagsága.

10. táblázat: Vízáteresztő képesség az agyagfrakció (0,0-0,02 mm) %-ban kifejezve (*Rónai et al.*, 1969)

A 0,02 mm szemcseátmérő alatti frakció súlysázaléka	Az áteresztő képesség jellege	
0- 10	Vízáteresztő	Telesen vízáteresztő
10- 20		Gyengén víztartó
20- 40	Víztartó	Jó vízfelvevő és jó víztartó
40- 60		Erősen víztartó
60- 80	Vízzáró	Repedező
80-100		Erősen repedező

A következőképpen alakítottuk ki a térképek jelkulcsát. A mélység tényezőnél, és a vastagsági tényező ábrázolásánál egyaránt öt csoportot különítettünk el, majd egy térképen ábráztuk ezeket. A mélységi térképnél használt csoportbontás: 1. A vízzáró réteg a felszínen van; 2. A vízzáró réteg 2 méternél kisebb mélységben van a felszín alatt; 3. A vízzáró réteg 2-4 méter közötti mélységben van a felszín alatt; 4. A vízzáró réteg 4-10 méter közötti mélységben van a felszín alatt; 5. 10 méterig nincs vízzáró réteg. A vastagsági térképeknél a következő vastagság határokat állapítottuk meg: 1. Nincs vízzáró réteg a szelvényben; 2. A vízzáró réteg vastagsága kisebb, mint 1 méter; 3. A vízzáró réteg vastagsága 1-2 méter közötti; 4. A vízzáró réteg vastagsága 2-4 méter közötti; 5. A vízzáró réteg vastagsága nagyobb, mint 4 méter. A két különálló térképlap összedolgozásra került. A térinformatikai feldolgozáshoz a tényezőtérkép digitalizálásra került, az egyes diszkrét pontokhoz egy értékskála szerint rendeltünk jellemző számértéket. Minél nagyobb a hatótényező értéke, annál kisebb a belvízképződésnek a lehetősége.

3.3.5. A talajvíz hatótényező (TV) kialakítása

Vizsgálataim alapján (lásd. 4.1. fejezet) a talajvízszint-adatsorok statisztikai szempontból kevésbé tekinthetők megbízhatónak, ami lényegében azt jelenti, hogy a statisztikai vizsgálat elvégezhető, azonban a megbízhatósági értékek alacsonyak (*Körösparti és Bozán, 2010*). Mindezek alapján jellemző LNV (legnagyobb talajvízszint) értékeit egy részletes vizsgálat alapján határoztam meg. Első lépésként meghatároztam a 10%-os előfordulási valószínűségű talajvízszint értékeket. Ez egy számérték, mely azt fejezi ki, hogy 10 évenként 1-szer számíthatunk ilyen, vagy ennél magasabb talajvízszint értékekre. Ez a módszer azonban úgy tűnt, hogy nem tudja megfelelően jellemezni az adott kút LNV-it, ugyanis hiába számolt a hidrológiai-statisztikai program (MHw) évi maximumokkal, esetenként ugyanazt a talajvíz „hullámot” kétszer számolta, ami nagyban növeli – indokolatlanul – a belvíz-veszélyeztetettség értékét. Példaként említhetjük az 1999-2000-es belvizes időszakot, amikor a program az 1999-es évben megjelölte az LNV-t december hónapra, míg a 2000-es évben pedig a januári hónapra. Ennek az a következménye, hogy alapvetően az egyszeri talajvízszint emelkedés maximumát kétszeresen számolta, növelve ezzel a terület belvíz-veszélyeztetettségének valós értékét. Ezért azt a megoldást választottam, hogy a kutakat egyenként átvizsgálva leválogattam az évi maximumokat, és ezeket használtam fel a további elemzésekhez. 4 db LNV-t

választottam ki ($LNV_{\text{átlag}}$), ami egyrészt jól jellemzi az adott kút maximum szélsőségeit, másrészt pedig a 10%-os előfordulási valószínűségnek feleltethető meg. A talajvízhálózat ritkasága miatt a domborzathoz való igazítást is számításba kellett vennem (lásd később).

Egyfajta térségi szemléletet alapján kettébontottam az adatsorokat, miszerint 1966-1991 és 1992-2016 közötti időszakból válogattam le 2-2 évi maximum értéket, melynek átlagát vettem, ami jól reprezentálja a talajvíz hatótényező értékét.

$$TV (LNV_{\text{átlag}}) = LNV_1 (1966-1991) + LNV_2 (1966-1991) + LNV_3 (1992-2016) + LNV_4 (1992-2016) / 4$$

Annál kisebb a belvíz kialakulásának a lehetősége, minél mélyebben állapodik meg a talajvízszint (magasabb tényező értékek).

Igazítás a domborzathoz (módosított talajvíz hatótényező): A térbeli interpoláció során egy adott pontban a vizsgálandó paraméter értékének meghatározásához a környező pontokban mért adatokat használjuk fel, melynek során a különböző távolságú pontokat nem ugyanakkora súllyal, illetve a hatástávolságon kívüli pontokat egyáltalán nem vesszük figyelembe (*Körösparti és Bozán, 2010*). A geostatistikában a krigelésnek nevezett súlyozott átlag képzésen alapuló módszert alkalmazzák az ismeretlen attribútum értékű pontok attribútum értékeinek meghatározására a más pontokban mért, azaz ismert, attribútum értékek alapján (*Burrough és McDonell, 1988; Cressie, 1990*). A becslés súlytényezőit fél-variogram felhasználásával (**3. melléklet**) számítjuk (*Curran, 1988; Wackernagel, 1995; Grohmann és Steiner, 2008*). Számos krigelési eljárást különböztetünk meg (egyszerű-, indikátor-, univerzális-, lognormális-, diszjunktív-, valószínűség-, ko-krigelés), melyek közül a ko-krigeléses eljárást találtam a legalkalmasabbnak arra, hogy a talajvíz hatótényező értékeinek térbeli kiterjesztését elvégezzem.

A ko-krigelés lehetővé teszi, hogy két egymástól függő tényező (pl. talajvíz-domborzat) alapján végezzünk predikciót úgy, hogy csak az egyik paramétert határozzuk meg (*Knotters et al., 1995; Odeh et al., 1995; Chung és Rogers, 2011*). Általában olyankor alkalmazzuk, amikor viszonylag kis számú mintával rendelkezünk egyik vagy másik paraméterről. A ko-krigelés során lényegében valamely tulajdonság térbeli becslését egy másik tulajdonsággal való regressziós kapcsolatával javítjuk.

Mindezek alapján az egyszerű lineáris interpolációból adódó hibát kellett kiküszöbölni. Ha ez nem történt volna meg, akkor olyan területek is megjelentek volna veszélyeztetettként, ahol a talajvízszint változása mindezt nem indokolja. A ko-krigelés alkalmazása során, a terepmodell és a talajvízszint értékek regressziós kapcsolatával

determináltuk a maximális talajvízszinteket a talajvízmérő kúthálózat közötti területeken (Körösparti és Bozán, 2010).

3.3.6. A földhasználati hatótényező (FH) kialakítása

A földhasználati hatótényező számszerű értékeinek meghatározása a CORINE (CLC50; Büttner *et al.*, 2004) adatbázis kategóriarendszere szerint hajtható végre, amellyel osztályozható a belvíz kialakulásában betöltött szerepe alapján. A térinformatikai elemzéshez a FÖMI által 1999-2003 között készített 1:50000 térbeli felbontású területhasználati kategória térképet használtam fel. Az Európai Unió megbízásából az adatállomány többszöri frissítésen esett át (2006, 2010, 2012), de a méretarány az egységes uniós előírás miatt 1:100000-re módosult. A területhasználati kategóriák is generalizáláson estek át, így jóval kevesebb kategória került megjelenítésre. A nagyobb felbontás és a belvíz keletkezés szempontjából releváns kategóriák miatt a régebbi adatbázis használata mellett döntöttem. A **4. mellékletben** bemutatom szemléltetésképpen a két adatbázis közötti felbontásbeli különbséget. A MEPAR rendszeren belül elkészült egy területhasználati fedvény is (nagy felbontásban), de ehhez az adatbázishoz egyelőre nem volt hozzáférésem.

A belvíz-veszélyeztetettségi eredménytérkép szerkesztéséhez az egyes földhasználati kategóriák 0,1-5 értékekkel jellemezhetők. A földhasználati hatótényező esetén is minél kisebb az érték, annál nagyobb a belvíz kialakulásának a valószínűsége.

3.4. A függő tényező (belvíz-gyakoriság) meghatározása

A vizsgálati területen található, Körös-vidéki Vízügyi Igazgatóság által rögzített maximum belvízelöntéseket ábrázoló térképi adatbázist dolgoztam fel. A feldolgozás során a következő évek folttérképeit használtam fel: 1957-1959, 1962-1963, 1965, 1967-1982, 1986-1987, 1993, 1999-2001, 2003-2004, 2006, 2010, 2011, 2013, 2014, 2016. A felmérést elsősorban csatornaőrök végzik, akik a vaktérképeken (1:10000-1:25000 méretarány) megjelenített tereptárgyakhoz viszonyítva manuálisan rajzolják be a foltokat.

A belvíz-gyakorisági térkép előállításához első lépésként a papír alapú elöntéstérképek szkennelését végeztük el, majd a raszteres térképek vektorizálása következett (AutoCad CadOverlay program segítségével), EOVS rendszerben. Az elkészített belvízelöntési térképek vektoros állományai alapján készült el a gyakorisági összesítő térkép

(Körösparti és Bozán, 2010). Az előntések relatív előfordulásának gyakorisági értékeit AutoCad Map szoftver segítségével határoztam meg. A gyakoriság meghatározása az alábbi egyenlet szerint történt:

$$RF = (EW * y) / (\sum n)$$

ahol, RF = Relatív gyakoriság; EW = előntés/pixel; y = előntések száma; n = vizsgálati évek.

3.5. Az alkalmazott statisztikai módszerek a belvíz-veszélyeztetettséget meghatározó tényezők ok-okozati összefüggéseinek és a területi regressziós kapcsolatok vizsgálata során

Az ok-okozati elemzések során megvizsgáltam, hogy a hatótényezők milyen súllyal vesznek részt a belvíz-veszélyeztetettség kialakulásában. Ehhez alkalmaztam két- és többváltozós regresszió számítást, melynek során a belvíz-gyakorisági értékek jelentették a függő változót, míg a független változók a talajtani, domborzati, földtani, talajvíz, földhasználati és a hidrometeorológiai tényezők értékei voltak. Vizsgálataimhoz SPSS 10.1 szoftvert használtam.

A független változók száma alapján egy- vagy többváltozós regresszió számítást különböztetünk meg (Hunyadi et al., 2000; Korpás A-né, 2012; Kovács, 2014). A többváltozós regresszió során az egyetlen függő változó (esetünkben a belvízgyakorisági értékek) megfigyelt értékeire több független változó (talajtani, földtani, domborzati, talajvíz, földhasználat, hidrometeorológiai) megfigyelt értékeiből próbálunk becslést adni. A jelenségek többségére inkább az igaz, hogy kialakulásukért több tényező a felelős (Sajtos és Mitev, 2007; Jánosa, 2011; Huzsvai és Vincze, 2012; Csallner, 2015).

Egy adott jelenséget általában több tényező befolyásolja, vagyis többnyire nem elegendő a kétváltozós modell alkalmazása. Szükség van további olyan magyarázó változók vizsgálatára, amik a jelenség egzaktabb leírását teszik lehetővé. Azokat a kapcsolatokat, amelyeknél az egyik tényezőre több másik tényező is hatással van, többszörös kapcsolatoknak nevezzük, a kapcsolatok mennyiségi jellemzőinek, illetve szorosságának vizsgálatát pedig többszörös korreláció- és regresszió-számításnak hívjuk (Sajtos és Mitev, 2007; Jánosa, 2011; Huzsvai és Vincze, 2012; Csallner, 2015). Megkülönböztetünk lineáris és nemlineáris típusú összefüggéseket. Ha n elemű mintát veszünk, akkor a többszörös lineáris összefüggések általános matematikai egyenlete a következő (Huzsvai és Vincze, 2012):

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 \times x_{i1} + \beta_2 \times x_{i2} + \dots + \beta_m \times x_{im} + \varepsilon_i, \\ (i = 1, 2, \dots, n, m + 1 < n < N),$$

ahol $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m$ a függő változóra ható tényezőket jelenti; β_0 a függvény konstans tagja, az ε_i pedig a regressziós egyenes hibatagja.

A modellben szereplő x_{im} tényezők a független változók, azaz esetükben a belvíz kialakulásáért felelős hatótényezők, amelyek a feltevés szerint lineárisan befolyásolják az y függő változó (azaz a belvízelöntés) alakulását (azaz $y = X \times \beta + \varepsilon$, $y = X \times \hat{\beta} + e$ illetve $\hat{y} = X \times \hat{\beta}$). Esetünkben az X hatása az y -ra nem determinisztikus, hanem sztochasztikus, amit kifejez az összefüggésben szereplő ε , amely a független változókon túl hat az y -ra, vagyis az y változó értéke függ a véletlentől, azaz egy valószínűségi változó. A hibatagok nulla várható értékű, konstans varianciájú, korrelálatlan valószínűségi változók, amelyek normális eloszlásúak. Az ismertett feltételeknek eleget tevő modelleket standard lineáris regressziós modellnek hívjuk (Huzsvai és Vincze, 2012). A feltételek általában nem teljesülnek, az okok közül az alábbi 3 legfontosabbat emelhető ki:

- *Multikollinearitás*: a magyarázó változók nem lineárisan függetlenek;
- *Autokorreláció*: a hibatagok lineárisan nem függetlenek;
- *Heteroszkedaszticitás*: a hibatagok szórásnégyzete nem állandó.

Egy standard lineáris regressziós modell azt feltételezi, hogy esetünkben pl. a belvíz kialakulásáért felelős befolyásoló tényezők egymástól lineárisan függetlenek. Ha azonban valamelyik magyarázó változó kifejezhető a többi tényező lineáris kombinációjaként (azaz függvényyszerű kapcsolatban áll a többi magyarázó változóval) akkor *multikollinearitás*ról beszélünk (Huzsvai és Vincze, 2012). A multikollinearitás kiküszöbölése viszonylag egyszerűen megoldható (lenne), hiszen a lineáris függőség megszüntethető azzal, hogy a vizsgálatba bevont változók közül kizárjuk a lineáris függőségben lévőt. Annak eldöntése azonban, hogy melyik a lineáris függőségben lévő változó, nem könnyű. Mivel a magyarázó változók közötti összefüggések sztochasztikus jellegűek (ami különösen igaz a dinamikusan változó tényezőkre, pl. hidrometeorológiai változók vagy éppen a talajvízszint változása), a jelenség felismerése és a tényezők hatásainak szétválasztása külön számításokat, elemzési módszereket igényel. Ha a magyarázó változók lineárisan nem függetlenek, akkor az alábbi következményekkel kell számolni (Huzsvai és Vincze, 2012):

- a becslés és az előrejelzés torzított marad;
- a regressziós együtthatók standard hibái nőnek;
- a becsléseink bizonytalanná válnak;

- az egyes magyarázó változók hatásainak elkülönítése nem lehetséges.

A befolyásoló tényezők lineáris függetlenségének tesztelését a többszörös lineáris regresszió elvégzése előtt kell megvizsgálni (Huzsvai és Vincze, 2012).. Alapelveként abból indulunk ki, hogy a befolyásoló tényezők determinációs együtthatóinak összege, ha megegyezik a többszörös determinációs együttható értékével, akkor nem áll fenn a magyarázó változók között a multikollinearitás, ellenkező esetben igen, mégpedig a különbség nagyságával arányosan.

Autokorrelációról akkor beszélünk, ha a hibatagok lineárisan nem függetlenek (Huzsvai és Vincze, 2012). Az autokorreláció különböző rendű lehet, attól függően, hogy a hibatag i -edik értéke melyik értékkel van kapcsolatban. Ha a hibatag i -edik értéke közvetlenül az előtte lévő értékkel áll korrelációs kapcsolatban, akkor elsőrendű autokorrelációról beszélünk ($\varepsilon_i = \rho \times \varepsilon_{i-1} + \lambda_i$, ahol ρ az autokorrelációs együttható), melynek tesztelésére a Durbin-Watson-féle próbát alkalmazunk (Huzsvai és Vincze, 2012). A ρ lineáris autokorrelációs együttható értékét a következőképp számolhatjuk:

$$\hat{\rho} = \frac{\sum_{i=2}^n e_i \cdot e_{i-1}}{\sqrt{\sum_{i=2}^n e_i^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=2}^n e_{i-1}^2}}$$

A próba nullhipotézise az elsőrendű autokorreláció hiányát fogalmazza meg, azaz $\rho=0$. Ha a próbafüggvény értéke 2-nél nagyobb, akkor az alternatív hipotézisünk a negatív autokorreláció ($H_1:\rho<0$), amennyiben 2-nél kisebb, akkor a pozitív autokorreláció ($H_1:\rho>0$). Az elsőrendű lineáris autokorreláció teszteléskor a **11. táblázat** relációi alapján döntünk (Huzsvai és Vincze, 2012).

11. táblázat. A Durbin-Watson-féle próba döntési táblája

Alternatív hipotézis	$H_0 : \rho = 0$	Elfogadjuk	Elvetjük	Nincs döntés
$\rho>0$	$d > d_U$		$d < d_L$	$d_L \leq d \leq d_U$
$\rho<0$	$d < 4 - d_U$		$d > 4 - d_L$	$4 - d_L \leq d \leq 4 - d_U$

A keresztmetszeti vizsgálatoknál gyakori probléma, hogy a hibatagok varianciái nem állandóak, pedig standard lineáris regressziós modell esetében ez követelmény (Huzsvai és Vincze, 2012). Azt, hogy a varianciák hibatagjainak az állandósága nem áll fenn okozhatja az, hogy a hibatag nagysága függ valamelyik befolyásoló tényezőtől. A *heteroskedaszticitás* tesztelésénél ellenőrizni kell, hogy milyen szoros a kapcsolat az egyes változók és a hibatagok abszolút értékei között (Huzsvai és Vincze, 2012):

Egy modell illeszkedésének mértékét az határozza meg, hogy a teljes eltérésnégyzetösszegének mekkora részét teszi ki a regresszió által magyarázott és a

hibataggal kapcsolatos négyzetösszeg (Huzsvai és Vincze, 2012). A modell illeszkedésének jóságát a varianciaanalízis segítségével teszteljük (globális F-próba), melynek számítása a következő (Huzsvai és Vincze, 2012):

$$F = \frac{\frac{SSR}{m}}{\frac{SSE}{n-m-1}} = \frac{MSR}{MSE}$$

, ahol SSR a regresszióval magyarázott változékonyság, SSE a hibatag, MSR a „külső” szórásnégyzet becslése, MSE a „belső” szórásnégyzet becslése.

Egy varianciaanalízis táblázatból olvasható le a modell illeszkedésének helyessége, miszerint a tapasztalati F-értékek vannak összevetve a megfelelő elméleti értékekkel. A varianciaanalízis egyoldalú próba, ami azt jelenti, hogyha a tapasztalati F érték kisebb az elméleti értéknél, akkor a nullhipotézist elfogadjuk (az adott szignifikancia szint mellett), vagyis ebben az esetben a vizsgált modell nem alkalmas a megfigyelt jelenség elemzésére. A nullhipotézis elvetése azonban nem jelenti automatikusan a modell illeszkedésének jóságát (Huzsvai és Vincze, 2012). Végeredményképpen a regressziós modellben a teljes eltérés-négyzetösszeg a (1) regressziós hatásra és a (2) hibahatásra bontható (12. táblázat). Cél, hogy az együtthatók legkisebb négyzetes becslése során az SSE-t minimalizáljuk, az SSR-t maximalizáljuk. Ha az átlagértékek aránya – az F-hányados – „nagy” lesz, akkor bizonyítható a lineáris összefüggés a függő és független változók között.

12. táblázat: Az ANOVA táblázat

A szóródás oka	Az eltérések négyzetösszege	Szabadsági fok	Szórásnégyzetek becslése	F
(1) Regresszió	SSR	m	MSR	MSE / MSR
(2) Hiba	SSE	n - m - 1	MSE	
Összesen	SST	n - 1		

A reziduumokra vonatkozó feltételek közül meg kell vizsgálnia a hibatényező eloszlásának normalitását (Huzsvai és Vincze, 2012), melynek ellenőrzésére több módszert alkalmazhatunk. Vizsgálataim során az egymintás Kolmogorov-Szmirnov próbát választottam, mely alkalmas arra, hogy két valószínűségi változó eloszlását összehasonlítsuk, vagy ellenőrizzük, hogy egy valószínűségi változónak csakugyan az az eloszlása, amit feltételeztünk.

Vizsgálataim során arra kerestem a választ, hogy a befolyásoló tényezők milyen kapcsolatban állnak egymással, illetve a vizsgált hat független változó közül melyik vagy melyikek és milyen mértékben határozzák meg a belvízelöntések kialakulását. Első lépésként felállítottam a munkahipotézist, miszerint az elöntés kialakulását az összes

tényező befolyásolja, majd elemeztem a lineáris összefüggéseket: R-érték, Korrigált R^2 érték (a független változó hány %-ban magyarázza a függő változó változását), a becslés standard hibája, ANOVA teszt (szórás analízis, F-próba), a lineáris kapcsolat vizsgálatához pedig t-próbát alkalmaztam. Kiszámoltam a független változók korrelációs mátrixát, mely a tényezők közötti összefüggések elemzésére alkalmas. Elvégeztem a parciális korreláció vizsgálatot is, melynek során lekapcsolható az egyes tényezők hatása, így be lehet bizonyítani, hogy a tényezők statisztikai szempontból függetlenek egymástól vagy sem. Ezt követően elvégeztem a maradékok vizsgálatát (akkor független a maradék, ha nem befolyásolják egymást). Az autokorreláció vizsgálat során az adatsor önmagával való kapcsolatát vizsgáltam, melynek során Durbin-Watson próbát alkalmaztam. Ezt követően megvizsgáltam, hogy a hibatagok normál eloszlásúak-e vagy sem, ugyanis akkor teljesül a feltétel, ha 0 értéket kapunk. Mindezt Kolmogorov-Szmirnov próbával tudtam ellenőrizni. Végül a maradékértékek és a független változók függetlenségének vizsgálata következett, mely szintén a lineáris függvénykapcsolat erősségét bizonyítja vagy cáfolja.

3.6. A belvíz-veszélyeztetettség mutató kialakítása és alkalmazása

Az eredménytérkép összeállítása többváltozós regresszió számítás alapján végezhető el, melynek során független változóként a kiválasztott hatótényezők, míg függő változóként a belvíz-gyakorisági értékek, azaz az elöntés relatív gyakorisága került alkalmazásra (Bozán *et al.*, 2015). A térkép előállításához egy belvíz-veszélyeztetettség mutatót alakítottam ki. A regressziós egyenlettel meghatározott súlyozott hatótényező értékei és a HUMI szorzata adja ki veszélyeztetettség mutatót az alábbi képlet szerint:

$$\text{Veszélyeztetettség mutató} = (k - w*TT + w*FT - w*FH - w*DOMB - w*TV) a*HUMI$$

ahol, k = konstans érték; w = súlyozó érték; a = arányosító tényező; TT = Talajtani tényező; FT = Földtani tényező; FH = Földhasználati tényező; DOMB = Domborzati tényező; TV = Talajvíz tényező; HUMI = Hidrometeorológiai tényező

A képlet alapján elkészítettem a vizsgálati terület belvíz-veszélyeztetettség feltérképét, ahol a színek – zöld, sárga, narancssárga, piros – a belvíz-veszélyeztetettség különböző szintjeit mutatják.

A belvíz-veszélyeztetettség kategorizálása/osztályozása

A veszélyeztetettség kategóriák felállításához számos osztályozási lehetőség alkalmazható:

- Equal Interval – egyenlő osztályközökre bontás;
- Natural breaks (Jenks) – a program megpróbálja megkeresni a természetesen adódó töréseket a felosztásban;
- Defined Interval – meghatározott osztályközökre bontás;
- Quantile – egyenlő számú elem az osztályban;
- Geometrical interval – geometriai alapú osztályba sorolás;
- Standard deviation – osztályozás szórás alapján.

Ezek közül a Jenks-féle osztályképző módszert alkalmaztam, mely az adatosztályok kialakításánál a nagyobb adatszoportok értékei szerint határozza meg az osztályközöket (Jenks, 1967). A módszert nevezhetjük a „variancia-illeszkedés megfelelésének” (Goodness of Variance Fit, GVF) is, melyet az átlagtól való négyzetes eltérés minimalizálására használnak. A módszert akkor alkalmazzuk, ha a GVF maximalizált:

- kiszámolja az osztályok közötti négyzetes eltérés összegét (SDBC);
- kiszámolja a sorátlagtól való négyzetes eltérés összegét (SDAM);
- az utóbbit kivonja az előbbiből (SDAM-SDBC), ezzel megkapjuk az átlagtól való négyzetes eltérés összegét (SDCM).

Az SDAM érték konstans, az adatok változása nélkül nem változik. Minden osztályköz átlagát és az SCDM értékeket kiszámolja. Az SCDM érték csökkentése és a GVF statisztika növelése érdekében történhet mozgás az egyes osztályok között, ameddig a GVF érték eléri a maximumát.

Az eredményként kapott értékeket a Jenks-féle módszerrel osztályoztam és besoroltam a veszélyeztetettség mértéke szerint a következő kategóriákba: 1: nem veszélyeztetett; 2: mérsékelten veszélyeztetett; 3: közepesen veszélyeztetett; 4: veszélyeztetett; 5: erősen veszélyeztetett.

4. EREDMÉNYEK

Az értekezésben foglalt kutatómunka során elvégeztem a belvízképződést meghatározó főbb hidrológiai és meteorológiai tényezők statisztikai értékelését, a lokálisan eltérő belvízképződés (földárja) szerepének értékelését (4.1. fejezet). Meghatároztam a belvízi veszélyeztetettség kialakulásáért felelős hat fő hatótényező számszerű értékét, melyet térben kiterjesztettem és kategorizáltam (4.2. fejezet), majd számszerűsítettem a belvíz-gyakorisági értékeket (4.3. fejezet). Ezt követően elvégeztem az ok-okozati összefüggések matematikai-statisztikai elemzését (4.4. fejezet). Területi regressziós vizsgálatok alapján (4.5. fejezet) kifejtettem a belvíz-veszélyeztetettségi mutatót, melynek felhasználásával megszerkesztettem az eredménytérképet (4.6. fejezet), amit a Jenks-féle módszerrel osztályoztam (4.7. fejezet), majd területileg differenciáltan hozzárendeltem a területhasználati alternatívákat (4.8. fejezet).

4.1. A belvízképződést meghatározó főbb hidrológiai és meteorológiai tényezők statisztikai jellemzése, a lokálisan eltérő belvízképződési (földárja) jelenség értelmezése

A belvíz keletkezése bonyolult természeti folyamat. A fedőréteg vízháztartását befolyásoló, helyről helyre változó és sokféle hatótényező igen szoros kölcsönhatásban, illetve keresztkapcsolatban van. Ezek a belvízképződésben akkor játszanak meghatározó szerepet, amikor adott helyen, adott időben, a legkedvezőtlenebb értékben jelennek meg. A belvízképződést befolyásoló változó tényezők közül mind elméleti megfontolások, mind pedig tapasztalatok alapján a csapadéknak, a hőmérsékletnek és a talajvíznek van meghatározó szerepe.

A tényezők vonatkozásában meghatározó feltétel, hogy viszonylag kevés számú észlelő hellyel rendelkezünk és esetenként hézagosak a rendelkezésre álló idősorok.

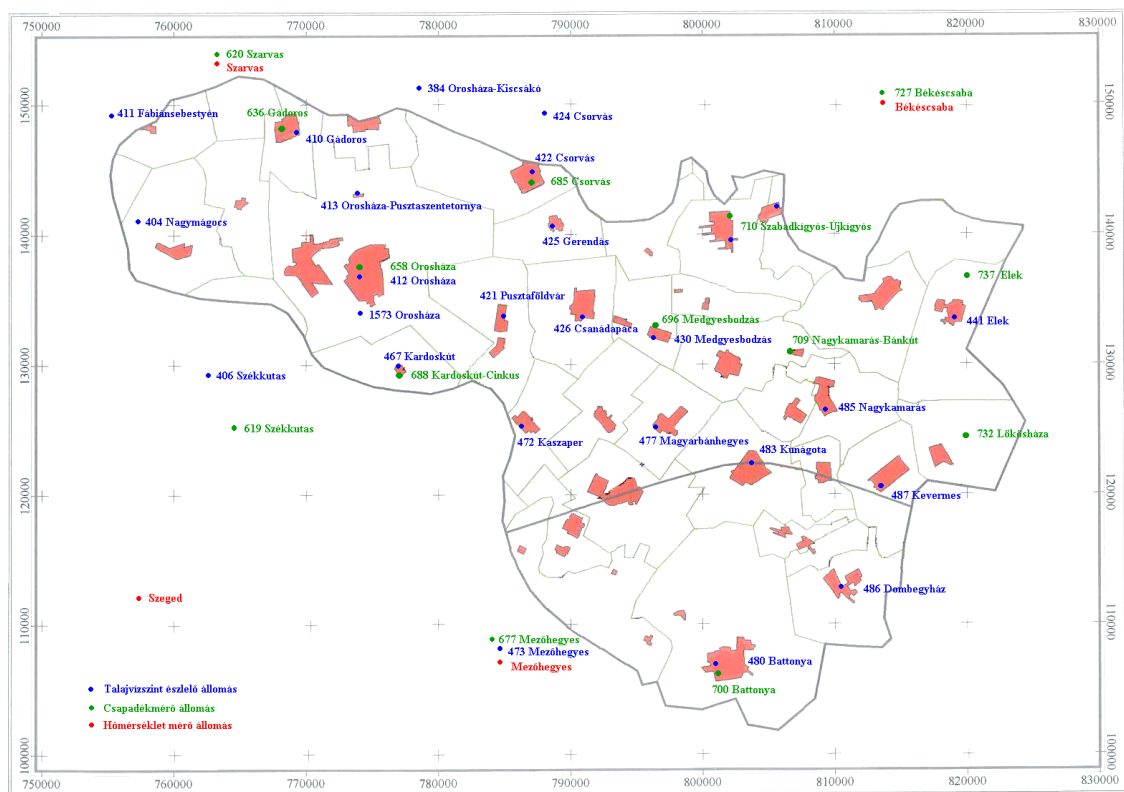
Ezen tényezők, illetve tényezőcsoportok paramétereinek számszerűsítéséhez statisztikai vizsgálatokat végeztem. Abból az eszmei modellből indultam ki, hogy a belvíz mértékét nem a vízháztartási elemek átlagos értékei határozzák meg, hanem ezen tényezők kedvezőtlen, szélsőséges állapotainak véletlenszerű összeesése. A szélső értékeket számszerűsítettem, ezért a statisztikai értékelések során arra törekedtem, hogy ezen tényezők változékonyságának szélsőségeire szolgáltatassak számszerű eredményt. A belvíz a vízháztartási folyamatok halmozódásának a következménye, ezért nem elegendő

az egyes időszakokhoz rendelt paraméterek számszerűsítése, hanem esetenként a felhalmozódási időszakok jellemzése is szükséges.

Különös figyelmet fordítottam a talajvíz viselkedésére, különösképpen azért, mert a Békés-Csanádi löszháton évszázados tapasztalat utal arra, hogy a belvizek képződésében nemcsak a csapadéknak van meghatározó szerepe, hanem főként a szélsőségesen nagy belvizek szoros kapcsolatban vannak, a regionális kiterjedésű hidrogeológiai kapcsolatok miatt, az ún. földárja jelenséggel. Ennek feltárása érdekében végeztem a paraméterek statisztikai értékbecslésén túl területi kapcsolatvizsgálatokat is. A talajvízjárás általános sajátosságainak számszerűsítésére alkalmaztam a leíró statisztikát. Emellett törekedtem a terület talajvíz járásának általános jellemzésére is, ezért különböző elméleti eloszlásfüggvények illeszkedését vizsgáltam.

A statisztikai vizsgálatok adatforrásai (statisztikai minták): A Békés-Csanádi löszhát hidrológiai és meteorológiai jellemzésére a hosszabb ideje folyamatosan működő talajvíz, csapadék és hőmérséklet észlelő állomások adatait használtam fel. A vízháztartási egyenletben szereplő paraméterek között jelentős szerepet tulajdonítanak a párolgásnak, viszont a mérések hiánya, rövideége és valósághűségének problematikussága miatt a közvetett, de azt meghatározó tényezővel, a hőmérséklettel foglalkoztam. A területen található mérőállomások száma jóval magasabb, mint amelyeket a vizsgálatba bevontunk, viszont megbízható statisztikai elemzésekre csak azok az állomások alkalmasak, amelyek viszonylag kis hiánnyal terhelve, legalább 3-4 évtizeden keresztül változatlan észlelési feltételekkel működnek.

Ezen irányelveket követve 26 db, a talajvízszintet 45 éve észlelő kutat, valamint 11 db 42 éves adatsorral rendelkező csapadékmérő állomást és 4 db 44 éves idősorú hőmérsékletmérő állomás adatait fogadtam el és használtam fel (**17. ábra**). Itt kell megjegyezni, hogy vizsgálataim során a legnagyobb problémát nem a hiányos adatsorok okozták, hanem az esetenként előforduló bizonytalan megbízhatóságú adatok.



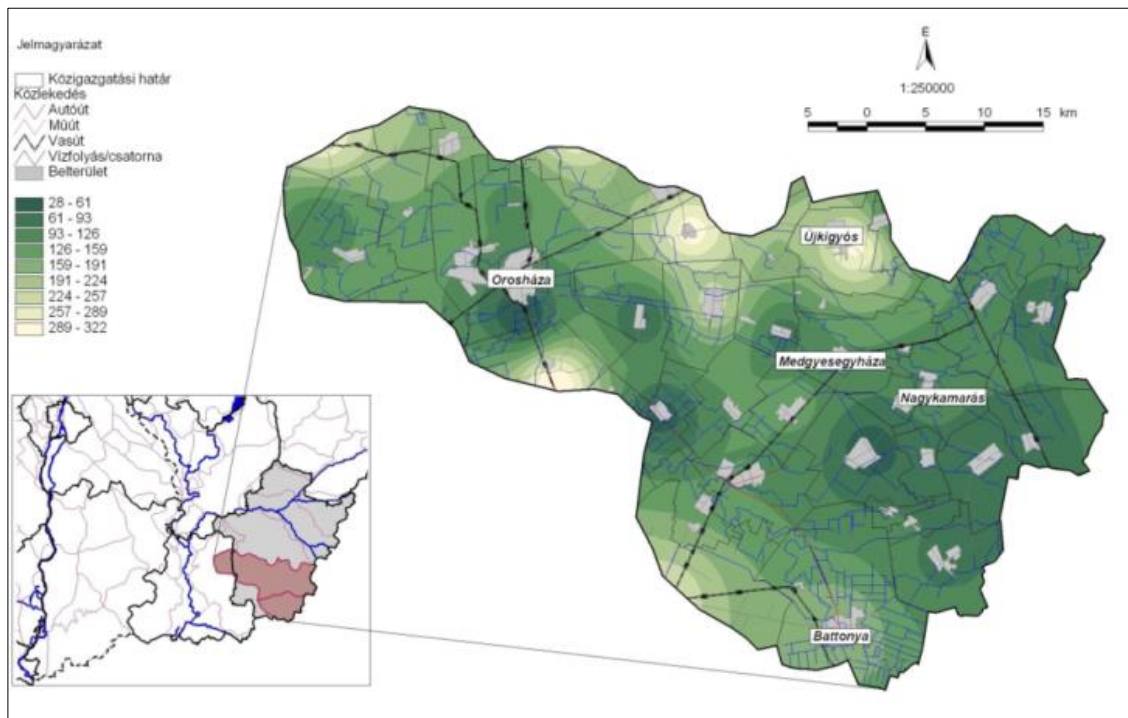
17. ábra: A Békés-Csanádi hát területén lévő, statisztikai feldolgozáshoz felhasznált mérőállomások

A statisztikai vizsgálataim elvégzését megelőzően a felhasználandó adatsorokat ellenőrzésnek vettem alá.

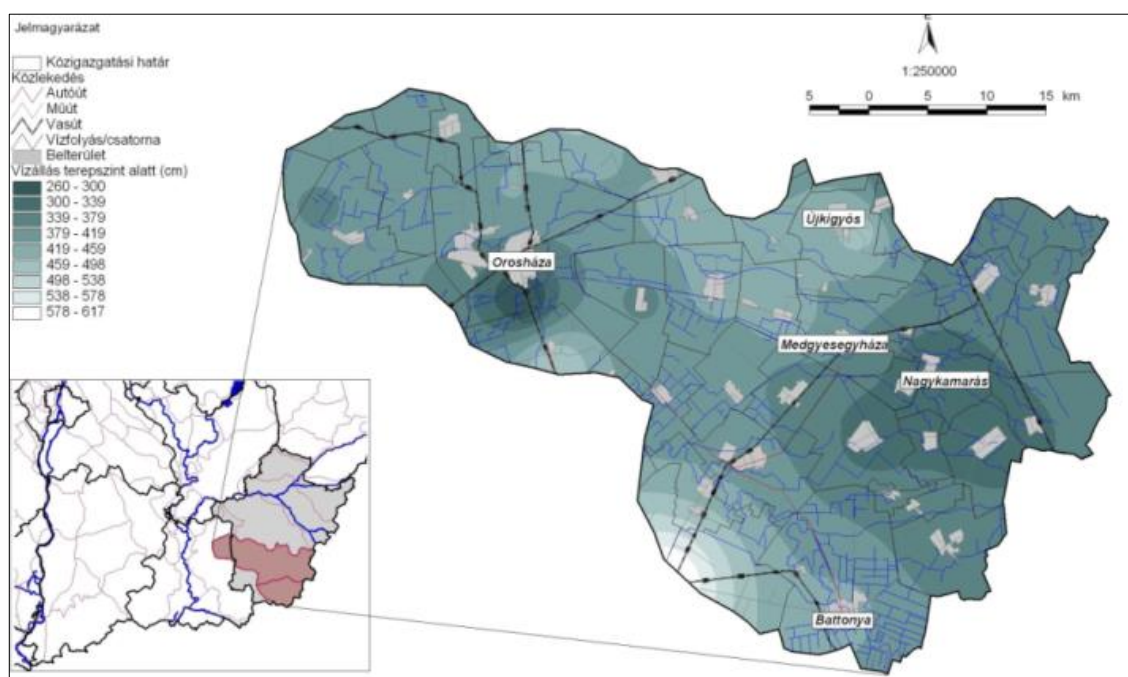
Paraméter előállítás a Békés-Csanádi löszhát többtényezős minőségi értékeléséhez: A területértékelés egyik fontos paramétere a tényezők sokévi szélsőértékeinek (minimumok, maximumok) 5, illetve 95%-os az előfordulási gyakorisága. Ezen számszerű értékek felhasználásával készítettem el a Békés-Csanádi löszhát többtényezős minőségi értékeléséhez szükséges izovonalas térképeket. A talajvíz dinamikáját több eseti hatás mellett elsősorban a táplálás (beszivárgás) és a fogyasztás (párolgás) véletlenszerűen változó folyamatainak mérlege határozza meg. Ezen domináns vezérlés érvényesülése a hosszabb időszaki átlagértékekből jobban tükröződik, mint a pillanatnyi értékekből. Ezért vizsgálataim során évi, illetve havi középértékekkel dolgoztam.

Évi szélsőértékek: A talajvízállás sokévi adatai alapján meghatároztam a belvíz kialakulása szempontjából releváns, szélsőséges vízjárású területrészeket (észlelő

helyeket). A **18-19. ábrákon** szemléltetem a talajvízjárás szélsőségeinek területi alakulását.



18. ábra: Az évi középvízállások maximuma a terepszint alatt (cm)



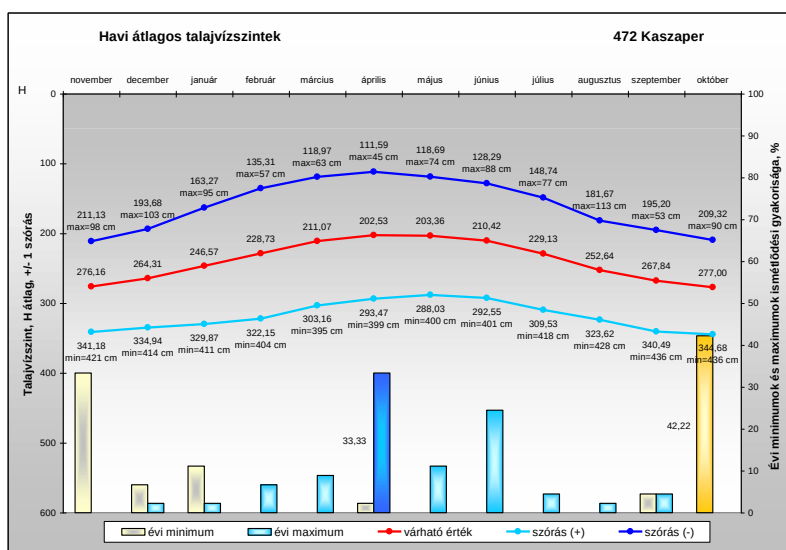
19. ábra: Az évi középvízállások minimuma a terepszint alatt (cm)

Halmazódási időszakok: A belvíz kialakulásában a talajvíz szintje meghatározó jelentőségű, amelynek alakulásában az időjárásnak domináns szerepe van. Ezért a területi értékelés szempontjából fontos paraméternek ítéltam a csapadék és hőmérséklet azon halmazódási időszakait, amelyek eredőjeként a talajvíz szintje érdemlegesen változhat.

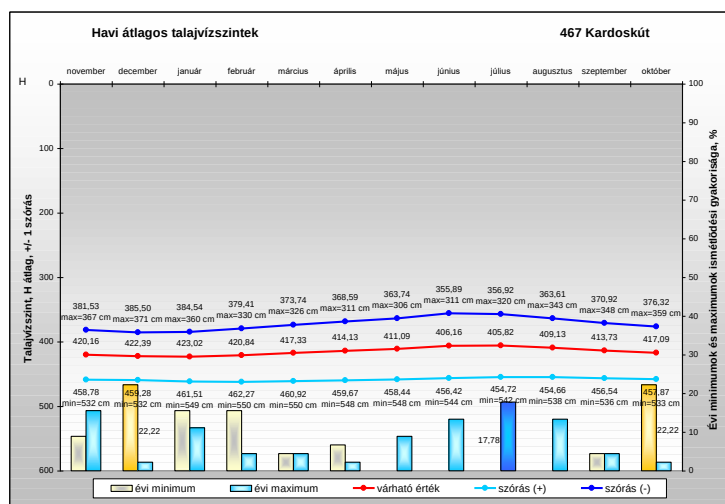
Annak alapján, hogy a szélső értékek az évi ciklus milyen időpontjára, időszakára esnek, elvégeztem a szélsőségek jelentkezésének stabilitás vizsgálatát. Így meg tudtam határozni azokat a csapadék és hőmérsékleti halmozódási időszakokat, amelyek a belvíz kialakulásában, ennek megfelelően a terület minőségi értékelésében meghatározó jelentőségűek.

A talajvíz jellemző értékeinek vizsgálata során minden olyan talajvízkút havi várható értékeit megjelenítettem, amelyek jól tükrözik a kutakban mérhető vízszintek éven belüli alakulását (**20-21. ábrák**). A vizsgált területen mért talajvízszintek legmagasabb várható értéke április-május-június hónapokra tehető, ami a hóolvadás és a tavaszi-nyári nagycsapadékokból történő beszivárgás feltételezett következménye. A változékonyság jellemzésére megvizsgáltam a várható érték (+/-) 1-szeres szórását (68,3% konfidencia intervallum). Ezekre tekintettel megbizonyosodtam arról, hogy azokon a területeken, ahol a talajvízállás várható értéke 1,5-3 m között jelentkezik, ott a szórás rendkívül nagy (**20. ábra**). A mélyebb talajvízszintű területek esetén, a vízszint ingadozása kisebb intervallumú, ami a szórás mértékében is megmutatkozik (**21. ábra**).

A talajvízállások hosszú időszora lehetőséget adott arra, hogy meghatározzuk az évi maximális és minimális talajvízállás havonkénti ismétlődési gyakoriságát. Jellemző, hogy a magas vízállású kutakban mérhető maximális és minimális talajvízszintek ismétlődési gyakorisága a nyári, illetve a téli hónapokban a legnagyobb valószínűségű. Ezzel ellentmondóan viselkednek a mélyebb talajvízszintű kutak, ahol a maximumok és minimumok évi eloszlása sokkal kiegyenlítettebb, így a tavaszi belvizek kialakulására legkevésbé ezeken a területeken számolhatunk (467 Kardoskút, 384 Orosháza-Kiscsákó, 433 Újkígyós).



20. ábra: A 472-es kaszaperi kút talajvízszint-változása, szélsőségeinek ismétlődési gyakorisága



21. ábra: A 467-es kardoskúti kút talajvízszint-változása, szélsőségeinek ismétlődési gyakorisága

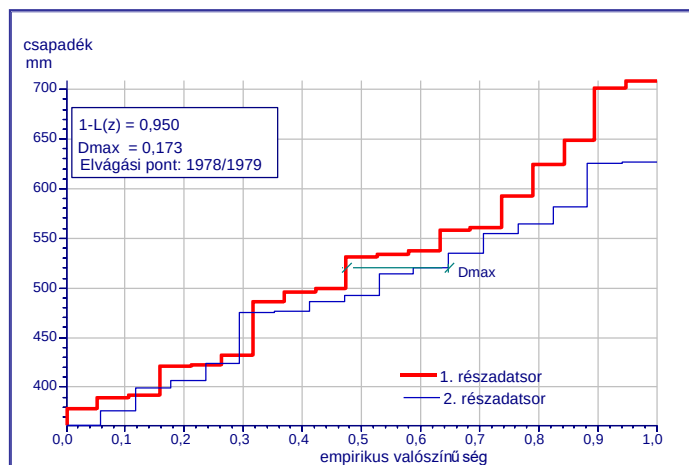
A hőmérséklet egyfelől a párolgást meghatározó szerepe révén, másfelől a talajfagy lehetősége tekintetében bír jelentőséggel a belvízképződésben.

Mintaelemzési vizsgálatok: A talajvíz idősorok esetén az idősor elemek egymástól való függősége vagy függetlensége a vizsgált jelenség fizikai jellegéből következik. Így például eldönthető, hogy az egymást követő havi középvízállások egymástól biztosan nem függetlenek, míg az egymást követő havi csapadékösszegek, illetve középhőmérsékletek biztosan függetlenek. Az adatsor homogenitása vagy egyöntetősége viszont a további vizsgálatokat alapvetően meghatározza, mivel akkor tekinthetjük az adatsort egyöntetűnek, ha egyes részei ugyanolyan típusú és paraméterű eloszlásfüggvénnyel írhatók le. Az egyöntetűség ellenőrzéséhez Kolmogorov-Szmirnov próbát alkalmaztam, így külön tudtam választani azokat az adatsorokat, amelyek a homogenitás hipotézisének megfelelnek a csapadék (12. táblázat, 22. ábra), a hőmérséklet (13. táblázat, 23. ábra) és a talajvíz (14. táblázat, 24. ábra) vonatkozásában, illetve azokat, amelyek részben vagy egyáltalán nem felelnek meg (15. táblázat, 25. ábra).

12. táblázat: A 668-as kardoskút-cinkusi csapadékmérő állomás évi csapadékösszegei

Év	Csapadék mm	Év	Csapadék mm	Év	Csapadék mm	Év	Csapadék mm	Év	Csapadék mm
1958		1967	421	1976	486	1985	476	1994	407
1959		1968	433	1977	592	1986	399	1995	555
1960	534	1969	558	1978	624	1987	564	1996	
1961	392	1970	709	1979	424	1988	535	1997	
1962	379	1971	423	1980	514	1989	625	1998	
1963	561	1972	496	1981	627	1990	475	1999	
1964	500	1973	389	1982	520	1991	582		
1965	649	1974	701	1983	362	1992	376		
1966	532	1975	537	1984	492	1993	486		

A lépcsős függvények közötti legnagyobb eltérés, $D_{\max} = 0,173$; az egyöntetűséget jellemző valószínűség, $P = 1-L(z) = 0,950$; tehát, az adott, 30 és 70%-os szignifikancia határok figyelembe vételével az adatsor egyöntetűnek tekinthető.

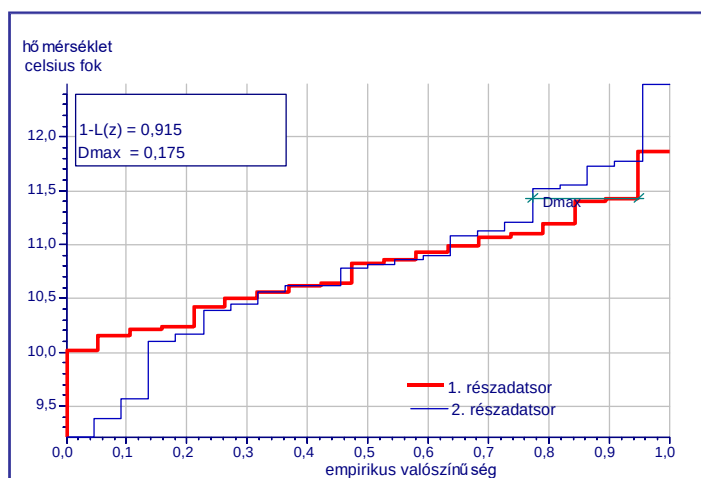


22. ábra: A 668-as kardoskút-cinkusi csapadékmérő állomás egyöntetűség vizsgálata Kolmogorov-Szmirnov próbával (metszési pont: 1978/1979)

13. táblázat: A mezőhegyesi hőmérsékletmérő állomás évi átlagai

Év	Hőm. (C°)	Év	Hőm. (C°)	Év	Hőm. (C°)	Év	Hőm. (C°)	Év	Hőm. (C°)
1956		1965	10,22	1974	10,93	1983	10,90	1992	11,78
1957	11,11	1966	11,43	1975	11,08	1984	10,57	1993	11,13
1958		1967	11,19	1976	10,03	1985	9,22	1994	12,49
1959	10,98	1968	11,87	1977	10,64	1986	10,39	1995	11,08
1960	11,40	1969	10,43	1978	9,57	1987	10,10	1996	10,44
1961		1970	10,57	1979	10,86	1988	10,82	1997	10,63
1962	10,50	1971	10,83	1980	9,38	1989	11,73	1998	11,21
1963	10,62	1972	10,86	1981	10,62	1990	11,55	1999	11,53
1964	10,16	1973	10,23	1982	10,78	1991	10,18		

A lépcsős függvények közötti legnagyobb eltérés, $D_{\max} = 0,175$; az egyöntetűséget jellemző valószínűség, $P = 1-L(z) = 0,915$; tehát, az adott, 30 és 70%-os szignifikancia határok figyelembe vételével az adatsor egyöntetűnek tekinthető.

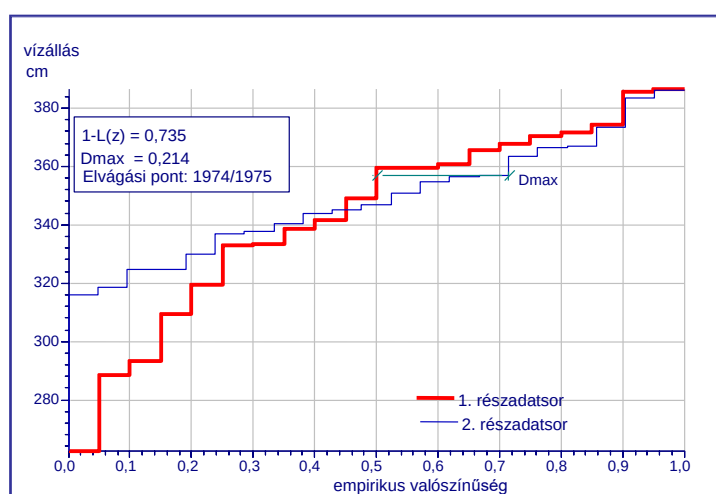


23. ábra: A mezőhegyesi hőmérsékletmérő állomás egyöntetűség vizsgálata Kolmogorov-Szmirnov próbával (metszési pont: 1977/1978)

14. táblázat: A 411- es fábiánsebestyéni talajvízszint mérő állomás évi középvízállásai

Év	Vízállás cm	Év	Vízállás cm	Év	Vízállás cm	Év	Vízállás cm	Év	Vízállás cm
1953		1962	387	1971	310	1980	337	1989	351
1954		1963	374	1972	339	1981	347	1990	344
1955	368	1964	386	1973	333	1982	345	1991	338
1956	360	1965	370	1974	342	1983	373	1992	340
1957	361	1966	334	1975	319	1984	383	1993	363
1958	349	1967	289	1976	325	1985	367	1994	367
1959	359	1968	319	1977	316	1986	356	1995	386
1960	366	1969	293	1978	373	1987	355	1996	
1961	372	1970	263	1979	383	1988	357	1997	

A lépcsős függvények közötti legnagyobb eltérés, $D_{\max} = 0,214$; az egyöntetűséget jellemző valószínűség, $P = 1-L_{(z)} = 0,735$; tehát, az adott, 30 és 70%-os szignifikancia határok figyelembe vételével az adatsor egyöntetűnek tekinthető.

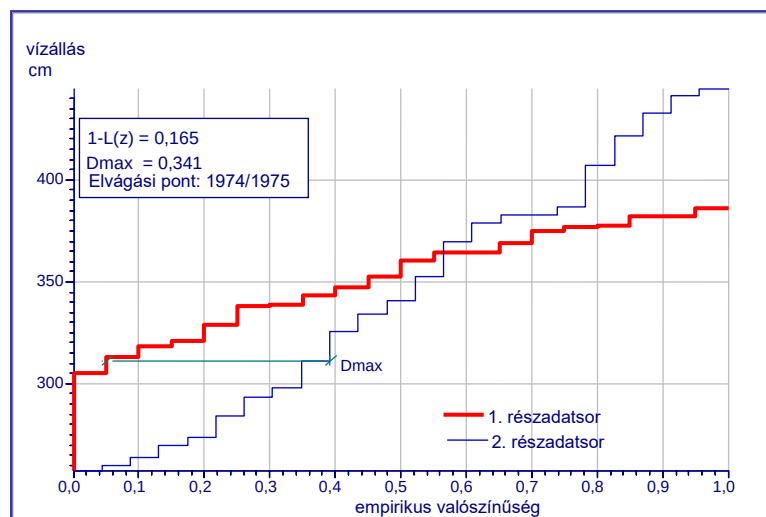


24. ábra: A 411-es fábiánsebestyéni talajvízszint mérő állomás egyöntetűség vizsgálata Kolmogorov-Szmirnov próbával (metszési pont: 1974/1975)

15. táblázat: A 426-os csanádapácai talajvízszint mérő állomás évi középvízállásai

Év	Vízállás cm	Év	Vízállás cm	Év	Vízállás cm	Év	Vízállás cm	Év	Vízállás cm
1953	382	1962	375	1971		1980	273	1989	379
1954	386	1963	377	1972	313	1981	270	1990	387
1955	378	1964	382	1973	321	1982	257	1991	383
1956	352	1965	365	1974	347	1983	298	1992	383
1957	344	1966	329	1975	311	1984	325	1993	407
1958	339	1967	305	1976	293	1985	334	1994	421
1959	360	1968	338	1977	264	1986	341	1995	442
1960	369	1969	318	1978	284	1987	353	1996	445
1961	364	1970		1979	260	1988	370	1997	433

A lépcsős függvények közötti legnagyobb eltérés, $D_{\max} = 0,341$; az egyöntetűséget jellemző valószínűség $P = 1-L_{(z)} = 0,165$; tehát, az adott, 30 és 70%-os szignifikancia határok figyelembe vételével az adatsor egyöntetűnek nem tekinthető.



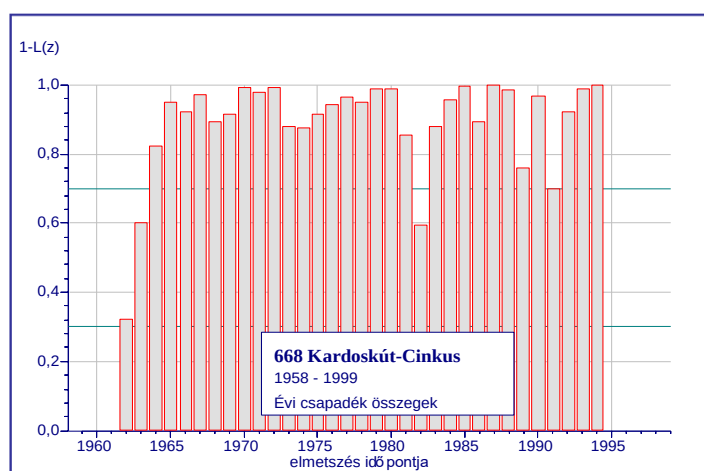
25. ábra: A 426-os csanádapácai talajvízszint mérő állomás egyöntetűség vizsgálata Kolmogorov-Szmirnov próbával (metszési pont: 1974/1975)

Az egyöntetűséget kifejező valószínűségi értékeket a **16. táblázatban** foglaltam össze, melyben azok az állomások, melyek valószínűségi értéke meghaladja a 70%-os szignifikancia határt, egyöntetűnek tekinthetők. A 30 és 70% közötti értékkel bíró kutak egyöntetűsége kétséges, illetve a 30% alatti megbízhatósági szintűek inhomogének.

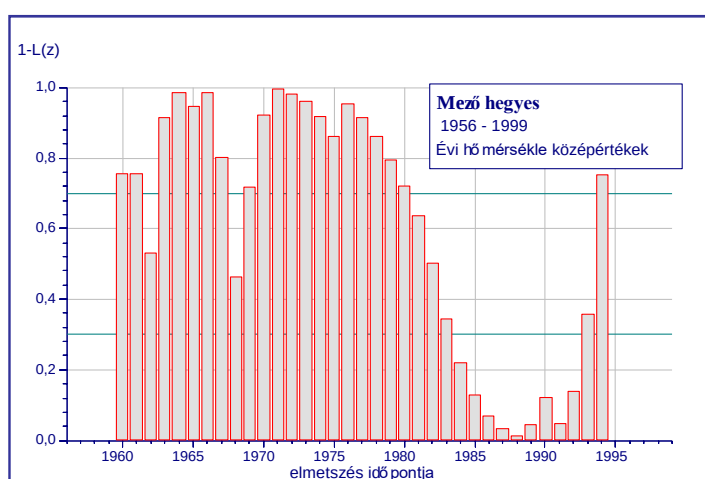
16. táblázat: A mérőállomások egyöntetűség-vizsgálata adatsor felezéses módszerrel

<i>Talajvízszint-mérő állomás</i>	<i>$P=1-L(z)$</i>	<i>Talajvízszint-mérő állomás</i>	<i>$P=1-L(z)$</i>
480 Battonya	0,000	477 Magyarbánhegyes	0,157
426 Csanádapáca	0,165	430 Medgyesbodzás	0,012
422 Csorvás	0,012	473 Mezőhegyes	0,276
424 Csorvás	0,002	485 Nagykamarás	0,083
486 Dombegyház	0,685	404 Nagymágocs	0,067
441 Elek	0,001	384 Orosháza	0,004
411 Fábiánsebestyén	0,735	412 Orosháza	0,001
410 Gádos	0,000	413 Orosháza	0,739
425 Gerendás	0,663	1573 Orosháza	0,304
467 Kardoskút	0,028	421 Pusztaföldvár	0,019
472 Kaszaper	0,005	436 Szabadkígyós	0,674
487 Kevermes	0,788	406 Székkutas	0,084
483 Kunágota	0,147	433 Újkígyós	0,013
<i>Csapadék-mérő állomás</i>	<i>$P=1-L(z)$</i>	<i>Csapadék-mérő állomás</i>	<i>$P=1-L(z)$</i>
700 Battonya	0,194	696 Medgyesbodzás	0,015
685 Csorvás	0,833	709 Nagykamarás-Bánkút	0,719
737 Elek	0,222	658 Orosháza	1,000
636 Gádos	0,358	710 Szabadkígyós-Újkígyós	0,305
668 Kardoskút-Cinkus	0,950	991 Székkutas	1,000
732 Lökösháza	0,841		
<i>Hőmérséklet-mérő állomás</i>	<i>$P=1-L(z)$</i>	<i>Hőmérséklet-mérő állomás</i>	<i>$P=1-L(z)$</i>
Békéscsaba	0,860	Szarvas	0,987
Mezőhegyes	0,915	Szeged	0,107

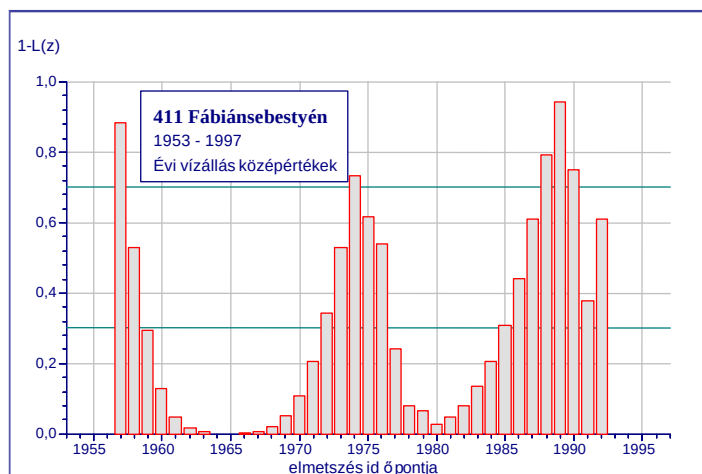
A homogenitás-vizsgálat során az adatsor minden lehetséges elvágási pontjánál elvégeztem a próbát, azaz az elvágási pontot végigléptettem az adatsoron (**26-29. ábra**). Ábrázolva a kapott eredményeket – az idősor éveinek függvényében – lehetőségünk van annak eldöntésére, hogy a legrosszabb eredmény elfogadható-e, vagy az idősor inhomogenitása valamilyen periodicitásból származik, esetleg külső beavatkozás következménye. A **28. ábrán** például jól látható, hogy az adatsor felezésével egyöntetűnek mondott fábiánsebestyéni kút adatsora két elvágási pontban is inhomogénnek bizonyult. Mindezek ellenére arra kényszerülünk, hogy bevonjunk a számításokba olyan adatsorokat is, amelyekről nem tudjuk egyértelműen állítani, hogy teljes mértékben egyöntetűek. Viszont hozzá kell tennünk, hogy ilyen esetben, a fellépő inhomogenitás miatt az eredményeket bizonytalanság terheli.



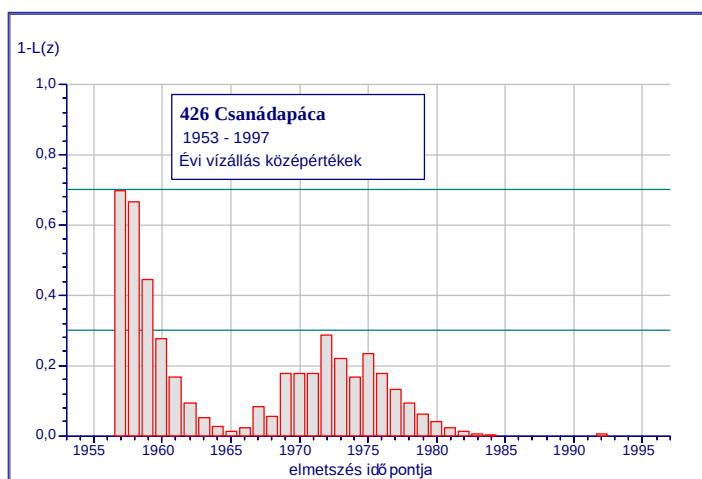
26. ábra: A 668-as kardoskút-cinkusi csapadékmérő állomás adatainak egyöntetűség vizsgálatának eredménye léptetési módszerrel, a legélesebb elvágás időpontja: 1962/63



27. ábra: A mezőhegyesi hőmérséklet mérő állomás adatainak egyöntetűség vizsgálatának eredménye léptetési módszerrel, a legélesebb elvágás időpontja: 1988/89



28. ábra: A 411-es fábianszabói talajvízszint mérő állomás adatainak egyöntetűség vizsgálatának eredménye léptetési módszerrel, a legélesebb elvágás időpontja: 1964/65

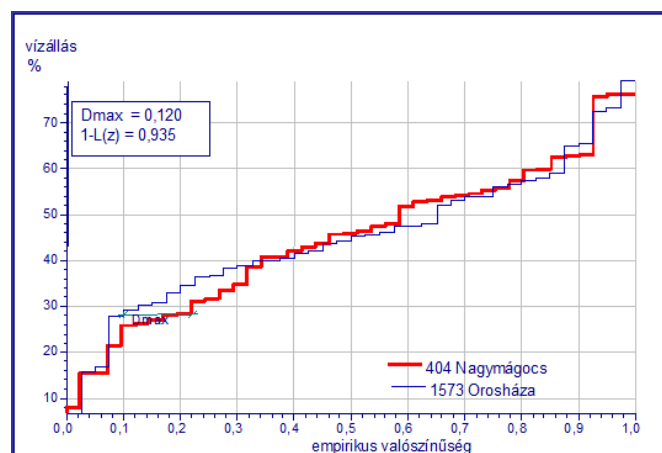


29. ábra: A 426-os csanádapácai talajvízszint mérő állomás adatainak egyöntetűség vizsgálatának eredménye léptetési módszerrel, a legélesebb elvágás időpontja: 1985/86

Összegezve megállapítható, hogy a csapadék és hőmérsékleti adatsorok elvben vitatható homogenitásúak, de a felhasználható adatállományt figyelembe véve csak a választott minták az „egyedül” alkalmazhatóak a vizsgálatokhoz. A homogenitás feltételeit illetően a matematikai-statisztika szigorú követelményeihez képest gyakran kényszerülünk engedelményeket tenni, amelyet az a törekvésünk indokolhat, hogy a vizsgált terület vízháztartási viszonyairól rendelkezésre álló információk minél tágabb körét hasznosíthassuk.

Területi összefüggések statisztikai vizsgálata: Ezen statisztikai vizsgálattal kísérletet tettem a talajvíz általános területi eloszlási törvényszerűségeinek a feltárására. A csapadék és hőmérsékleti adatsorok homogénnek tekinthetők, így a területi kiterjesztés lineáris interpolációval minden bizonnyal a területre jellemzően elvégezhető. Ezzel

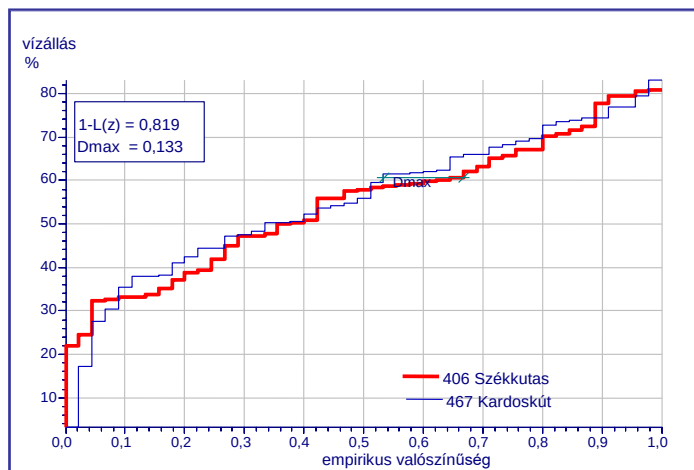
szemben a talajvíz adatsorok homogenitása kétséges, ami a további vizsgálatokat indokolta. Vizsgálataim során megkíséreltem területi összefüggést kimutatni a talajvízszint-mérő állomások közel 50 éves standardizált adatsorainak elemzésével. Első lépésként leválogattam azokat a kutakat, amelyek városon kívül helyezkednek el, mivel ezek adnak áttekintő képet a Békés-Csanádi löszhát talajvíztükör helyzetéről (424 Csorvás, 467 Kardoskút, 483 Kunágota, 413 Orosháza, 1573 Orosháza, 404 Nagymágocs, 436 Szabadkígyós). A belterületi kutak adatai a települések viszonylag kis környezetére jellemzők. Vizsgálatom alapja, hogy a kutak talajvízszint ingadozásainak dinamikáját, illetve strukturáltságát hasonlítsam össze, amely bizonyítja számunkra, hogy ezeket hasonló „természeti” hatások vezérik. Mindezek alapján találtam rendezettséget a vizsgált terület északi peremén, pontosabban a Nagymágocs – Orosháza (1573) – Csorvás – Szabadkígyós vonal mentén. A **30. ábra** a két hely talajvízjárás empirikus eloszlásának igen magas megbízhatóságú egybeesését szemlélteti.



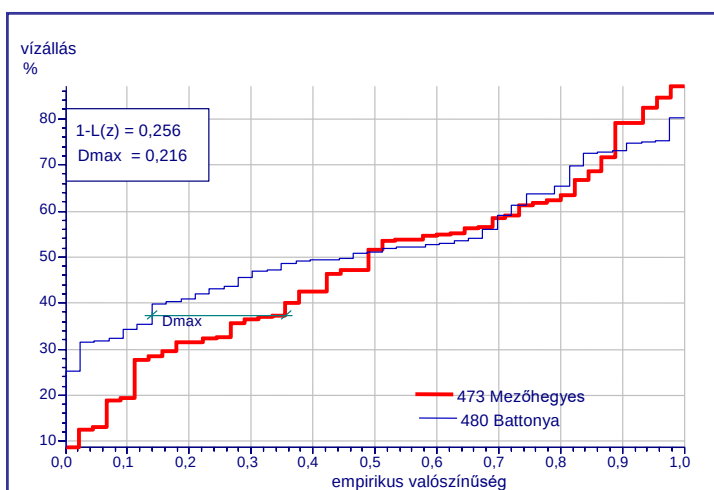
30. ábra: A 404-es nagymágocsi és az 1573-as orosházi talajvízkút standardizált értékekkel számított empirikus eloszlásfüggvényeinek összehasonlítása Kolmogorov-Szmirnov próbával

A többi külterületen elhelyezkedő kút vizsgálata során előfordultak olyan párok, amelyek között ki lehet mutatni az esetleges kapcsolatot, de markáns rendezettségre nem volt több példa. Ezt követően bevontam a vizsgálatokba a településen belüli kutakat is. Megkíséreltem területi összefüggést kimutatni a talajvízszint elhelyezkedési mélysége alapján. A Békés-Csanádi löszhát kialakulásához elsősorban a Maros folyó és annak ösei hordták be a laza üledéket, amely legyezőszerűen terül szét. A talajvíztükör a törmelékkúp-szerkezetnek megfelelően alakul a Dél-Tiszántúl területén. Mezőhegyes tájáról, mint a nagy törmelékkúp tövétől kiindulva körkörös irányban alacsonyabb és magasabb talajvízszintű zónák váltogatják egymást. Ennek alapján a vizsgált terület déli részén (Székkutas – Kardoskút – Mezőhegyes – Battonya) megvizsgáltam a lehetséges

kapcsolatokat. A székkutasi 406-os és a kardoskúti 467-es kutak kapcsolatát ki tudtam mutatni (31. ábra), viszont a többi kút adatsorai közötti kapcsolat rendkívül laza (32. ábra), például a Mezőhegyes-Battonya kútadatok empirikus eloszlásai közötti különbség nem tulajdonítható véletlenszerűnek.

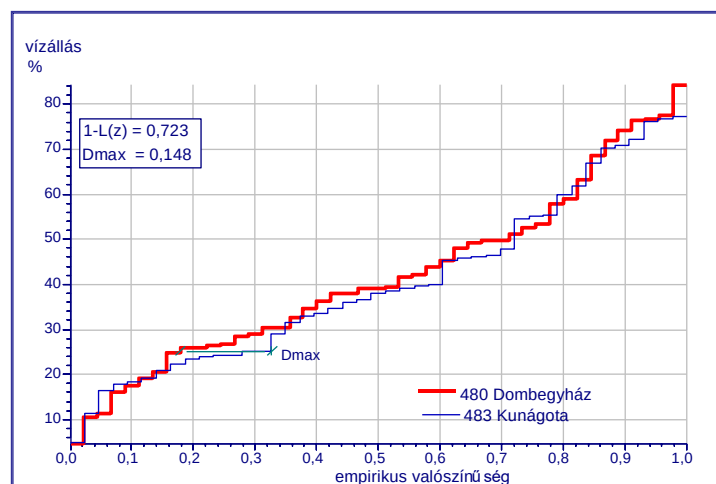


31. ábra: A székkutasi 406-os és a kardoskúti 467-es kút közötti kapcsolat



32. ábra: A mezőhegyesi 473-as és a battonyai 480-as kút közötti kapcsolat

A délen elhelyezkedő mélyebb talajvíz vonulatot északabbra haladva magasabb talajvízállású terület övezi. Ez a magas talajvízű övezet Dombegyháza tájáról indul és északnyugat irányba tart egészen az Orosháza-Nagymágocs vonalig, ahol délnek fordul az országhatárig. Az érintett települések, illetve talajvízkutak száma nagy (486 Dombegyház, 483 Kunágota, 487 Kevermes, 485 Nagykamarás, 477 Magyarbánhegyes, 472 Kaszaper, 430 Medgyesbodzás, 421 Pusztaföldvár, 1573 Orosháza, 412 Orosháza, 413 Orosháza, 404 Nagymágocs). A kutak vízjárása közötti kapcsolat az esetek többségében nem éri el a hidrológiában alkalmazott 70%-os szignifikancia határt, viszont a rendezettség utaló példát már több esetben találtam (33. ábra).



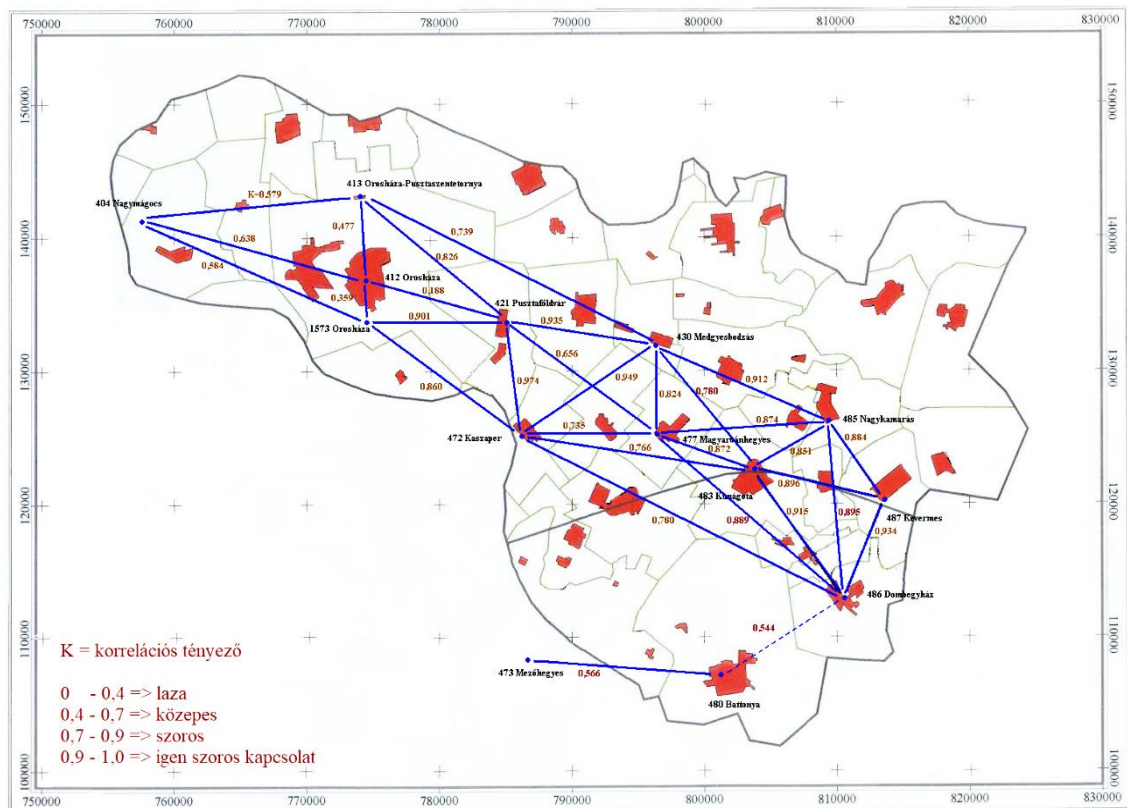
33. ábra: A 480-as dombegyházi és a 483-as kunágotai kút közötti kapcsolat

Korreláció-vizsgálat: A magas vízállású övezetet követi egy mélyebb, majd újból egy magasabb. Vizsgáltam ezen kutak kapcsolatát is, viszont nem találtam rendezettséget. Úgy ítélt meg, hogy a területre jellemző, markánsan végighúzódnó magasabb talajvízszintű vonulat további vizsgálatokra érdemes. Ennek érdekében korrelációszámítást végeztem az ebbe a vonulatba eső adatsorokkal.

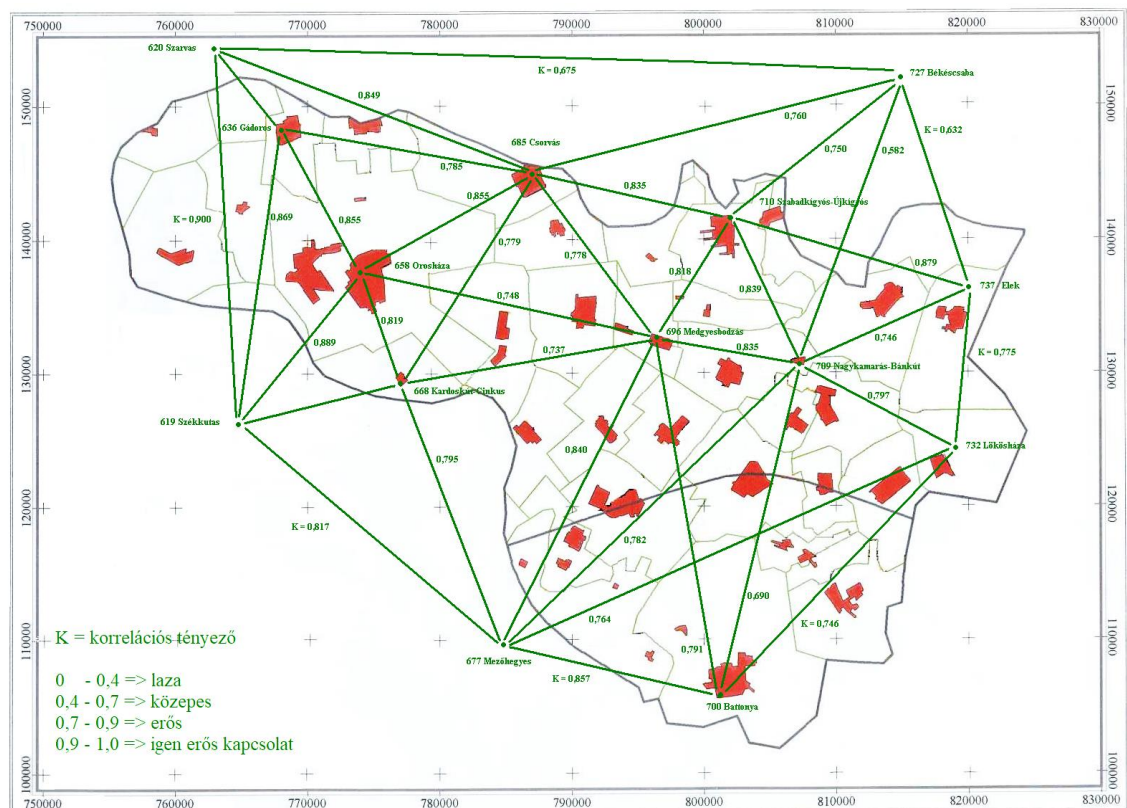
A vizsgálat alapja, hogy a változók (talajvízkút adatsorok) kapcsolatának szorosságát, a korrelációs koefficienssel számszerűsítjük. Abban az esetben, ha a korrelációs koefficiens értéke a +/- 1-hez közelít, a változók közötti kapcsolat szoros.

A talajvízszint-mérő állomásokra vonatkozó vizsgálatok alapján, a hátság területén domináns magasabb vízállású vonulaton ki tudtam mutatni szorosabb összefüggéseket (34. ábra), viszont a délen és északon húzódnó vonulatok között a kapcsolat lazának bizonyult. A 34. ábrán példaként azt is érzékeltetem, hogy a magasabb talajvízvonulat (486 Dombegyház) és a mélyebb, délen húzódnó vonulat (480 Battonya) talajvízjárása közötti kapcsolat rendkívül laza, illetve a mélyebb vonulathoz tartozó 473-as mezőhegyesi és a 480-as battonyai kút közötti kapcsolat is kétséges.

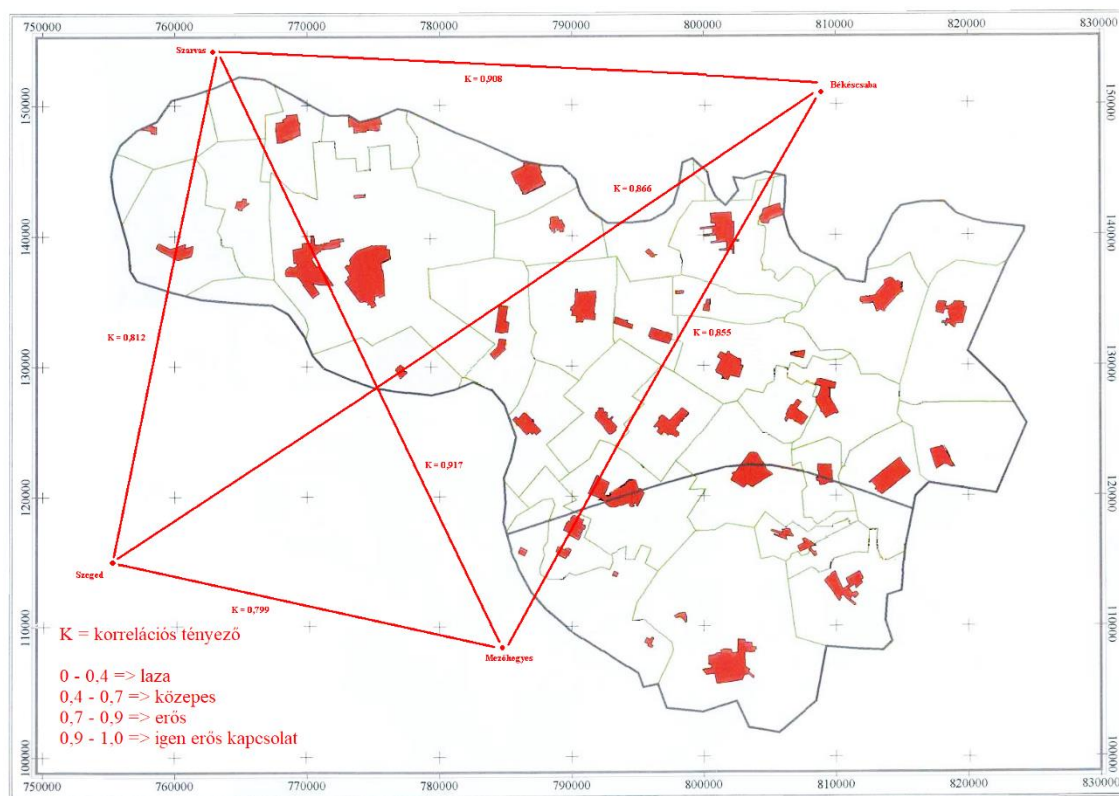
A csapadékmérő állomások, illetve a hőmérsékletmérő állomások adatsorainak vizsgálata után egyértelműsíthető – az adatsorok homogenitásából adódóan –, hogy a korreláció-vizsgálat is ugyanazt a szoros összefüggéseket mutatja (35-36. ábrák), mint az egyöntetűség-vizsgálat.



34. ábra: A magas talajvízállású vonulat rendezettsége kétváltozós lineáris regresszió módszerrel elemezve



35. ábra: A csapadékmérő állomások rendezettsége kétváltozós lineáris regresszió módszerrel elemezve



36. ábra: A hőmérsékleti mérőállomások rendezettség kétváltozós lineáris regresszió módszerrel elemezve

A talajvízjárás specifikussága, a földárja jelensége: A Békés-Csanádi löszhát egyik jellegzetessége, hogy az ősi Maros által legyezőszerűen szétterített hordaléktömeg laza szerkezetű. Ennek következménye, hogy a talajvíz, ezen a jó vízvezető képességű képződményen keresztül kapcsolatban van a peremhegységre hulló csapadékkal. Ennek eredményeként a hegylábi területeken bekövetkező talajvízszint emelkedés, nyomásváltozásként terjed szét a területen (Bogárdi, 1952; Ubell, 1959; Orlóci, 1991), és vízfeltöréseket okozhat főképpen ott, ahol hiányzik a fedőréteg vízzáró fekéje (Rónai 1956, 1961).

Mindezen speciális feltételeket figyelembe véve megkíséreltem megállapítani, hogy mely területeken domináns a helyi időjárás, illetve hol érvényesül a földárja jelenség.

Elvégeztem valamennyi kútra a leíró statisztikai jellemzést, amellyel számszerű értékeket kaptunk a várható értékre, a szórásra, a móduszra, a mediánra, a csúcosságra és a ferdeségre. Azzal a feltételezéssel éltem, hogy amennyiben az egyes kutakban észlelt talajvízmozgást azonos statisztikai érték jellemez, akkor az adott statisztikát az egész terület általános sajátosságának lehet tekinteni. Emellett feltételeztem, hogy mindazon helyek esetében, amelyeknél az empirikus eloszlásokra azonos elméleti

eloszlásfüggvények illeszthetők, a talajvízjárás azonos strukturális sajátosságúnak tekinthető.

Csúcsosság, ferdeség: Első lépésként standardizált értékekkel meghatároztam az eloszlásfüggvények csúcsosságát (**17. táblázat**), mely kifejezi, hogy a függvény képe a normális eloszláshoz viszonyítva csúcsos vagy lapos. Azok a kutak, amelyeknél a csúcsosság negatív értékű, a szórás rendkívül nagy. Ha ehhez még magas talajvízállás is tartozik, akkor minden bizonnyal kijelenthető, hogy az ilyen területeken a talajvízszint változása elsősorban a helyi csapadék mennyiségétől függ (486 Dombegyház, 472 Kaszaper, 483 Kunágota, 430 Medgyesbodzás, 413 Orosháza).

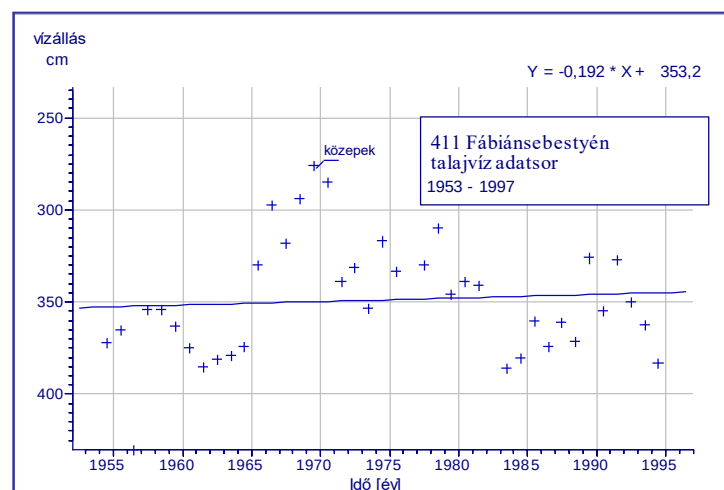
17. táblázat: A talajvízkutak havi eloszlásfüggvényének jellegzetességei

Talajvízszint mérő állomás	Február				Július			
	Standardizált			Naturális	Standardizált			Naturális
	Várható érték	Szórás	Csúcsosság	Ferdeség	Várható érték	Szórás	Csúcsosság	Ferdeség
Battonya 480	57,132	16,875	-0,653	-0,301	57,501	16,667	0,166	-0,370
Csanádapáca 426	43,295	20,414	-0,428	-0,051	47,469	21,965	-0,018	-0,209
Csorvás 422	54,156	17,269	-0,491	-0,303	56,693	18,889	-0,810	-0,003
Csorvás 424	39,545	16,382	-0,526	-0,232	55,293	21,692	-0,629	0,061
Dombegyház 486	44,532	24,918	-0,459	-0,493	47,721	21,470	-0,664	-0,097
Elek 441	54,621	20,030	-0,429	0,022	59,339	16,608	-0,678	0,158
Fábiánseb. 411	41,181	16,145	0,343	-0,234	46,663	15,404	0,777	-0,673
Gádoros 410	48,381	25,996	-1,466	0,068	53,890	26,086	-1,295	0,199
Gerendás 425	48,132	21,797	-0,476	-0,091	51,788	22,417	-0,579	-0,033
Kardoskút 467	52,934	16,980	1,778	0,746	59,089	20,041	0,031	0,403
Kaszaper 472	53,010	23,892	-0,643	-0,288	52,907	20,561	-0,236	0,362
Kevermes 487	49,689	18,331	0,255	-0,893	48,328	19,347	-0,004	0,107
Kunágota 483	43,161	25,06	-0,430	-0,704	44,665	20,790	-0,692	-0,300
Magyarbánhe. 477	30,655	24,128	0,863	-1,258	31,335	19,790	0,214	-0,858
Medgyesbodz. 430	53,643	24,027	-0,723	-0,105	55,648	21,375	0,011	0,619
Mezőhegyes 477	49,556	20,629	-0,081	-0,382	52,382	20,900	-0,402	0,366
Nagykamarás 485	50,307	22,464	-0,008	0,064	50,259	20,968	0,007	0,432
Nagymágocs 404	43,834	19,660	0,157	-0,239	48,997	18,407	-0,254	-0,169
Orosháza 384	38,900	13,499	5,059	-0,993	41,761	14,264	0,765	-0,151
Orosháza 412	56,111	24,325	-1,133	-0,193	61,676	20,064	-1,038	0,212
Orosháza 413	33,440	24,250	-0,235	-0,765	37,715	21,422	-0,984	-0,417
Orosháza 1573	50,218	22,993	-0,169	-0,535	45,867	15,418	0,321	0,358
Pusztaföldvár 421	51,911	21,552	-0,359	-0,217	53,588	20,368	0,170	0,658
Szabadkígyós 436	46,968	21,467	0,072	-0,525	51,250	18,191	-0,561	0,217
Székkutas 406	5,541	19,499	-0,320	-0,407	62,841	16,121	-0,800	0,332
Újkígyós 433	15,361	11,995	2,780	-1,648	21,192	17,382	4,464	-2,112

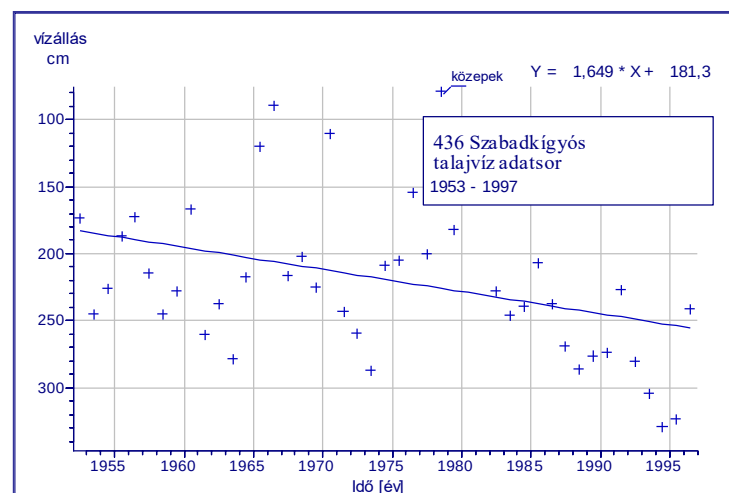
Az eloszlásfüggvények ferdeségének kiszámításához a naturális mértékegységű talajvízszint értékek használata bizonyult előnyösebbnek (**17. táblázat**), mivel a standardizált értékekkel történő számítás esetén előjelváltás következett be. A pozitív ferdeség a pozitív értékek irányába nyúló aszimmetrikus eloszlást jelez (nagyobb értékek felé), míg a negatív ferdeség a negatív értékek irányában torzított (kisebb értékek felé).

Kúthasználat: A ferdeség alapján tudunk következtetni a kutak „használatára”, pontosabban a környezetükben zajló esetleges külső beavatkozásokra. Abban az

esetben, amikor a ferdeség pozitív előjelű (467 Kardoskút, 485 Nagykamarás, 441 Elek, 410 Gádos), az eloszlás függvény jobbra ferde a normál eloszláshoz képest, tehát a kút vízszintingadozása (szórása) a nagyobb értékek felé torzul (mélyebb talajvízszint). Negatív ferdeség esetén balra tolódik el az eloszlás függvény (411 Fábiansebestyén, 433 Újkígyós és további 21 talajvízkút esetében). Ezzel összefüggésben megvizsgáltam a kutakra jellemző sokévi, havi lineáris trendeket. Általános következtetésként megállapítható, hogy azok a kutak, ahol az empirikus eloszlásfüggvény ferdesége negatív előjelű, illetve a hozzá tartozó lineáris trend emelkedő, valószínűsíthető, hogy a kút környékén víz feltöltődés (pl. 411-es fábiansebestyéni talajvízkút, **37. ábra**), ellenkező esetben vízkivonás történt (pl. 436-os szabadkígyósi talajvízkút, **38. ábra**). Mindezek alapján, nem mondhatjuk meggyőzően, hogy a kutak vízszint ingadozása „csak” természeti eredetű, amit tovább bonyolít az a tény, hogy a kutak nagy többsége településen belül található, amely alapvetően meghatározza/befolyásolja a talajvízjárás mozgásdinamikáját.



37. ábra: A 411-es fábiansebestyéni talajvízszint mérő állomás júliusi trendje

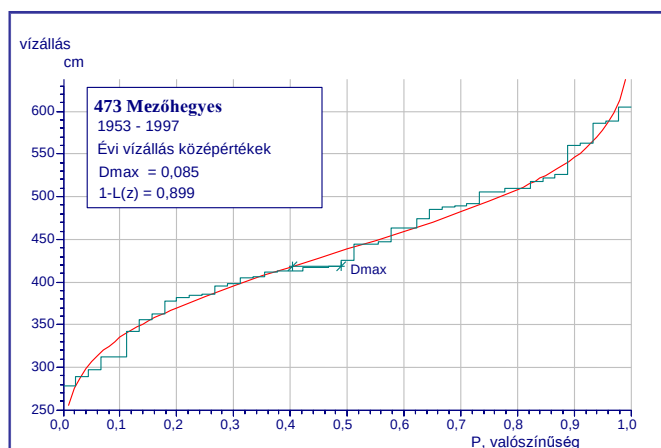


38. ábra: A 436-os szabadkígyósi talajvízszint mérő állomás júliusi trendje

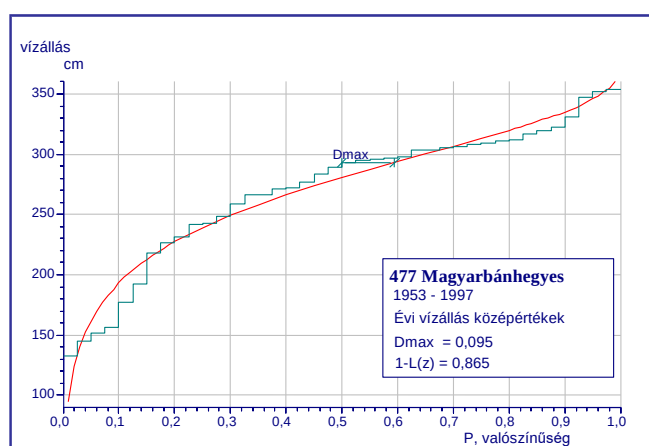
A rétegvíz stabilizáló szerepe: A pozitív ferdeségű kutak esetén a nagy értékek felé laposodik a függvény képe, a kis értékek felé gyorsan csökken. Ebből azt a következtetést vontam le, hogy a talajvízszintnek van egy szélsőséges alsó határértéke. Minél mélyebben van a talajvíz szintje, annál jobban csökken a párolgás szerepe. Esetünkben a rétegvízből történő pótlás növekedése egyensúlyba kerül a talajvíz párolgási veszteségével. Ahol pozitív ferdeséget kaptam, a kutak jelentős része településen belül van, de mint minden kút esetében feltételezhető valamilyen talajvíz használat (főleg nyáron), ezért az emberi hatásokon kívül a rétegvíznek lehet kiegyenlítő, illetve stabilizáló szerepe – összhangban Kovács (1977), Szesztay (1980) és Orlóci (1991) eredményeivel.

Horizontális áramlás: A negatív ferdeségű kutak esetén a függvény képe a kis értékek felé lapul és a nagy értékek irányába hirtelen csökken. A talajvíznek van egy olyan szintje a terepszint közelében, ahol valamilyen tényező miatt korlátozottá válik a talajvíz emelkedésének lehetősége. Ennek okát abban lehet megjelölni, hogy a talajvíztartó horizontális értelemben nyitottá válik és a módozót meghaladó talajvízállásoknál, kialakul egy növekvő mértékű horizontális szivárgás. Ha magas talajvízállású időszakokban a területen lévő mélyebb vonulatok feltöltődnek vízzel, akkor megtalálni véljük azokat a nyelőket (semlyékeket), amelyek megcsapolják a talajvizet és meggátolják annak további emelkedését, azaz érvényesül a földárja jelenség.

Illeszkedés-vizsgálat: Az előbbieket alapján láthatjuk, hogy a talajvízjárás valamilyen ferde eloszlást követ. Ha a talajvízszint ingadozása elsősorban a helyi időjárás függvénye lenne, akkor valószínűleg szabályos lenne az eloszlás. Kerestem egy olyan elméleti eloszlásfüggvényt, amely egyfelől minél több paramétert tartalmaz, másfelől jól illeszkedik az empirikus eloszlásra. Így jutottam el a Pearson-féle három paraméteres elméleti eloszlásfüggvényhez, mely a kutak többségére megbízhatóan illeszthető **(39-40. ábrák)**. Az eredmények alapján kijelenthető, hogy a fizikai indoklással is alátámasztott statisztikai modell (Pearson III eloszlás) a terület egészére vonatkozóan elfogadható közelítés a talajvízjárás lényegi törvényszerűségeinek feltárásához. Módszertanilag ez a hipotézis azzal az előnnyel jár, hogy a diszkrét statisztikák extra-, illetve interpolációja helyett az alapparaméterek eloszlását célszerű megszerkeszteni.



39. ábra: A 473-as mezőhegyesi talajvízkút adatok empirikus eloszlásfüggvényének és a Pearson III elméleti eloszlásfüggvény illesztésének eredménye



40. ábra: A 477-es magyarbányhegyesi talajvízkút adatok empirikus eloszlásfüggvényének és a Pearson III elméleti eloszlásfüggvény illesztésének eredménye

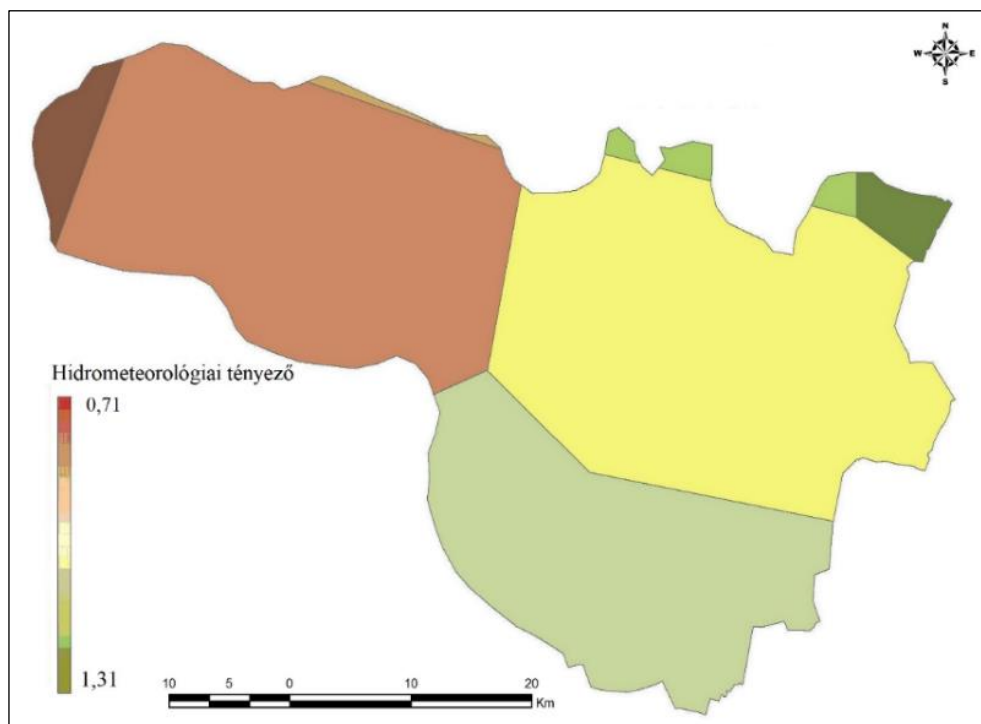
4.2. A befolyásoló tényezők értékének meghatározása, a tényezőtérképek osztályozása

A belvíz-veszélyeztetettség és a befolyásoló hatótényezők kapcsolatának tisztázását célzó kutatásaim eredményeire támaszkodva hat fő tényező (hidrometeorológiai, HUMI; domborzati, DOMB; talajtani, TT; földtani, FT; talajvíz, TV; földhasználati, FH) számszerű értéke került meghatározásra, ami alapján a területi eloszlás térképi megjelenítését is elvégeztem. A tényezőtérképeket a Jenks-féle módszerrel osztályoztam, mellyel lehetőségem nyílt arra, hogy értékeljem a veszélyeztetettség szintjét (nem, mérsékelten, közepesen, erősen, igen erősen veszélyeztetett kategóriák) a tényezők esetében is. Fontos kiemelni, hogy a tényezőtérképek önmagukban is veszélyeztetettségi térképként értelmezhetők, ugyanis a belvíz kialakulása szempontjából releváns befolyásoló tényezők számszerű értékei determinálják a veszélyeztetettség mértékét.

4.2.1. A HUMI értékének területi eloszlása és kategorizálása

A hidrometeorológiai viszonyokat jellemző csapadék és hőmérséklet értékek alapján az ún. Humiditási Indexet (HUMI) alakítottam ki, amely a téli félév csapadékát nagyobb súllyal veszi számításba, mint a nyárit, így a belvíz kialakulásának hidrometeorológiai kritériumait jobban kifejezi, mint az egyszerű összeg (Bozán *et al.*, 2015).

A HUMI értékek előállításához 13 állomás adatait használtam fel (Orosháza, Mezőhegyes, Szarvas, Csorvás, Székkutas, Gádosros, Kardoskút, Battonya, Medgyesbodzás, Szabadkígyós-Újkígyós, Nagykamarás, Békéscsaba, Elek). A HUMI 10%-os értéke 0,71-1,31 között változik (**5. melléklet**). Eredményeim alapján a Békés-Csanádi löszhát északnyugati része kevésbé nedves, mint a délkeleti rész (**41. ábra**). A vizsgált terület keleti részének a belvízi veszélyeztetettsége tehát éghajlati szempontból valamivel nagyobb, mint az északnyugati részé. Az eltérés egyaránt adódik a csapadék és a lehetséges párolgás területi eloszlásában megmutatkozó különbségekből, illetve a hegylábi területek közelségéből. A HUMI éves értékei a teljes vizsgálati időszakot tekintve mérsékeltlen csökkenő trendet mutatnak, ami lényegében a csapadék mennyiségek csökkenéséből ered. Ezzel szemben az utolsó 30 évet nézve a HUMI adatsorban ilyen tendencia nem fedezhető fel. Bár a csapadék mennyisége ebben az időszakban enyhén növekszik, a HUMI mégsem, mert a növekvő mennyiségű csapadékot az emelkedő párolgási trend nagyjából ellensúlyozza.



41. ábra: A hidrometeorológiai hatótényező területi eloszlása (poligon módszer)

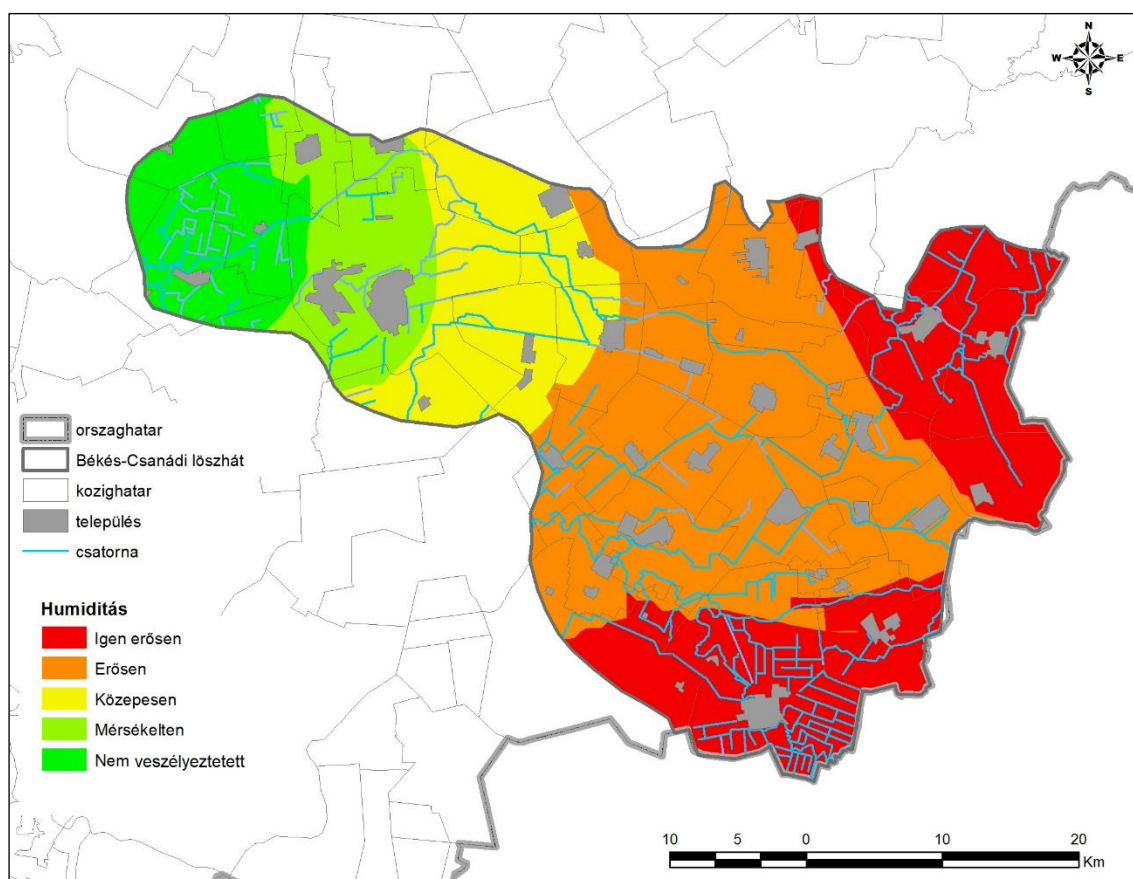
A hidrometeorológiai hatótényező kategorizálást elvégeztem a Jenks-féle módszerrel, melyet a **18. táblázatban** és a **42. ábrán** szemléltetek.

18. táblázat: A HUMI területi osztályozása veszélyeztetettségi kategóriák szerint

Hidrometeorológiai tényező osztályköze sorolása (Jenks-módszer)	Veszélyeztetettségi kategória	Területi kiterjedés (ha)	Területi kiterjedés (%)
1,220 – 1,310	Igen erős	43 167	26,6
1,165 – 1,219	Erős	63 714	39,2
1,131 – 1,164	Közepes	23 466	14,5
1,104 – 1,130	Mérsékelt	15 448	9,5
1,084 – 1,103	Nem	16 571	10,2

A **18. táblázat** adataiból kitűnik, hogy a hidrometeorológiai hatótényező osztályozásával a Békés-Csanádi löszhát több mint fele az erősen és az igen erősen veszélyeztetett kategóriába sorolható.

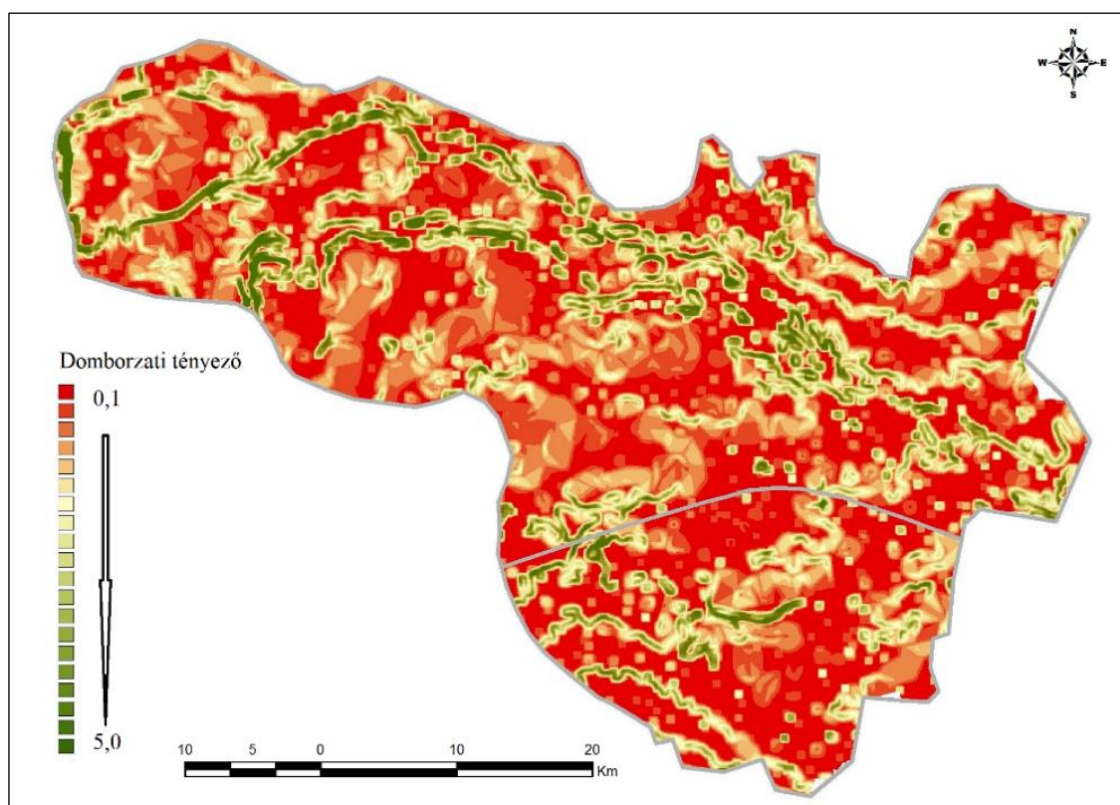
A **42. ábra** alapján látható, hogy a veszélyeztetettség mértéke, K-Ny-i irányba csökken, amit a hegylábi térszín, vagyis az utánpótlódási zóna közelsége magyaráz.



42. ábra: A hidrometeorológiai hatótényező területi osztályozása a veszélyeztetettségi kategóriák szerint

4.2.2 A DOMB értékének területi eloszlása és kategorizálása

A digitális terepmodellen 50x50 m-es rácsháló segítségével meghatároztam az egyes pixelek reliefenergia értékét, melyet a diszkrét pontok tengerszint feletti magasságával és az előforduló legkisebb magasságértékkel korrigáltam (Bozán *et al.*, 2015). A domborzati hatótényező lokális körülmények között is megfelelő eredményt ad (43. ábra). Értéke 0 és 5 közötti. Minél kisebb a tényező értéke, annál markánsabb a szerepe a belvizek kialakulásában.



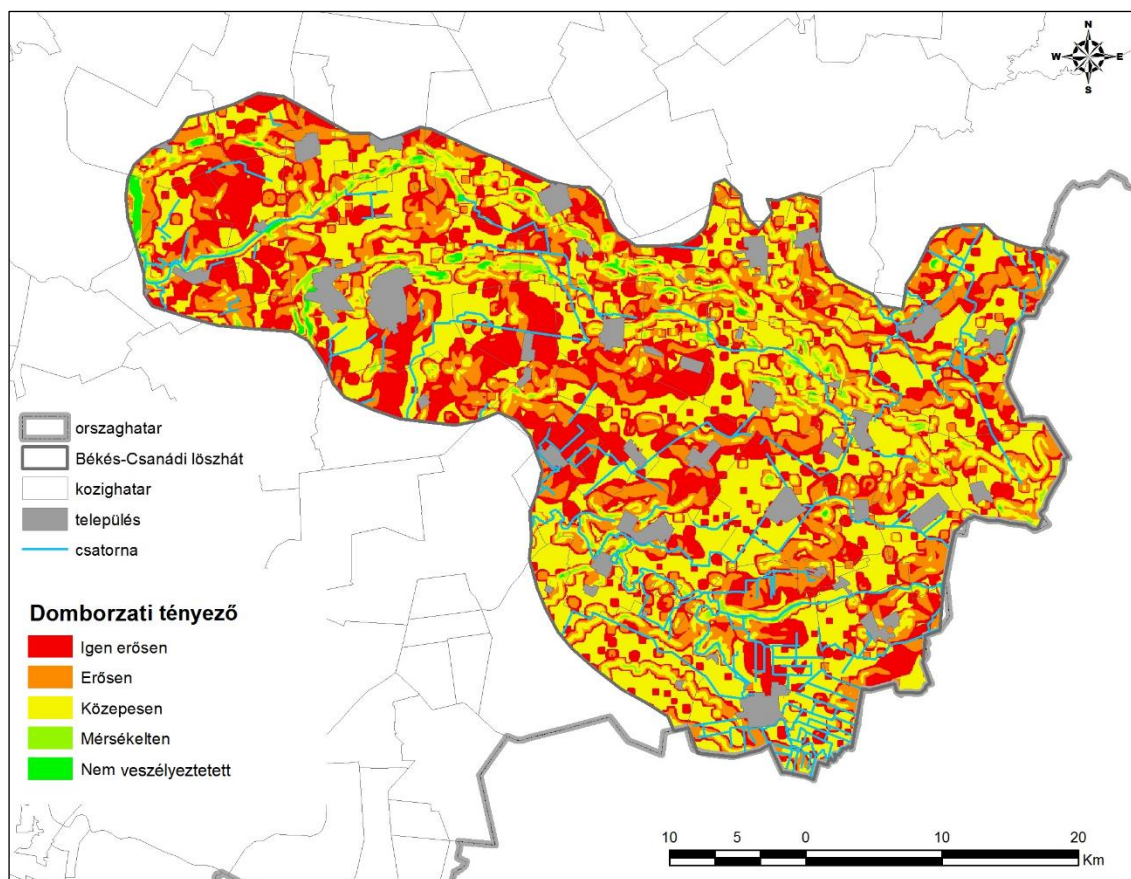
43. ábra: Domborzati hatótényező területi eloszlása

A domborzati hatótényező kategorizálást elvégeztem a Jenks-féle módszerrel, melyet a 19. táblázatban és a 44. ábrán szemléltetek.

19. táblázat: A domborzati hatótényező területi osztályozása veszélyeztetettségi kategóriák szerint

Domborzati tényező osztályközbe sorolása (Jenks-módszer)	Veszélyeztetettségi kategória	Területi kiterjedés (ha)	Területi kiterjedés (%)
0 – 1	Igen erős	51 712	43,8
1 – 2	Erős	37 011	31,3
2 – 3	Közepes	24 668	20,9
3 – 4	Mérsékelt	3 700	3,1
4 – 5	Nem	981	0,9

A 19. táblázat adataiból meghatározható, hogy a domborzati hatótényező osztályozásával a Békés-Csanádi löszhát az igen erősen és az erősen veszélyeztetett kategóriába sorolható.



44. ábra: A domborzati hatótényező területi osztályozása a veszélyeztetettség kategóriái szerint

A **44. ábra** alapján látható, hogy az egyöntetűen sík, kis relief energiájú területek veszélyeztetettsége igen jelentős. A főként mezőgazdasági és füves területek között csak az egykori folyómedreket követő csatornák völgyei jelentenek kivételt, ezek változatos morfológiája miatt kevésbé hajlamosítanak a belvíz megjelenésére.

4.2.3. A TT értékének területi eloszlása és kategorizálása

A korábban bemutatott módszertan szerint, a Kreybig, a Várallyay és a tájtermesztési térképlapok megfeleltetésével, meg lehetett adni a talajok vízvezető képességét (**20. táblázat**). Azon kategóriák esetén, ahol a jelkulcsban nem található érték, becsléssel rendeltünk értékeket. A becslés során, az értékkel nem rendelkező csoportok számszerűsítése a többi csoporthoz való kapcsolata alapján történt (*Bozán et al., 2008*).

20. táblázat: A Kreybig-féle talajtani és a Tájtermesztési térképek kategóriáinak kapcsolata a Várallyay-féle talaj-vízgazdálkodási kategóriával (Bozán et al., 2008)

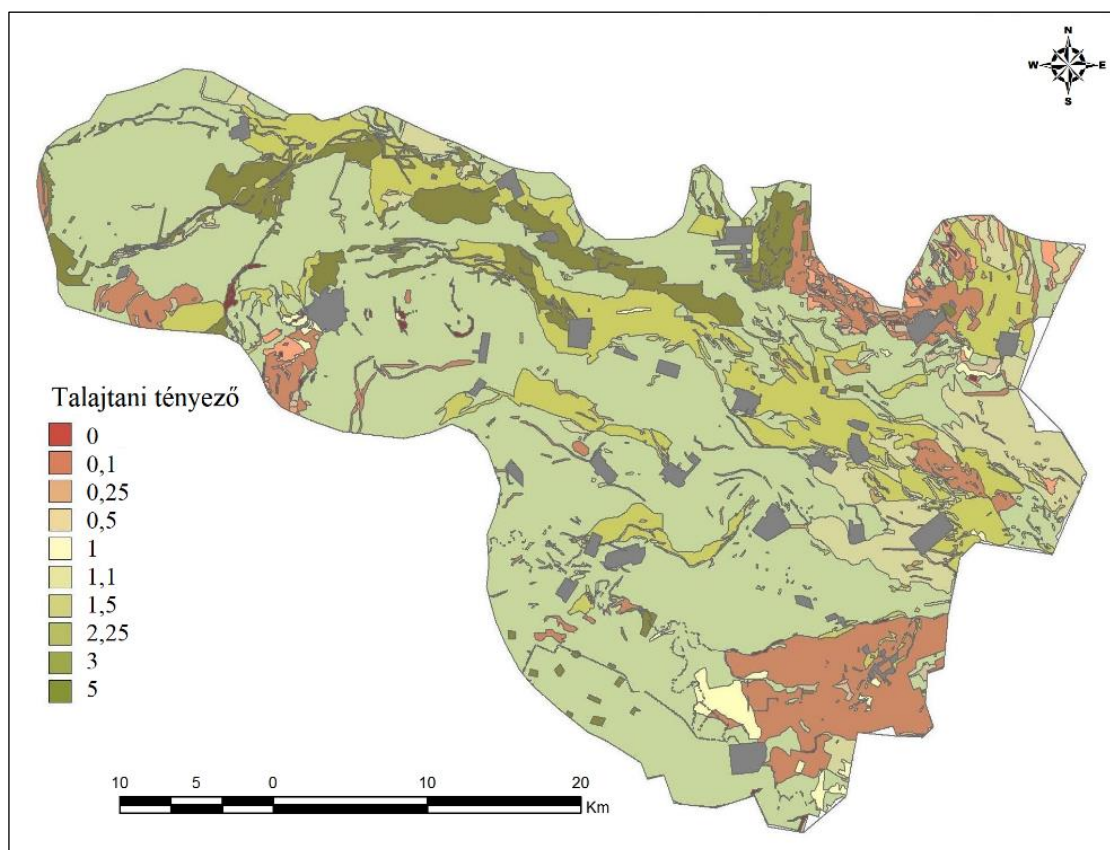
Várallyay-féle 9 talaj-vízgazdálkodási kategória, fizikai talajféleség szerint	Korábbi vizsgálat során figyelembe vett víznyelési sebesség, IR (mm/óra)	Megfeleltethető ún. Tájtermesztési kategória	Megadott vízvezető képesség, mm/óra (Tájterm. jelkulcs alapján)	Átlagolt, illetve becsült vízvezető-képesség érték cm/óra Talajtani tényező
(1.) homok	500	(1.,3.) savanyú/karbonátos, nem humuszos homok	40-60	0,5
(1.) homok	500	(2.,4.) savanyú/karbonátos, humuszos homok	20-40	0,0
(2.) homokos vályog	325	-	-	(2,3-3,0) 2,6
(3.) vályog	125	(5.) kitűnő vályog és öntésiszap-talajok	15-30	2,3
(3.) vályog	125	(6.) felszínben savanyú, kitűnő minőségű vályog- és agyagtalajok	-	1,5*
(4.) agyagos vályog	85	-	-	(1,0-1,5) 1,3
(5.) agyag	60	(7.) Igen erősen kötött, savanyú mészigényes agyagok és vályogok	5-15	1,0
(6.) enyhén szikes, v. pszeudoglejes t.	30	(10.) enyhén szikes talajok, mezőgazd.	-	1,1**
(6.) enyhén szikes, v. pszeudoglejes t.	30	(11.) enyhén szikes talajok, feltételeesen mezőgazd.	-	5
(7.) erősen szikes t.	10	(12.) erősen szikes talajok	-	1***
(8.) tőzeg, kotu	0	(9.) tőzeg és kotus talajok	-	-
(9.) sekély termőrétegű t.	-1	(8.) sekély termőrétegű talajok	-	-

* Az 5. kategóriához tartozó alsó érték.

** Az A és B szintben a művelés keverő hatása érvényesülhet.

*** A mérés a gyakorlatban nagy szórást mutat, a duzzadás és a felszíni repedezettség bizonytalanná teszi.

A további vizsgálatok számára előkészített talajtani hatótényező a **20. táblázat** utolsó oszlopában jelenik meg az átlagolt és a *becsült* vízvezető-képesség értékek (cm/óra), melynek térképi megjelenítése a **45. ábrán** látható.



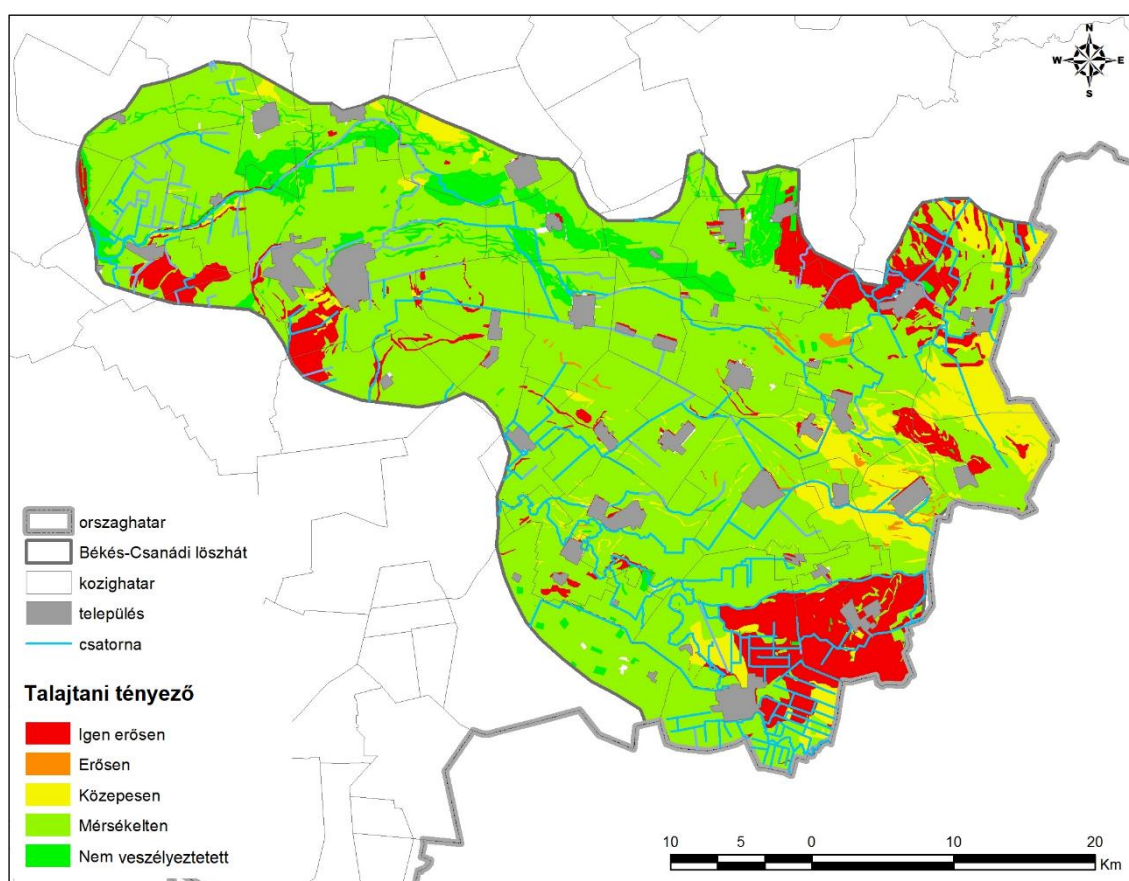
45. ábra: A talajtani hatótényező területi eloszlása

A talajtani hatótényező kategorizálást elvégeztem a Jenks-féle módszerrel, melyet a **21. táblázatban** és a **46. ábrán** szemléltetek.

21. táblázat: A talajtani hatótényező területi osztályozása veszélyeztetettségi kategóriák szerint

Talajtani tényező osztályközbe sorolása (Jenks-módszer)	Veszélyeztetettségi kategória	Területi kiterjedés (ha)	Területi kiterjedés (%)
0 – 0,5	Igen erős	21 268	12,8
0,5 – 1,1	Erős	2 682	1,6
1,1 – 1,5	Közepes	11 340	6,8
1,5 – 3	Mérsékelt	119 906	72,2
3 – 5	Nem	10 785	6,6

A **21. táblázat** adataiból kitűnik, hogy a talajtani hatótényező osztályozásával a Békés-Csanádi löszhát a mérsékelt belvíz-veszélyeztetett kategóriába sorolható.



46. ábra: A talajtani hatótényező területi osztályozása a veszélyeztetettségi kategóriák szerint

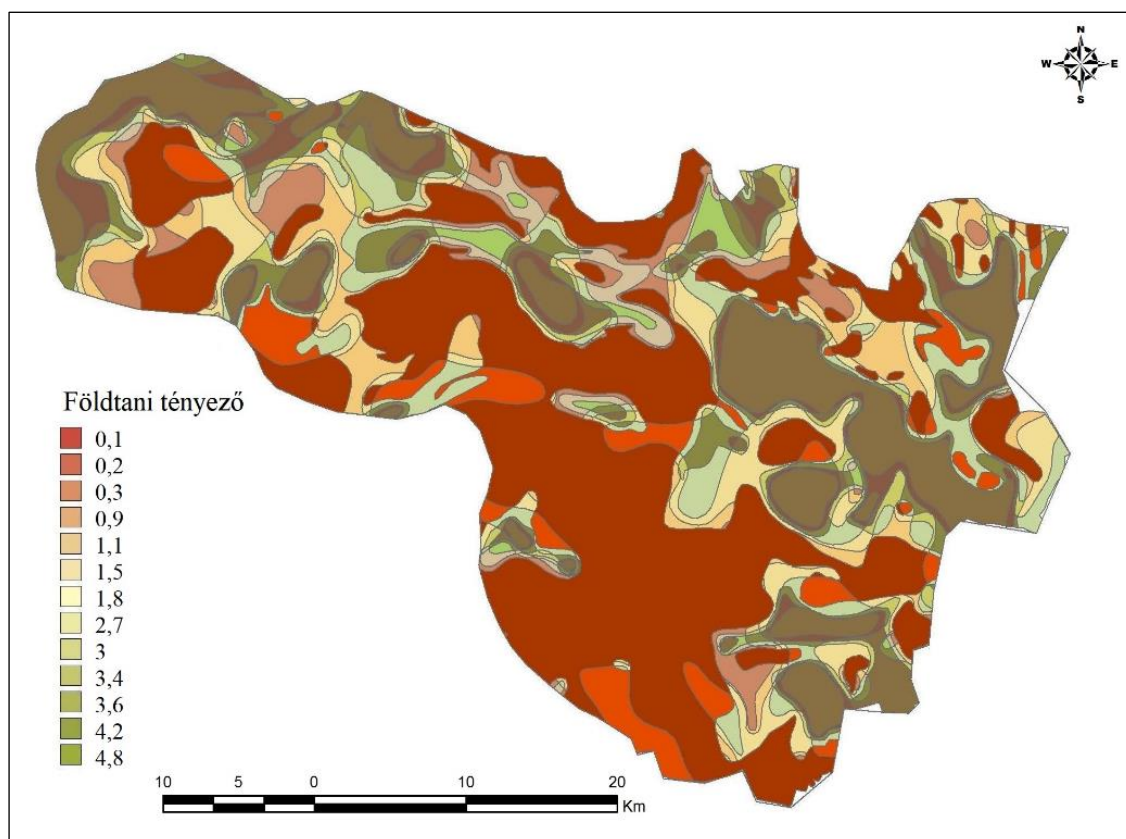
A **46. ábra** alapján látható, hogy a löszhát azon területein nagyobb a talajtani okokra visszavezethető veszélyeztetettség, ahol az egykor nagy kiterjedésű löszpuszta gyepek maradványai, illetve a szolonyec szikesek találhatók. Erősen veszélyeztetett területek a Kígyósi-puszta, a Csanádi-puszta, a Tompapusztai löszgyepek és Kardoskút szikes foltjai.

4.2.4. A FT értékének területi eloszlása és kategorizálása

A földtani hatótényező értékeinek előállításához a felszínközeli vízzáró rétegek felszíntől való távolságát és vastagságát vettem figyelembe. A belvízelöntések előfordulásának valószínűségét a legfelső vízzáró képződmények felszínközeli elhelyezkedése, illetve vastagsága növelheti (pl. a felszínen elhelyezkedő vastag réteg gátolja a beszivárgást) vagy csökkentheti (pl. a felszínen elhelyezkedő vékony, agyagos, repedező réteg nem gátolja a beszivárgást). A földtani hatótényező térképét (**47. ábra**) a **22. táblázatban** közölt értékek felhasználásával, a többi tényezővel azonos rácshálózatra illesztve szerkesztettem meg.

22. táblázat: A földtani hatótényező a legfelső vízzáró réteg helyzete és vastagsága alapján

Vastagság	Mélység				
	Vízzáró a felszínen	<2 m	2-4 m	4-10 m	>10 m
<1 m	0,2	1,8	3,6	4,8	5
1-2 m	0,1	1,5	2,7	4,2	5
2-4 m	0,1	0,9	1,8	3,4	5
>4 m	0,1	0,3	1,1	3,0	5



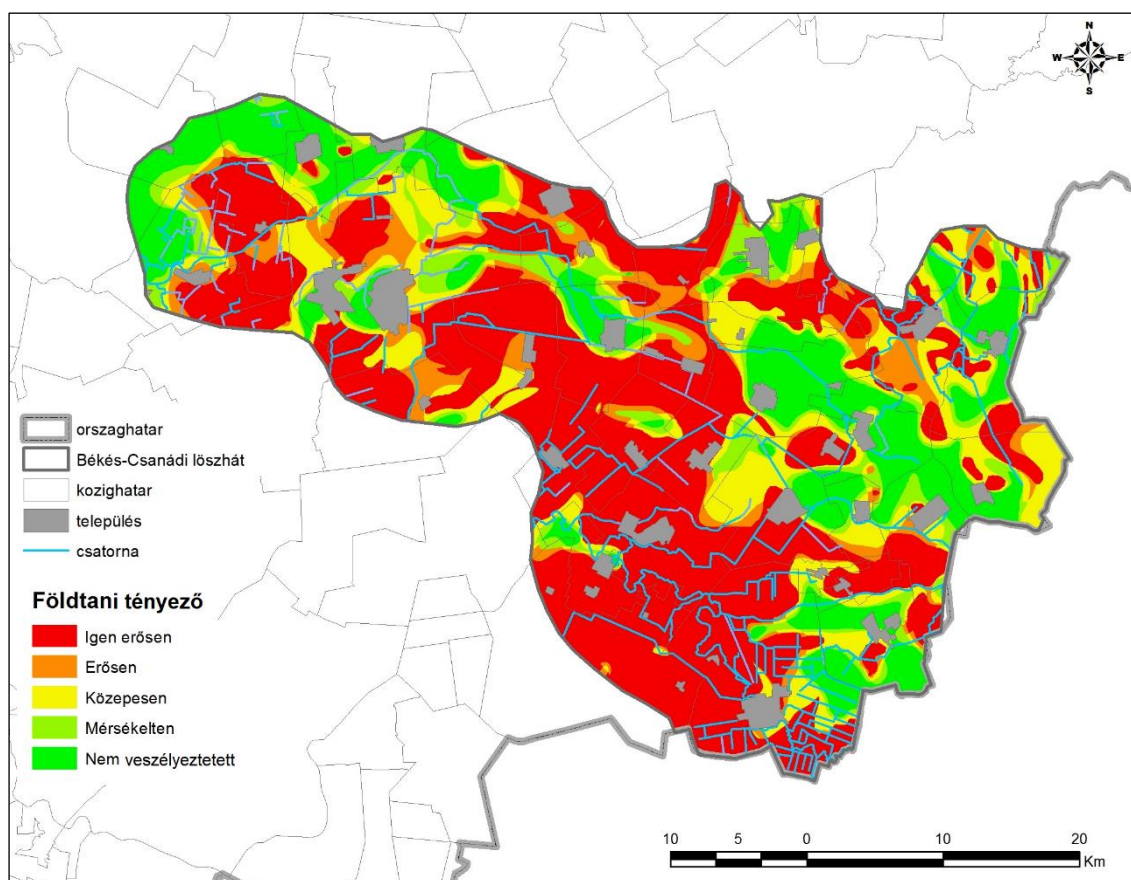
47. ábra: Földtani hatótényező területi eloszlása

A földtani hatótényező kategorizálást elvégeztem a Jenks-féle módszerrel, melyet a **23. táblázatban** és a **48. ábrán** szemléltetek.

23. táblázat: A földtani hatótényező területi osztályozása veszélyeztetettségi kategóriák szerint

Földtani tényező osztályközbe sorolása (Jenks-módszer)	Veszélyeztetettségi kategória	Területi kiterjedés (ha)	Területi kiterjedés (%)
0 – 0,3	Igen erős	78 052	48,1
0,3 – 1,1	Erős	12 837	7,9
1,1 – 1,8	Közepes	24 497	15,1
1,8 – 3,6	Mérsékelt	14 450	8,9
3,6 – 5	Nem	32 453	20,0

A **23. táblázat** adataiból jellemzően kitűnik, hogy az igen erősen veszélyeztetett kategóriába sorolható a löszhát közel fele, miközben földtani szempontból nem veszélyeztetett a terület ötöde.

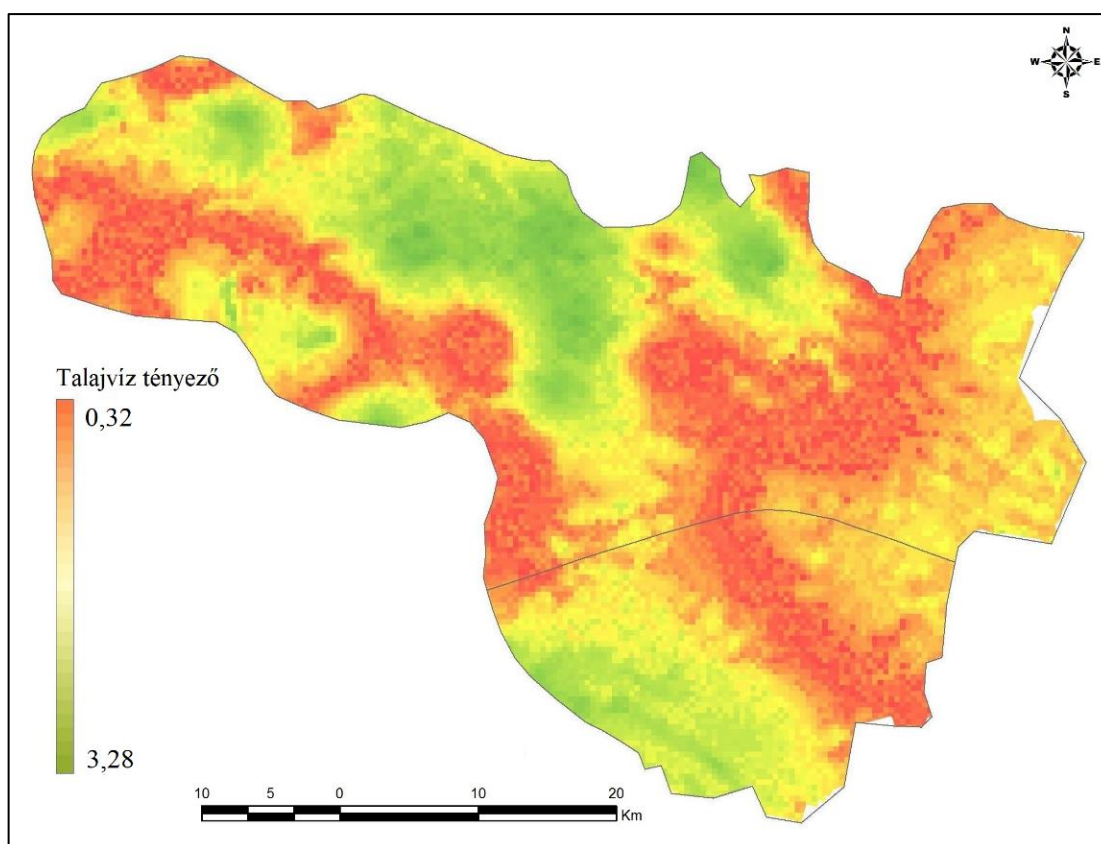


48. ábra: A földtani hatótényező területi osztályozása a veszélyeztetettségi kategóriák szerint

A **48. ábra** alapján látható, hogy azokon a területeken, ahol jelentős vastagságú infúziós lösz vagy jó vízáteresztő képességű folyami homok halmozódott fel, kismértékben (nem) veszélyeztetettek (20%). Azokon a területek, amelyek tartósan vízzel borítottak voltak és finomabb üledékfrakció rakódott le, igen erős a földtani okokra visszavezethető veszélyeztetettség (48,1%).

4.2.5. A TV értékének területi eloszlása és kategorizálása

A talajvíz vizsgálata során (25 db talajvízmegfigyelő kút adataiból) arra a következtetésre jutottam, hogy az LNV átlagok alapján határolom le a belvíz kialakulása szempontjából releváns talajvízszint átlagokat, mely egyben méterben fejezi ki a talajvíz hatótényező értékét (**6. melléklet**). A területi kiterjesztés ko-krigeléssel történt a domborzathoz igazítva. A talajvíz hatótényező értékei alapján jól látható (**49. ábra**), hogy a talajvízfeltörés jelensége miatt érintett területek (Maros hordalékkúp homok padkája) megjelennek a talajvíz hatótényező térképen.



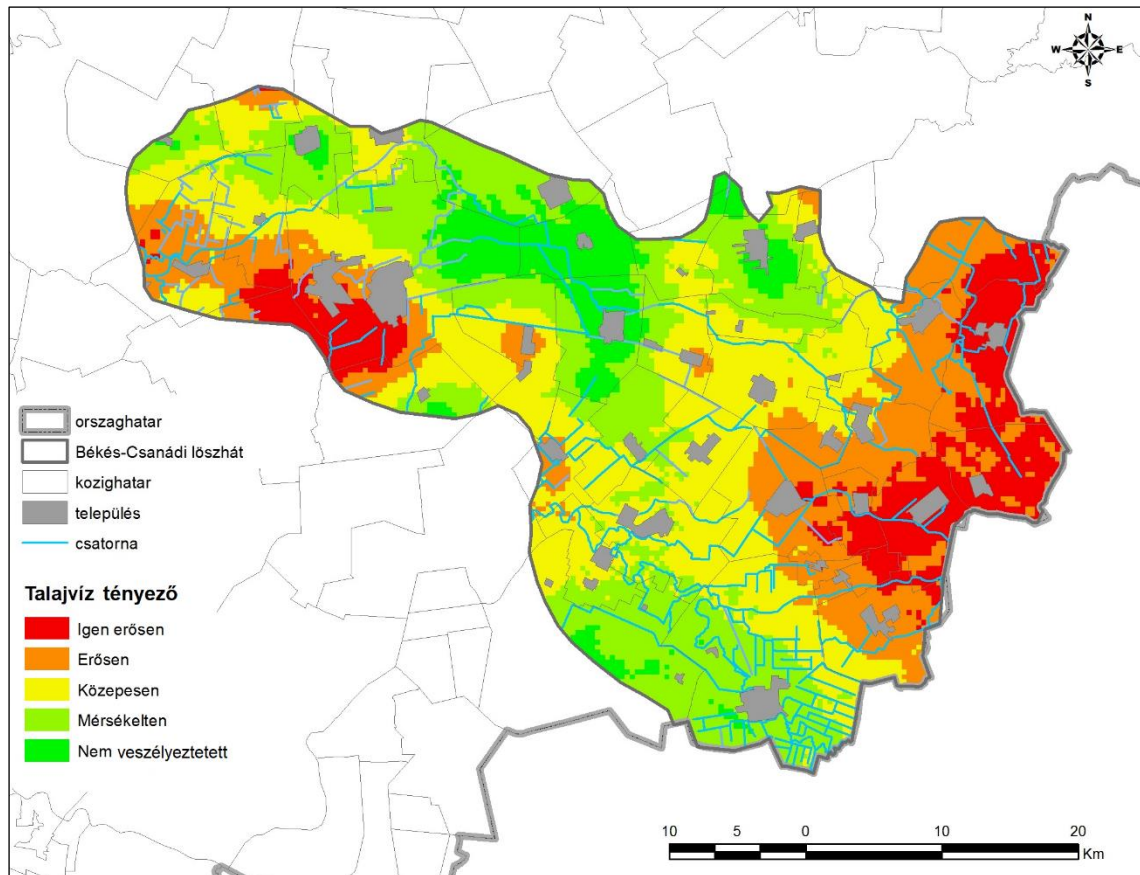
49. ábra: A Ko-krigeléssel módosított talajvíz hatótényező területi eloszlása

A talajvíz hatótényező kategorizálást elvégeztem a Jenks-féle módszerrel, melyet a **24. táblázatban** és az **50. ábrán** szemléltetek.

24. táblázat: A talajvíz hatótényező területi osztályozása veszélyeztetettségi kategóriák szerint

Talajvíz tényező osztályközbe sorolása (Jenks-módszer)	Veszélyeztetettségi kategória	Területi kiterjedés (ha)	Területi kiterjedés (%)
0,40 – 0,83	Igen erős	19 699	12,3
0,84 – 1,26	Erős	32 582	19,9
1,27 – 1,70	Közepes	52 237	32,2
1,71 – 2,14	Mérsékelt	43 777	27,0
2,15 – 2,58	Nem	14 036	8,6

A **24. táblázat** adataiból kitűnik, hogy a talajvíz hatótényező osztályozásával a Békés-Csanádi löszhát a közepesen-mérsékelt veszélyeztetett kategóriába sorolható. A terület közel ötöde az erősen veszélyeztetett osztályba tartozik.

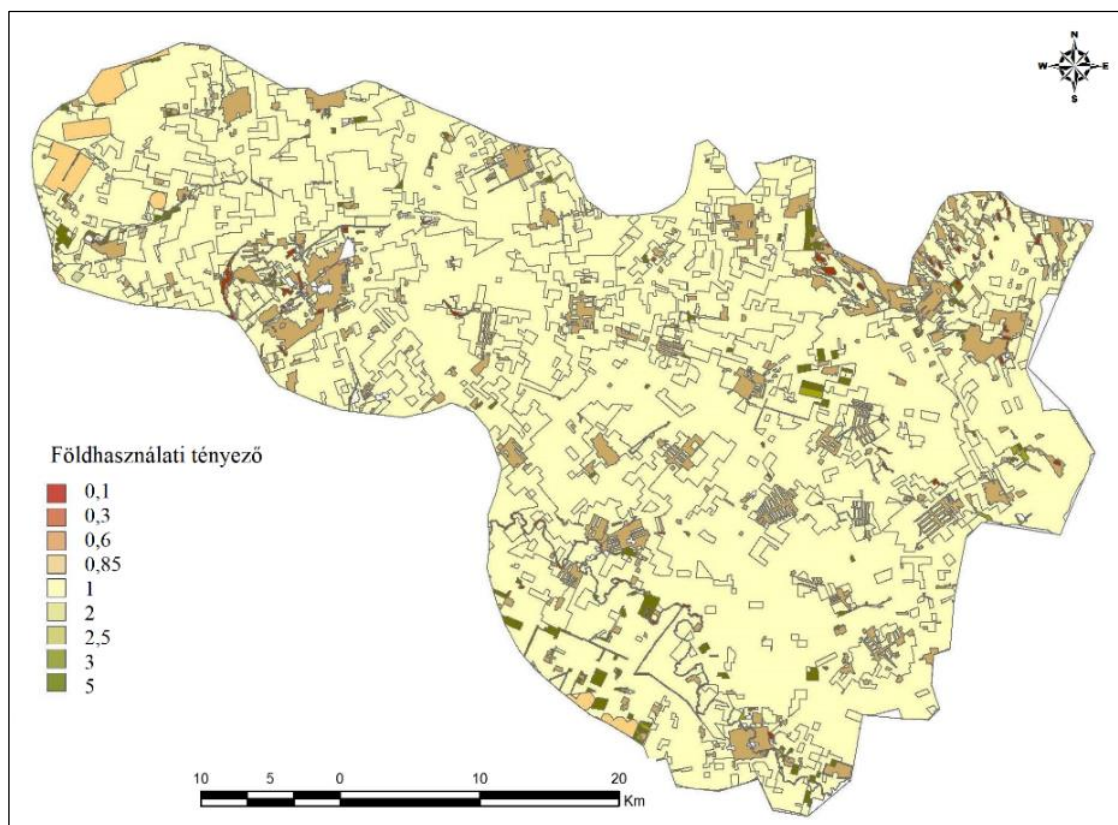


50. ábra: A talajvíz hatótényező területi osztályozása a veszélyeztetettségi kategóriák szerint

Az **50. ábra** alapján látható, hogy a löszhát K-i határán található Maros hordalékkúp területén a talajvíz feláramló jellege miatt jelentős a veszélyeztetettség. Ez a terület a regionális vízellátó rendszer fő kitermelési zónája. Az Orosházától D-re található területek a földárja jelenség egyik fő színtere. Ennek a területnek a talaj- és rétegvizei kapcsolatban vannak a hordalékkúp és az utánpótlódási zóna nyomás alatt lévő vizeivel.

4.2.6. A FH értékének területi eloszlása és kategorizálása

A földhasználati kategóriák a CORINE adatbázis alapján különíthető el, melynek segítségével osztályozhatjuk őket a belvízképződésben betöltött szerepük fontossága szerint (**7. melléklet**). Minél nagyobb a földhasználati hatótényező értéke, annál kisebb a belvízi veszélyeztetettség. A földhasználati tényező területi eloszlását az **51. ábra** szemlélteti.



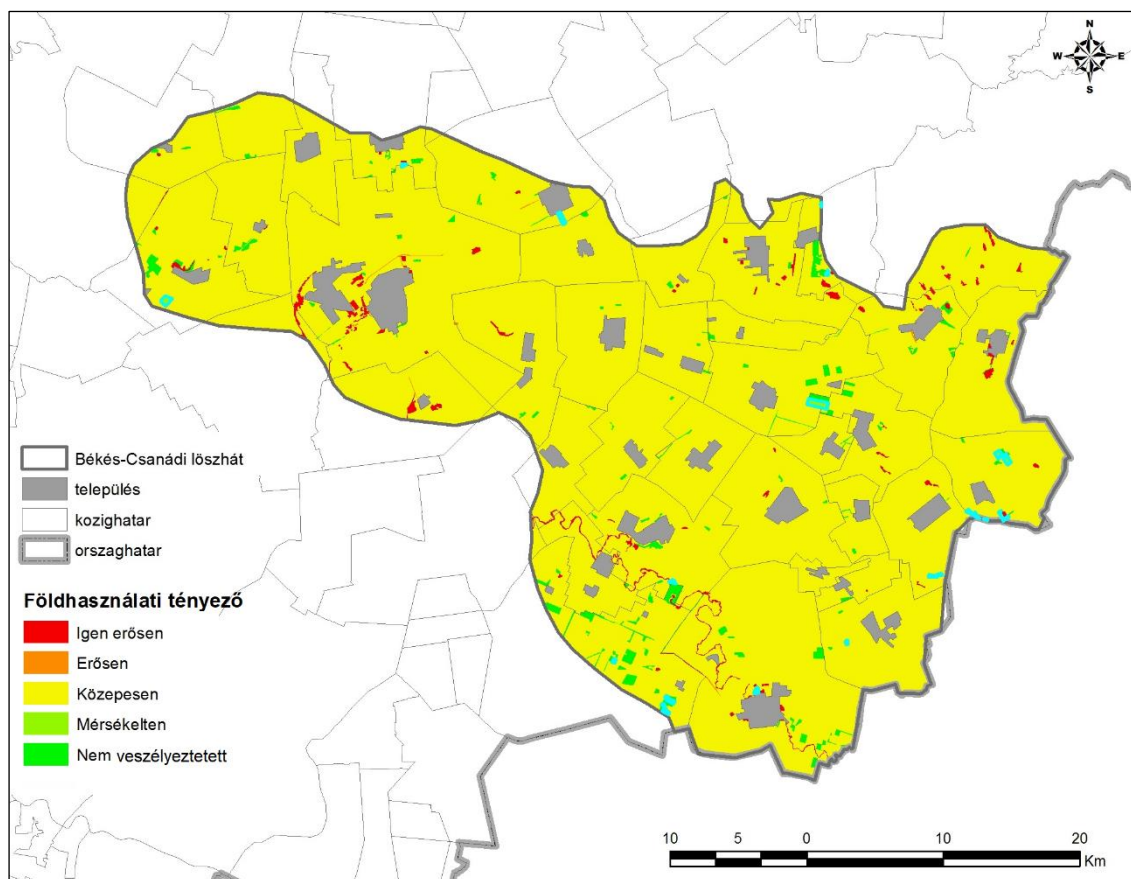
51. ábra: A földhasználati hatótényező területi eloszlása

A földhasználati hatótényező kategorizálást elvégeztem a Jenks-féle módszerrel, melyet a 25. táblázatban és az 52. ábrán szemléltetek.

25. táblázat: A földhasználati hatótényező területi osztályozása veszélyeztetettségi kategóriák szerint

Földhasználati tényező osztályköze sorolása (Jenks-módszer)	Veszélyeztetettségi kategória	Területi kiterjedés (ha)	Területi kiterjedés (%)
0 – 0,3	Igen erős	1 669	1,0
0,3 – 0,6	Erős	6 514	4,0
0,6 – 1	Közepes	151 512	93,3
1 – 3	Mérsékelt	290	0,2
3 – 5	Nem	2 344	1,5

A 25. táblázat adataiból kitűnik, hogy a földhasználati hatótényező osztályozásával a Békés-Csanádi löszhát a közepesen belvíz-veszélyeztetett kategóriába sorolható.

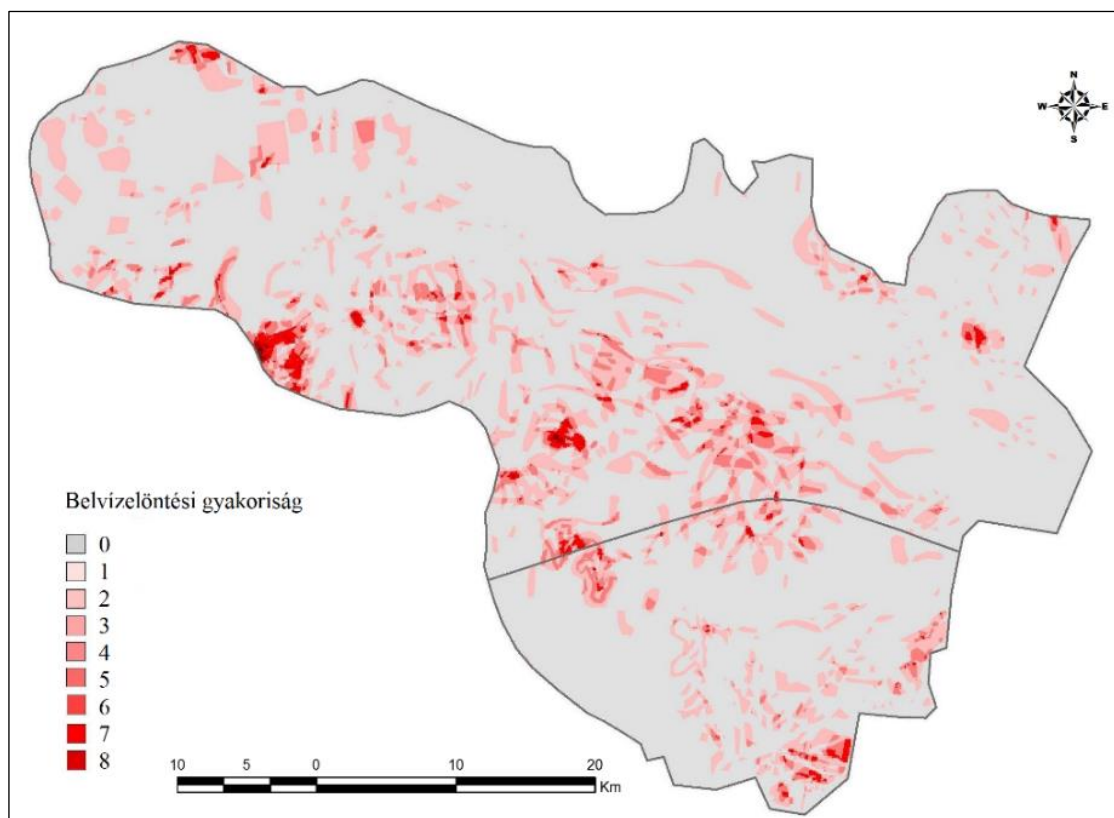


52. ábra: A földhasználati tényező területi osztályozása a veszélyeztetettségi kategóriák szerint

Az **52. ábra** alapján látható, hogy a löszhátra a közepesen veszélyeztetett kategória jellemző – ami az agrotechnikai beavatkozásokkal, okszerű belvíz-gazdálkodással, termőhely-specifikus termesztés-technológiával stb. tovább mérsékelhető –, hiszen a terület egy-két erdőfolttól és mezsgye társulástól eltekintve, a mezőgazdasági termelés színtere.

4.3. A belvíz-gyakoriság értéke és területi eloszlása

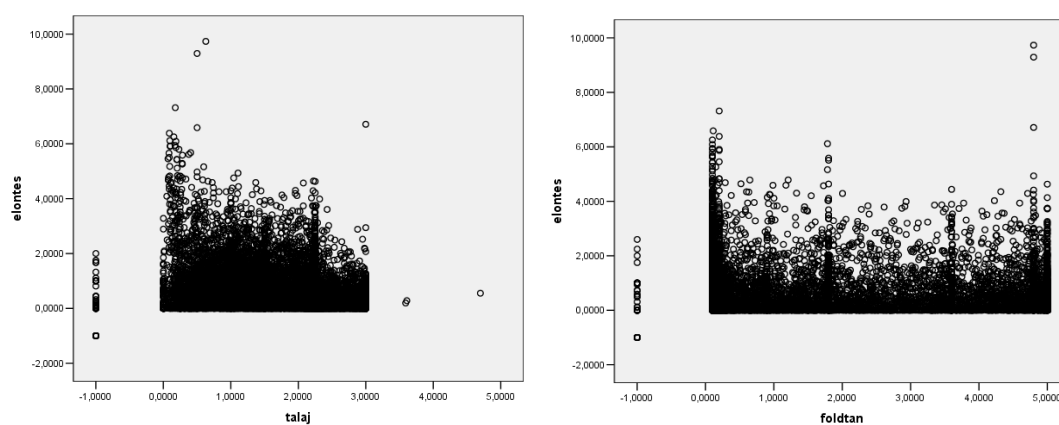
A belvíz-gyakorisági térkép jeleníti meg a vizsgált időszakban előfordult előntésmaximumok alapján kalkulált gyakorisági értékeket (**53. ábra**), ami megfelelően jellemzi a vizsgálati területen előforduló belvízi elöntéseket. A Békés-Csanádi löszhát területére eső településeknél jelentős a belvízi elöntések előfordulási gyakorisága, ami Battonya, Orosháza-Pusztaföldvár-Magyarbánhegyes-Dombegyháza vonalon, Gádosd déli részén és Kétegyháza környékén figyelhető meg.

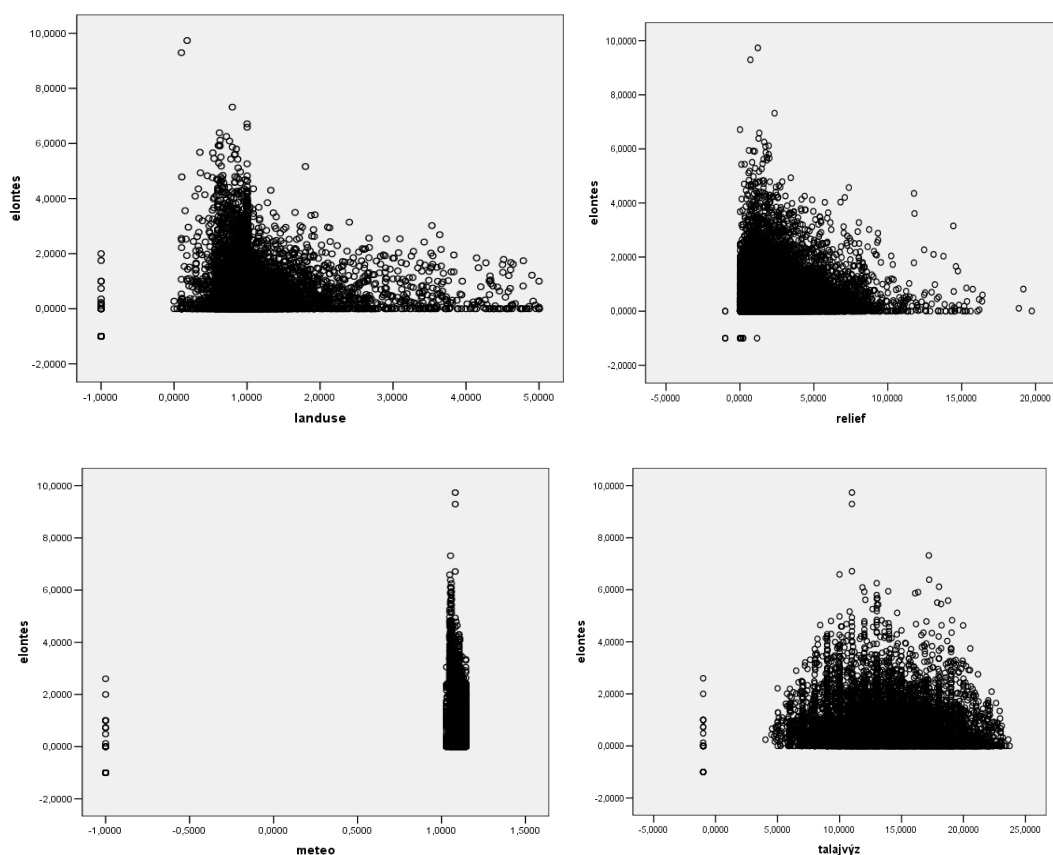


53. ábra: A belvívelöntési gyakoriság területi eloszlása

4.4. A belvívelöntés ok-okozati összefüggései

Vizsgálataim során arra kerestem a választ, hogy a vizsgált hat változó közül melyik vagy melyik és milyen mértékben határozzák meg az elöntést. Első lépésként ábrázoltam az elöntést a környezeti tényezők függvényében, mely alapján felállítható egy munkahipotézis, miszerint minden független változó hatással van a függő változóra, azaz a belvívelöntésre (54. ábra).





54. ábra: Az elöntés és a befolyásoló hatótényezők kapcsolata

A lineáris összefüggés elemzése során (26. táblázat) látható, hogy statisztikai szempontból laza kapcsolatot mutat a független tényezők és a függő tényező közötti kapcsolatvizsgálat (R-érték: 0,336), azonban a pozitív összefüggés bizonyított. Ebben a helyzetben kénytelenek vagyunk bizonyos mértékű engedményeket tenni a sztochasztikus jellegű kapcsolatok miatt.

26. táblázat: A belvizeleöntés (függő változó) és a befolyásoló tényezők (független változók) lineáris összefüggés vizsgálatának eredménye

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,336 ^a	,113	,113	,8118536

a. Predictors: (Constant), talajvíz, relief, landuse, talaj, meteo, foldtan

A szórásanalízis során megvizsgáltam, hogy a maradékértékek és a becsült értékek szórása szignifikánsan különbözik-e (szig. < 0,05). Eredményeim alapján a becsült és a mért értékek szignifikánsan nem különböznek, tehát a regresszió létezik (27. táblázat).

27. táblázat: A regressziós kapcsolatok bizonyítása szórásanalízissel

ANOVA ^b						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	867,547	6	144,591	219,375	,000 ^a
	Residual	6801,317	10319	,659		
	Total	7668,864	10325			

a. Predictors: (Constant), talajvíz, relief, landuse, talaj, meteo, foldtan

b. Dependent Variable: elontes

Jelen esetben a 0-hipotézisünk, hogy az R-érték nem különbözik 0-tól, tehát nincs eltérés. Az F érték megmutatja, hogy van-e lineáris eltérés a függő és a független változó között. A szignifikancia érték olyan kicsi, hogy a 0-hipotézist elvethetem, tehát nem függetlenek, van közöttük kapcsolat. Könnyen belátható például, hogy a talajtani és a földtani értékek között van közvetlen kapcsolat, ami előre vetíti azt is, hogy nem csak lineáris függvénykapcsolatok mentén kell a vizsgálatokat folytatni.

A regressziós állandó és a regressziós koefficiens szignifikancia-vizsgálata során lineáris kapcsolatot kerestem a függő és a független változók között. Az eredmények alapján egyértelművé vált, hogy az összes befolyásoló tényező pozitívan hat a belvízelöntés kialakulására (**28. táblázat**). Így a vizsgálat alapján bebizonyosodott, hogy a befolyásoló tényezők értékei jól leírják a belvíz kialakulásának a határfeltételeit. Összességében a vizsgálat során igazolódott, hogy a tényezők hatása jelentős az elöntés kialakulására, viszont az is nyilvánvalóvá vált, hogy lineáris összefüggésekkel egyértelműen nem magyarázhatók, azaz nem függetlenek egymástól.

28. táblázat: A regressziós állandó és a regressziós koefficiens szignifikancia-vizsgálatának eredménye

Coefficients ^a					
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	Sig.
		B	Std. Error	Beta	
1	(Constant)	,900	,060		,000
	talaj	-,360	,011	-,336	,000
	foldtan	,033	,005	,071	,000
	landuse	-,025	,015	-,016	,096
	relief	-,017	,004	-,042	,000
	meteo	,625	,056	,110	,000
	talajvíz	-,017	,002	-,071	,000

a. Dependent Variable: elontes

A független változók korrelációs mátrixa (**29. táblázat**) azt szemlélteti, hogy minden tényező között van összefüggés, azonban nem túlságosan erősek a kapcsolatok. Például a talajtani tényező és a földtani tényező értékei közötti Pearson korreláció 0,393, ami azt mutatja, hogy pozitív az összefüggés, de a közepesnél gyengébb kapcsolatban vannak egymással. Ennek alapján kifejezetten gyenge kapcsolat van a talajtani és a talajvíz, a földtani és a hidrometeorológiai, a földhasználati és a talajvíz, a domborzati és a hidrometeorológiai, illetve a domborzati és a talajvíz tényezők értékei között, míg a

közepesnél gyengébb kapcsolat fedezhető fel a már említett talajtani és földtani, a földtani és a domborzati, valamint a hidrometeorológiai és a talajvíz tényezők értékei között.

29. táblázat: Korrelációs mátrix eredményei

		Correlations					
		talaj	földtan	landuse	relief	meteo	talajvíz
talaj	Pearson Correlation	1	,393**	,177**	,209**	,145**	,049**
	Sig. (2-tailed)		,000	,000	,000	,000	,000
	N	10326	10326	10326	10326	10326	10326
foldtan	Pearson Correlation	,393**	1	,145**	,363**	,071**	-,208**
	Sig. (2-tailed)	,000		,000	,000	,000	,000
	N	10326	10326	10326	10326	10326	10326
landuse	Pearson Correlation	,177**	,145**	1	,154**	,157**	,056**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000		,000	,000	,000
	N	10326	10326	10326	10326	10326	10326
relief	Pearson Correlation	,209**	,363**	,154**	1	,070**	-,005
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000		,000	,629
	N	10326	10326	10326	10326	10326	10326
meteo	Pearson Correlation	,145**	,071**	,157**	,070**	1	,294**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000		,000
	N	10326	10326	10326	10326	10326	10326
talajvíz	Pearson Correlation	,049**	-,208**	,056**	-,005	,294**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,629	,000	
	N	10326	10326	10326	10326	10326	10326

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

A parciális korreláció vizsgálat során lekapcsoljuk az egyes tényezők hatását (zero-order vs. partial correlation) és úgy vizsgáljuk (**30. táblázat**).

30. táblázat: Korrelációs mátrix eredményei (a hatótényező ok-okozati összefüggései)

		Coefficients ^a					Correlations			Collinearity Statistics	
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF
		B	Std. Error	Beta							
1	(Constant)	,900	,060		15,053	,000					
	talaj	-,360	,011	-,336	-32,604	,000	-,308	-,306	-,302	,809	1,237
	foldtan	,033	,005	,071	6,415	,000	-,056	,063	,059	,706	1,417
	landuse	-,025	,015	-,016	-1,665	,096	-,058	-,016	-,015	,935	1,069
	relief	-,017	,004	-,042	-4,201	,000	-,081	-,041	-,039	,851	1,175
	meteo	,625	,056	,110	11,072	,000	,039	,108	,103	,876	1,141
	talajvíz	-,017	,002	-,071	-7,089	,000	-,071	-,070	-,066	,847	1,181

a. Dependent Variable: elontes

A zero-order korrelációs koefficiensei az összes tényező esetében megváltoztak a parciális korrelációs értékekhez képest, de nem jelentősen, vagyis ez a vizsgálat azt mutatja, hogy a tényezők függetlenek egymástól (statisztikai szempontból). A parciális korrelációs koefficiensek alapján a talajtani hatótényező határozza meg leginkább az elöntést, majd a földhasználati, domborzati, talajvíz, földtani és végül a hidrometeorológiai. A kollinearitás vizsgálat arra alkalmas, hogy kiválasszuk, melyik tényező nem kell a vizsgálatba, de a táblázat eredménye alapján minden tényező jelentős hatással van az elöntésre. A tolerancia szint minél magasabb (max. 1) annál jobban magyaráz, annál értékesebb a változó. A tolerancia érték a földhasználati tényező esetében a legnagyobb, ezért azt mondhatjuk, hogy ez a változó adja a legnagyobb többletinformációt a modell számára. Mindez fontos információ az alapadatok térbeli kiterjesztése szempontjából, ugyanis jellemzően azok a változók mutatnak szorosabb összefüggést, amelyek nagyobb térbeli varianciával bírnak. Ennek alapján pl. a

hidrometeorológiai tényező értékeinek interpolációja egy simított felszínt ad a kevés és hasonló értékű pontok alapján.

Egy regressziós egyenes akkor valid, ha a maradékok függetlenek egymástól, normál eloszlásúak, 0 a várható értékük és nem függ a maradék nagysága és varianciája az X értéktől. Az autokorrelációs vizsgálat során az adatsor önmagával való kapcsolatát vizsgáltam, így Durbin-Watson próbát alkalmaztam (0,730 => ez a bizonytalan tartomány, **31. táblázat**). A Durbin-Watson próbára jellemző, hogy nagyon magas a bizonytalan tartomány. Jelen esetben azt mondhatjuk, hogy 0-0,5 közötti értékre pozitív autokorrelációt javasolnak, viszont 0,5-1,5 között már a bizonytalan tartományba kerül. Ilyenkor elméletileg 2 lehetőségünk van, egyrészt növelhetem az adatszámot (ebben az esetben ez nem szükségszerű), második esetben növelhetem a szignifikancia szintet.

31. táblázat: Durbin-Watson próba eredménye

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,336 ^a	,113	,113	,8118536	,730

a. Predictors: (Constant), talajvíz, relief, landuse, talaj, meteo, foldtan

b. Dependent Variable: elontes

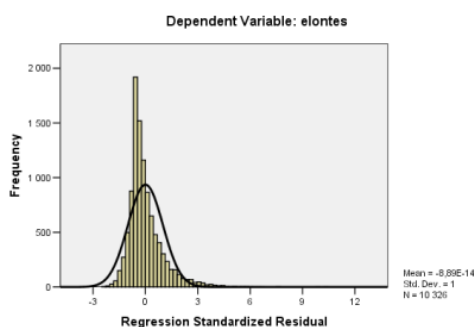
A hibatagok (Std. Residuals) vizsgálata során azt kerestem, hogy normál eloszlásúak-e vagy sem (**32. táblázat**). Az átlag (mean) 0, így ez a feltétel teljesült, az eloszláskép pedig első ránézésre normál eloszlásúnak tűnik (**55. ábra**), amit viszont Kolmogorov-Szmirnov próbával ellenőriztem (**33. táblázat**).

32. táblázat: Hibatagok vizsgálatának eredménye

Residuals Statistics^a

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	-,584303	1,910221	,722033	,2898688	10326
Residual	-1,87808	8,4359760	,0000000	,8116176	10326
Std. Predicted Value	-4,507	4,099	,000	1,000	10326
Std. Residual	-2,313	10,391	,000	1,000	10326

a. Dependent Variable: elontes



55. ábra: Hibatagok vizsgálatának eredménye

33. táblázat: Kolmogorov-Szmirnov vizsgálat eredménye

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
		Unstandardized Residual
N		10326
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	,0000000
	Std. Deviation	,81161764
Most Extreme Differences	Absolute	,131
	Positive	,131
	Negative	-,085
Kolmogorov-Smirnov Z		13,287
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Ez a teszt azt mutatja meg, hogy egy elméleti normál eloszláshoz képest a mostani eltérésünk mennyi. Az aszimptotikus eloszlás érték (Asymp. Sig.) 0,000 ami azt mutatja, hogy nem normál eloszlású a maradék – miközben első ránézésre normál eloszlásúnak tűnt –, így ez a feltétel nem teljesült. Mindez általában azzal magyarázható, hogy a csoportok varianciái nagymértékben különböznek egymástól, amit a csoportokon belüli kiugró értékek okoznak. A magyarázat egyrészt az adatsorok térbeli varianciájában keresendő (hidrometeorológiai tényező alacsony, míg a talajtani tényező magas térbeli varianciájú), másrészt pedig a tényezőértékek meghatározásának metodikájából, ami összefüggésben a belvíz jelenség értelmezésével, kifejezetten a szélsőértékekre fekteti a hangsúlyt (pl. minél inkább jellemző a felszínközeli magas talajvízállás, annál nagyobb a valószínűsége a belvíz kialakulásának). Összességében a belvíz mértékét nem a vízháztartási elemek átlagos értékei határozzák meg, hanem a befolyásoló tényezők kedvezőtlen, szélsőséges állapotainak véletlenszerű összeesése.

A fenti vizsgálatok célja az volt, hogy bizonyítsam a kapcsolatot a befolyásoló tényezők és az előntés között. Ezt statisztikailag igazoltam, azonban a vizsgálatok utolsó szakaszában az is bebizonyosodott, hogy nem minden feltétel teljesült ahhoz, hogy a kapcsolatokat egyértelműen lineáris módon lehet/lehessen leírni. Ez azt a következtetést vonja maga után, hogy a lineáris függvénykapcsolatok bizonyítását igazoló módszerektől eltérő metódusokat is alkalmazni kell, majd összehasonlítani az eredményeket.

4.5. A Komplex Belvíz-veszélyeztetettségi Mutató (KBM) meghatározása és térképi megjelenítése

Az előző fejezetben bemutatott vizsgálat képezte az alapját a befolyásoló tényezők és a belvíz-gyakorisági értékek területi regressziós kapcsolatainak vizsgálatához, melynek során arra kerestem a választ, hogy a hatótényezők milyen szereppel (súllyal) vesznek

részt a belvízképződésben (a belvíz-veszélyeztetettség meghatározásában). Két- és többváltozós regressziós vizsgálatokat végeztem, ahol a függő változó a belvíz-gyakorisági érték volt. A **34. táblázat** mutatja a függő és a független változók közötti regressziós vizsgálat eredményét, amely alapján az állapítható meg, hogy a belvíz-gyakorisági értékekkel minden független tényezőérték negatív összefüggésben van, tehát minél magasabb a hatótényező számszerű értéke, annál kisebb hatása van a belvíz-elöntések kialakulására.

34. táblázat: A kétváltozós regressziós vizsgálat eredménye (korrelációs együttható)

		Elöntés	Talajtan (TT)	Földtan (FT)	Földhasználat (FH)	Domborzat (DOMB)	Talajvíz (TV)
Korrelációs együttható	Elöntés	1,000	-0,073	-0,096	-0,058	-0,119	-0,084
	Talajtan	-0,073	1,000	-0,068	0,020	0,132	0,341
	Földtan	-0,096	-0,068	1,000	-0,046	0,159	-0,360
	Földhasználat	-0,058	0,020	-0,046	1,000	0,058	0,117
	Domborzat	-0,119	0,132	0,159	0,058	1,000	0,057
	Talajvíz	-0,084	0,341	-0,360	0,117	0,057	1,000

A kétváltozós kapcsolat-vizsgálat során bizonyossá vált, hogy a domborzati hatótényező mutatja a legszorosabb kapcsolatot, ami könnyen magyarázható tekintettel arra, hogy az összegyülekezett belvizek a terep mélyebb vonulataiban jelennek meg. Ehhez képest lazább kapcsolat tapasztalható a földtan, a földhasználat, a talajvíz és a talajtani hatótényező esetében. A többváltozós vizsgálatok alapján viszont a talajtani hatótényező az, amely a legnagyobb hatással van belvízelöntések kialakulására, ugyanis itt a legmagasabb a parciális korrelációs együttható értéke (-0,306), illetve annak abszolút értéke. Sorrendben követi a talajvíz, a domborzat, a földhasználat és a földtani hatótényező (**35. táblázat**).

35. táblázat: A többváltozós vizsgálatok eredményei

	Konstans	Talaj (TT)	Földtan (FT)	Földhasználat (FH)	Domborzat (DOMB)	Talajvíz (TV)
Parciális korrelációs együttható		-0,306	0,063	-0,016	-0,041	-0,070
Nem standardizált koefficiens (B)	0,900	-0,360	0,033	-0,025	-0,017	-0,017

A többváltozós kapcsolat-vizsgálat eredménye alapján az alábbi regressziós egyenlettel határozható meg a Belvíz-veszélyeztetettség Mutatószáma (BM):

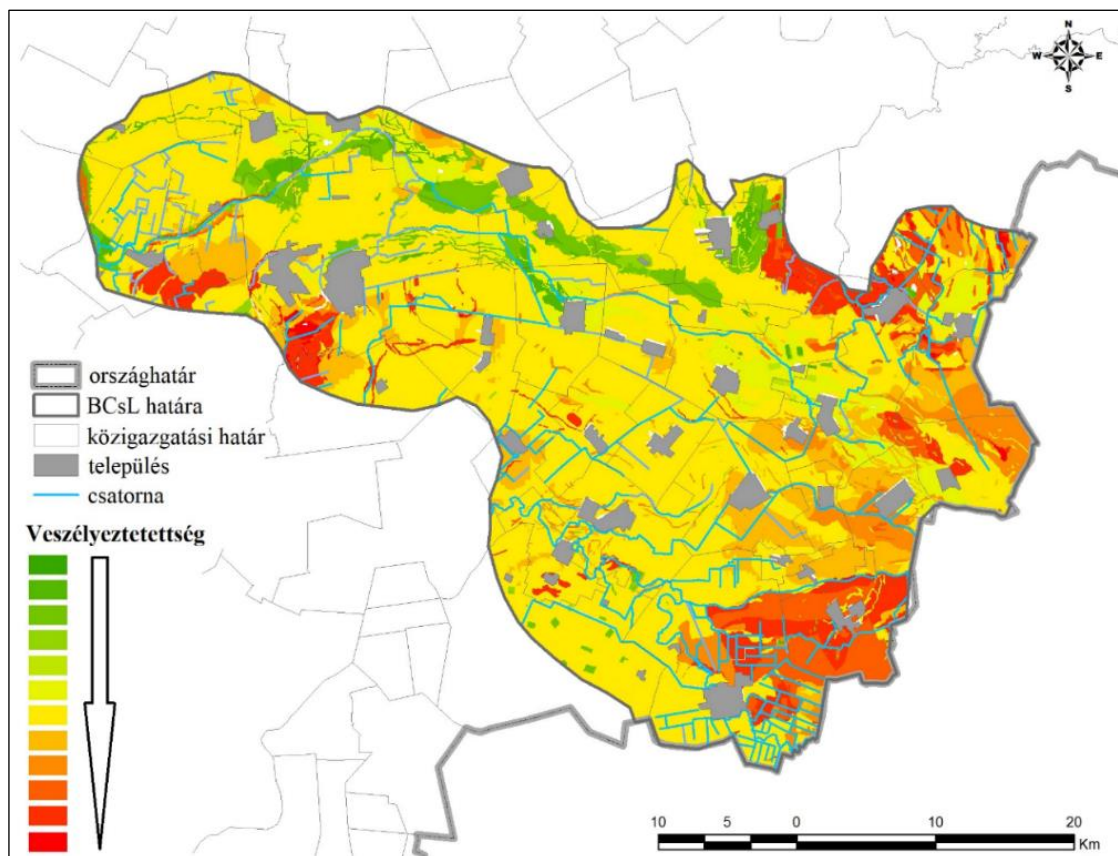
$$BM = 0,9 - 0,360 \cdot T + 0,033 \cdot FT - 0,025 \cdot FH - 0,017 \cdot D - 0,017 \cdot TV$$

A regressziós egyenletben megjelenő változók és a korrelációs együtthatók lényegében egyformán mutatják a változók szerepét, illetve súlyát (nem standardizált koefficiens, B), ugyanis értékhatáraik, illetve átlagértékük gyakorlatilag azonos tartományt fednek le. A többszörös korrelációs együttható értéke $R = 0,336$, mely

statisztikailag nem jelent szoros kapcsolatot, azonban a hidrológiai statisztikai vizsgálatok során elfogadhatónak tekinthető, az adatsorok minősége alapján.

A befolyásoló hatótényezők közül öt változót szerepeltettem a vizsgálatban, mint „független” változót, míg a hidrometeorológiai hatótényezővel megszoroztam a regressziós egyenlettel kapott BM értékét, ugyanis a hidrometeorológiai hatótényező, mint Humiditási Index, önmagában növeli a belvíz-veszélyeztetettséget. Azért, hogy a BM és a HUMI szorzata egész számmal jellemezhető legyen, egy arányosító tényezőt is hozzárendeltem. Így kaptam meg a **Komplex Belvíz-veszélyeztetettségi Mutatót (KBM)**, mely alapján 50x50 méteres pixel méretben megszerkeszthető a Békés-Csanádi löszhát Komplex Belvíz-veszélyeztetettségi térképe (56. ábra).

$$\text{KBM} = (0,9 - 0,360 \cdot \text{TT} + 0,033 \cdot \text{FT} - 0,025 \cdot \text{FH} - 0,017 \cdot \text{DOMB} - 0,017 \cdot \text{TV}) \cdot 5 \cdot \text{HUMI}$$



56. ábra: A Békés-Csanádi löszhát Komplex Belvíz-veszélyeztetettségi térképe

A színek a belvízi veszélyeztetettség fokozatait jelzik. A legkevésbé veszélyeztetett területeken (zöld, sárga) a KBM értéke alacsony, a narancssárga a vöröses felé a közepesen, míg a mély vörös területek az igen erősen veszélyeztetett kategóriába sorolhatók.

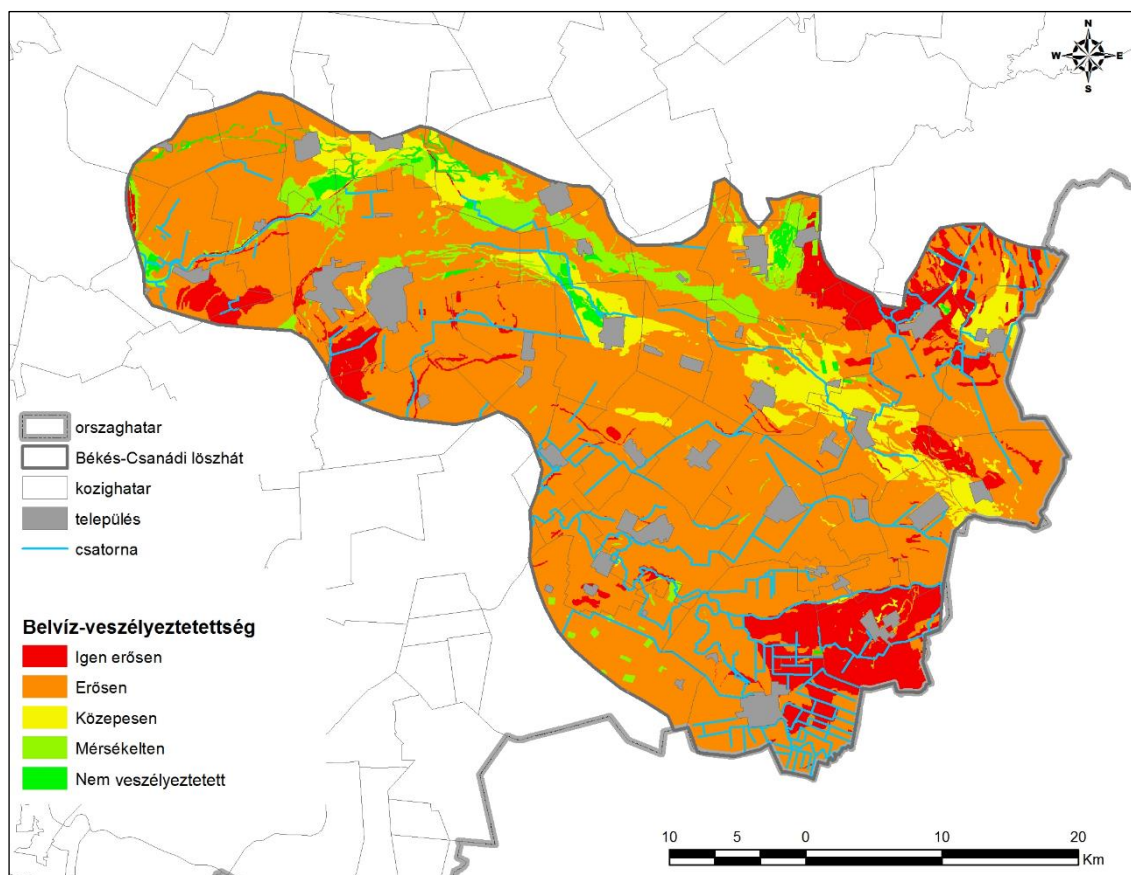
4.6. A KBM alapján szerkesztett eredménytérkép területi lehatárolása veszélyeztetettség kategóriák szerint

A KBM eredménytérkép értékei a Jenks-féle módszerrel kerültek leválogatásra (57. ábra), melynek térbeli megoszlását és területi kiterjedését a 36. táblázat mutatja.

36. táblázat. A KBM alapján szerkesztett eredménytérkép veszélyeztetettség kategóriái és kiterjedése

KBM eredménytérkép osztályköze sorolása (Jenks-módszer)	Veszélyeztetettségi kategória	Területi kiterjedés (ha)	Területi kiterjedés (%)
0 – 1	Igen erős	19 641	12,4
1 – 2	Erős	114 898	72,5
2 – 3	Közepes	12 824	8,1
3 – 4	Mérsékelt	8 681	5,5
4 – 5	Nem	2 351	1,5

A 36. táblázat adataiból kitűnik, hogy a Komplex Belvíz-veszélyeztetettség Mutató 5 kategóriás területi osztályozásával a löszhát igen erősen és erősen veszélyeztetett.



57. ábra: A KBM 5 kategóriás területi lehatárolása

Az eredménytérképen jól lehet differenciálni a különböző mértékben veszélyeztetett területeket. Igen erősen és erősen veszélyeztetett területeket találunk a Békés-Csanádi löszhát 85%-án.

4.7. A KBM-re alapozott területhasználati lehetőségek

A területi lehatárolást az egyes veszélyeztetettségi kategóriákhoz igazítva végeztem el, így a nem, mérsékelten, közepesen, erősen és az igen erősen veszélyeztetett területekhez hozzá lehet rendelni a földhasználati lehetőségeket.

A Békés-Csanádi löszhát *igen erősen és erősen belvíz-veszélyeztetett területrészein* (19 641 és 114 898 ha) célravezető megfontolás a mezőgazdasági termelés ésszerűsítése, racionalizálása. A termesztés során magas kockázattal számolhatunk. A nagy kiterjedésű erősen belvíz-veszélyeztetett lehatárolás azzal magyarázható, hogy az állandó hatótényezők (talajtani, földtani, domborzati) a belvízképződés feltételeit teremtik meg. Ami természetesen nem jelenti azt, hogy ezeken a területrészekben minden tavaszi időszakban kialakul belvízi elöntés. Mindezek alapján a gazdálkodó jelentős mértékben kiszolgáltatott az ún. évjárat-hatásnak (*Tamás és Bozán, 2009; Nagy és Nagy, 2018*). Azt, hogy milyen időszakban és mely területeken alakul ki tavaszi vízborítás, az időben változó tényezők (hidrometeorológia, talajvíz) határozzák meg. Mindezek mentén célszerű megfontolni az igen erősen veszélyeztetett területek művelési ágának módosítását. Ezeken a területeken feltétel nélkül javasolható az erdőgazdálkodás (*Tóth, 2000*) vagy éppen a nádgazdálkodás (*Ruttkay et al., 1964*). Ha a területen jó vízzáró réteget találunk, akkor a halastavi (multifunkcionális) hasznosítás is megfontolandó (*Tasnádi, 1997*). Szolonyeces réti talajon megfelelő megoldás lehet a rizstermesztés is (*Simonné, 1983*). Végezetül pedig a gyepgazdálkodás és a legelőgazdálkodás is számításba lehet venni (*Petrasovits és Balogh, 1969; Vinczeffy, 1993*).

A *közepesen belvíz-veszélyeztetett területrészek*en (12 824 ha) megfontolandó a termőhelyspecifikus termesztéstechnológiák (művelés és növényzet) alkalmazása. Fontos hangsúlyozni az okszerű talajművelésben (*Thyll et al., 1983; Ligetvári, 1999*) rejlő lehetőségeket (mélyszántás, mélyítő szántás, mélylazítás, területi drénezés, céldrénezés). A káros eke- és tárcsatalp jelenségek megszüntetése az egyik legfontosabb feladat (*Salamin, 1966; Petrasovits és Balogh, 1969; Birkás és Gyuricza, 2000; Zsembeli et al., 2015; Blaskó, 2015*). Meg kell fontolni a kései vetésidejű kultúrák, fajták alkalmazását. Másodvetésű növényekkel gazdaságosan hasznosítható a terület. Kiválóan termeszthetők a különböző takarmánynövények. Emellett a gyümölcsösök telepítése (*Andrásfalvy, 1973*) is szóba jöhet, tekintettel a kisebb gyakorisággal elforduló belvízi eseményekre.

A *mérsékelten, illetve a nem belvíz-veszélyeztetett területrészek*en (8 681 és 2 351 ha) a konvencionálisan alkalmazott agrotechnikai beavatkozások és növénytermesztési

technológiák alkalmazása kockázat nélkül vállalható. Az időszakos túlnedvesedést a nagy vízigényű növények képesek ellensúlyozni.

A **37. táblázatban** összefoglaltam azokat a javaslatokat, amelyek a belvizes területek hasznosításával, illetve használatával kapcsolatban szóba jöhetnek.

37. táblázat: A területhasznosítási lehetőségek (Bozán et al., 2011)

Hasznosítási ágazat	Megjelenési forma	Magvalósulási műveletek
Parlag	- gondozatlan, elhanyagolt parlagterületek károsak - kártevő, kórokozó és gyomgöcként tekintendők	Nem javasolható, nem fenntartható
Termőhely-specifikus termesztéstechnológia	- késői vetésű növények alkalmazása - rövid tenészeitű fajták (FAO 200-400) - hektáronkénti tőszámot csökkenteni kell (70-80%), emellett 20-40%-kal meg kell növelni a kijuttatott műtrágya-, illetve szerves trágya mennyiségét. - a növényvédelemre is nagyobb hangsúlyt kell fektetni, mivel a kultúrnövények kezdeti fejlődése vontatottabb lesz, szemben a gyomok agresszivitásával	Kukoricahibridek (FAO 200-400), silókukorica (alacsonyabb FAO számú fajták) Széles- és takarmánynövények (köles, a muhar, a szudánifű, a fehér mustár és a kukorica csalamádé) Hagyományos termesztési múlttal rendelkező növények (rizs, rostkender, napraforgó, káposzta, gyógynövények, lucerna fűmag) Takarmánycirkok (szudánifű, seprűcirkok) Fehérjedús takarmánynövények (szarvaskerep, őszi búkköny (szőszös- és Pannonbúkköny), sárga csillagfűrt, fehér somkóró, vörös here, lódihere, korcsere, réti komócsin, egyiptomi (alexandriai) here, fonák (perzsa) here
Erdősítés	- tájidegen agresszív fajok visszaszorítása (gyalog akác); - őshonos erdőállományokat kell előnyben részesíteni	Telepítésre javasolható fajok: fehér fűz, kőrisek, fekete dió, nyárfafélék, kanadai nyár, tölgy, zöld juhar, hársak, éger, szilek, mocsári ciprus
Gyepesítés	- belvizes területeken a gyepek őszi telepítése javasolt - a gyepek jellemző tulajdonsága a jó nedvességtűrésük	Gyepesítés: réti ecetpázsit, a hernyópázsit és a zöld pántlikafű, selyemperje, tarackos tippan, réti csenkesz, kékperje, sovány perje. Javasolt vetőmagkeverék: réti csenkesz 25%, réti perje 40%, tarackos tippan 20%, fehér here 10%, szarvaskerep 5%.
Rét-, legelőgazdálkodás, legeltetési állattartás	- időszakos elöntés hasznos is lehet, viszont a hosszan tartó elöntéseket nehezen tudják elviselni - telepítéskor figyelembe kell venni, hogy milyen mértékben bírják a tiprást, illetve fontos tulajdonság a sarjadó-képesség is - közvetlen tápanyag-visszapótlás - extenzív állattartás	Legelőtelepítésre javasolt vetőmagkeverék: réti csenkesz 25%, réti perje 40%, tarackos tippan 20%, fehér here 10%, szarvaskerep 5%. Cigája juh, szőke mangalica, szürke marha, őshonos baromfifélék
Gyümölcsösök	- biotermelés	Szilva, dió, esetleg alma
Nádgazdálkodás	- termesztésének alapfeltétele, hogy a víz áramoljon; - tápanyagszűrési funkció.	Nád, sás, gyékény
Rizstermesztés	- nagy hő- és vízigény - megfelelő felületkialakítás - nagy víztartó képességű talaj	Multifunkcionális (pl. rizs-hal, rizs-hal-kacsa)
Gyógy- és drognövénytermesztés	termeszthető időnként nedves, nyirkos területeken	ánizs, fodormenta, édesgyökér, orvosi lestyán, konyhai és az édes kömény
Vízvisszatartás és tározás	- szűrőmező (nádas, sásos, gyékényes) alkalmazása - tározás céljára kialakított területek	Belvíztározók, más célt szolgáló tározók, halastavak, holtágak, övgátolt legelők, volt folyóvízi medrek, időszakos- és szükségeltározók

Halastavak, multifunkcionális tógazdaságok létesítése	- multifunkcionális vizes élőhely	Óshonos fajok
Turizmus – ökoturizmus	- vonzó infrastruktúra kiépítése (parkolás, étkezés, pihenőhelyek, megfigyelő pontok, tanösvények, prospektusok, térképek, információs táblák, kölcsönzők, idegenvezetők, reklám stb.)	Holtágak, arborétumok, kastélyparkok, táj- és természetvédelmi területek, kunhalmok, multifunkcionális halastavak, stb.
Vadászati hasznosítás	- jó táplálékellátottság szükséges - áradások hatását kiküszöbölni - mesterséges vadmentő dombok	Nagy- és apróvadak
Természetvédelmi területek növelése	- hirtelen emelkedő, magas vízszint káros hatású - invazív fajok terjedésének megakadályozása - puffer területek kijelölése	Nemzeti Parkok; Védett területek, Természetmegőrzési területek, SPA, pSCI
Vizes élőhelyek fenntartása és kialakítása	- biodiverzitás fenntartása; - tájészttétikai értékek fenntartása - megfelelő mennyiségű és minőségű víz	Természetes és mesterséges tavak, víztározók, csatornák, holtágak, wetland-ek, eltemetett folyómedrek, mélyfékvésű területek, stb.

Az időszakosan jelentkező szélsőséges vízmozgás speciális, többcélú tájhasznosítást igényel. Egyes értelmezések szerint a belvízzel erősen veszélyeztetett területek mezőgazdasági hasznosítását teljes mértékben kerülni kell, helyette a természetvédelem vehetné át a vezető szerepet. Itt azonban meg kell jegyezni, hogy a természetvédelemi beavatkozásoknak is jelentős költsége van – külön kiemelve az állami szerepvállalás szükségességét –, melynek megtérülését csak az ökológiai szolgáltatások által nyújtott bevételektől remélhetjük. Ezzel ellentétben a másik értelmezés jóval komplexebb, integrált szemléletű, együttműködésen alapuló megközelítést jelent, miszerint a táblaszintű mezőgazdasági fejlesztéseket és beavatkozásokat össze kell hangolni a térségi (vízgyűjtő szintű vízkészlet-gazdálkodás) és tájgazdálkodási stratégiákkal.

5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK, FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEK

A belvíz jelenség ok-okozati összefüggéseinek matematikai-statisztikai vizsgálata során arra a következtetésre jutottam, hogy a talajtani hatótényező határozza meg leginkább az elöntést, majd sorban a földhasználati, domborzati, talajvíz, földtani és végül a hidrometeorológiai hatótényező következik. Ebből következőleg megvan a földhasználó lehetősége, hogy a talaj vízháztartási viszonyait szabályozza, ugyanis a legtöbb esetben a talajok nehéz textúrája jelenti a belvíz kialakulása szempontjából a legnagyobb problémát, emiatt célszerű megfontolni a talajművelésben (pl. periodikus mélyművelés, talajlazítás) és a meliorációban rejlő lehetőségeket, mellyel a talaj szerkezetét és vízforgalmát javíthatjuk. Az elmúlt időszakban bekövetkező környezeti, gazdasági és társadalmi változások során a belvízvédelem/belvízgazdálkodás területén újra kell definiálni a feladatok végrehajtásának módját és mértékét, párhuzamban a tájgazdálkodás és a földhasználat területi szerkezetének módosításával, ugyanakkor figyelembe véve az ökológiai és az ökonómiai követelményeket. Felül kell vizsgálni a rendelkezésre álló vízrendszerek használatát, mennyiben illeszthetők a belvízgazdálkodás (területi vízvisszatartás) céljaihoz, milyen műszaki módosításokat igényelnek, milyen költséggel valósíthatók meg, milyen üzemeltetési többletköltségekkel járnak (Bozán *et al.*, 2015). Kiemelt feladat a területi vízvisszatartási potenciál felmérése, mely a domborzati szempontból alkalmas mélyfekvésű területek leválogatását, a jellemző talajviszonyok meghatározását, a földhasználók tulajdonosi viszonyainak, szándékainak, érdekeinek, az összegyülekező belvíz minőségi, mennyiségi és időbeli változásának az értékelését jelenti (Bozán, 2018). Az újragondolt rendszerek esetén olyan célokat kell megfogalmazni, amelyeket egyrészt a fenntarthatóság elve mentén elvárhatunk (pl. környezet- és természetvédelmi célok, a víztestek jó ökológiai állapota), másrészt pedig közvetett vagy közvetlen gazdasági haszonnal járnak (vízelvezetés, vízvisszatartás, víztározás). Kiemelt szempont, hogy a visszatartott, betározott vízkészleteknek milyen hasznosíthatósági alternatívái vannak (pl. halastavi tógazdálkodás, öntözéses gazdálkodás, energiaültetvények). Ezek mellett azt is figyelembe kell venni, hogy nem minden tavasszal van belvízi lefolyás, esetenként több belvízmentes időszak is követheti egymást, ekkor a kialakult vízhasznosítási igények kielégítését valamilyen alternatív vízellátási megoldással kell helyettesíteni. Figyelembe kell venni, hogy a vízvisszatartás/tározás területi lehatárolása az aktuális belvízöblözet vagy belvízrendszer adottságaitól függ, amit célszerű az igény oldaláról megközelíteni (alsóvezérlés),

ugyanakkor a terület belvíz-veszélyeztetettségi vizsgálatán kell alapulnia. A vízvisszatartás tervezésének az egyik alapvető problematikája, hogy a víz sem térben, sem pedig időben nem feltétlenül ott jelenik meg és akkor, ahol és amikor szükség lenne rá. Fontos szempont az összegyülekezett (bel)vizek minősége (tápanyagok, szermaradványok stb.), éppen ezért a pontszerű és diffúz szennyező források felderítésére, lokalizálására, illetve kezelésére kiemelt figyelmet kell fordítani (pl. agrotechnikák összehangolása, vízminőség-kárelhárítás, létesített vizes élőhelyeken történő vízkezelés, vízfrissítés, vízpótlás stb.). Gondolni kell az előtött terület környezetére is, tehát az egész hatásterület vizsgálatát kell előirányozni a talajvízszint-emelkedés, az esetleges talajdegradáció vagy a túlnedvesedés szempontjából. Nyilvánvaló, hogy a belvízöblözetek/belvízrendszerek új típusú működtetése új mezőgazdálkodási lehetőségeket, ugyanakkor korlátokat is teremt, ami újabb kutatásokat indukál, a lokális léptéktől a regionalitás felé (Bozán, 2018).

Fejlesztési lehetőségek

A veszélyeztetettségi térképezés módszertanában megvan a lehetőség új tényezők alkalmazására megfelelő minőségű adatbázisok esetén. Jelenleg „csak” múltbéli adatokra támaszkodhatunk, azonban a veszélyeztetettségi térképezés dinamikai elemei (területhasználat, vízkormányzás, éghajlati scenáriók) további fejlesztéseket igényelnek. A *hidrometeorológiai hatótényező* jól kifejezi a területek humiditási jellemzőit, azonban az Országos Meteorológiai Szolgálat nagy felbontású hőmérséklet és csapadék adatai alapján újabb segédváltozók állíthatók elő (halmozott csapadék minimumok és maximumok, hőösszegek, összegzett hó hiánya stb.). A *talajtani hatótényező* fejlesztésére lokális léptékű felmérések során van lehetőség, illetve az egyre inkább teret nyerő pedotranszfer függvények alkalmazásával. A *domborzati hatótényező* esetén a DDM fejlesztésében jelentős potenciál van (LIDAR felvételezések). A *földtani hatótényező* esetén a feltáró fúrások adataival tovább lehet finomítani a meglévő adatbázist, elsősorban lokális szinten. A *talajvíz hatótényező* fejlesztése szempontjából különösen fontos környezeti segédváltozó lehet az áramlási rendszerek integrálása a módszertanba, illetve a feláramlási területek pontos lehatárolása és kellő súllyal történő figyelembe vétele. A *földhasználati hatótényező* esetén a NÖSZTÉP adatbázis lehet kitörési pont, bár a CLC50-es területhasználati kategóriák nem lennének mellőzhetők. Az öntözött és meliorált területek adatbázisa komoly előrelépést jelenthetne. A mederbeli lefolyás és tározás számítása szempontjából elkerülhetetlen úgy a belvízelvezető

csatornák, mint az öntöző és kettős funkciójú csatornák, vagy éppen az állandó és ideiglenes belvíztározók figyelembe vétele. A területi vízháztartás szempontjából meghatározó jelentősége van a természetvédelemnek, különösen a NATURA 2000-es területeknek. A *belvíz-gyakorisági térkép* elkészítéséhez egyrészt a terepi (in-situ) felvételezések módszertanának pontosítására van szükség, másrészt pedig a légi felvételezés és a távérzékelés nyújt lehetőséget úgy az elöntések pontos lehatárolására, mint a kétfázisú területek leválogatására. Véleményem szerint egy egységes metodikán alapuló, országos léptékű belvíz-elöntési téradatbázis megteremtése elengedhetetlen. A *Komplex Belvíz-veszélyeztetettségi Mutató* végeredményben a közelmúltbeli helyzeteket jeleníti meg. Az adatmodell (elsősorban a peremfeltételek és a paraméterezés) változtatásával a jelenlegitől markánsan különböző viszonyok elemzése is megtörténhet. Így modellezni lehet a beavatkozások hatásait vagy éppen a vízkészletek jövőjére vonatkozó feltételezéseket is. *Éghajlati szempontból* az IPCC forgatókönyvek mentén érdemes gondolkodni. A *vízkezelés* tekintetében három eshetőséget vehetünk figyelembe, úgymint a jelenleg is funkcionáló belvízvédkezést, másrészt a szivattyús átemelés elhagyását (csak gravitációs vízelvezetés), harmadrészt pedig a teljes mértékű víz visszatartás alkalmazását. Nyilvánvaló, hogy a felvázolt szélsőségek közt számos átmenet van. A *területhasználat* tekintetében egyelőre sok a bizonytalanság, ugyanis a változások nyomán követése sok tekintetben nehezen megoldható, ami elsősorban adathiányra vezethető vissza (pl. öntözött területek, meliorált területek, szennyvíz elhelyezések, agrotechnikai beavatkozások stb.).

A belvíz-veszélyeztetettségi térképezés fejleszthető a környezeti modellezésben egyre gyakrabban alkalmazott geostatistikai módszerrel, az ún. regresszió krigeléssel (RK), melynek során a vizsgált jelenség térbeli változását a vele közvetlen vagy közvetett kapcsolatban lévő segédváltozók bevonásával modellezzük (Bozán et al., 2015). Az RK során a térképezendő sajátosságát először a környezeti hatótényezők többváltozós regressziójával becsüljük, majd a számított értékek és a tényleges adatok közötti eltérések térbeli interpolációja krigeléssel történik.

Mindezek alapján látszik, hogy még rengeteg lehetőség van arra mind a K+F, mind a műszaki fejlesztés, mind a mezőgazdasági, természetvédelmi, tájvédelmi hasznosítás, mind pedig a vízgazdálkodás oldaláról, hogy a belvíz, mint hidrológiai szélsőség szerepét és helyét tanulmányozzuk és megkíséreljük megérteni.

6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. A belvíz-veszélyeztetettség és a befolyásoló tényezők kapcsolatának összefüggését matematikai-statisztikai módszerekkel vizsgálva meghatároztam a Békés-Csanádi löszhát belvízi elöntését befolyásoló hat tényező (talajtani, földtani, domborzati, földhasználati, talajvíz, hidrometeorológiai) 0-5 közötti relatív skála értékét, illetve a belvízi elöntést okozó hatótényezők prioritási sorrendjét. A kapott eredmények szerint a talajtani adottság >>>>> a földhasználat típusa >>>> a domborzat jellegzetessége >>> a talajvízmozgás >> a földtani adottságok > és a hidrometeorológiai viszonyok sorrend a jellemző.
2. Igazoltam, hogy a Békés-Csanádi löszháton a talajvízfeltörés (földárja) jelensége érvényesül. Az eredményeim alapján alátámasztottam, hogy a Pearson-III eloszlási statisztikai modell a terület egészére vonatkozóan elfogadható közelítés a talajvízjárás lényegi törvényszerűségeire.
3. Kifejlesztettem a Komplex Belvíz-veszélyeztetettségi Mutatót ($KBM = (0,9 - 0,360 \cdot T + 0,033 \cdot FT - 0,025 \cdot FH - 0,017 \cdot D - 0,017 \cdot TV) \times 5 \cdot HUMI$) a területi regressziós vizsgálatok alapján és ezt figyelembe véve megszerkesztettem a Békés-Csanádi löszhát belvíz-veszélyeztetettségi térképét.
4. A hatótényező térképeket és a KBM integrált térképet a Jenks-féle módszerrel osztályoztam. Térhelyes adatok alapján összesítettem a Békés-Csanádi löszhát belvíz-veszélyeztetettségi kategóriák szerinti területi eloszlását, miszerint a vizsgált terület 1,5%-a nem, 5,5%-a mérsékelten, 8,1%-a közepesen, 72,5%-a erősen, míg 12,4%-a az igen erősen veszélyeztetett kategóriákba sorolható.
5. Meghatároztam a Békés-Csanádi löszhát belvizes területeinek hasznosítási lehetőségeit, melyeket differenciáltan hozzárendeltem a veszélyeztetettségi kategóriákhoz. A lehetőségek fő elemét a termőhelyspecifikus termesztéstechnológiában (művelés és növényzet) jelöltem meg.

7. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA

1. Mind a hatótényező-térképek, mind pedig a KBM térkép térhelyesen alkalmasak arra, hogy a belvíz kialakulásának ok-okozati összefüggéseit feltárva lokális és a regionális döntéshozatali folyamatok során mérvadó információkkal szolgáljanak.
2. A belvíz keletkezési okainak értelmezésével javaslat tehető a belvízöblözetek és rendszerek fejlesztésére, ezen belül is elsősorban az alsórendű csatornahálózatok módosítására, hogy a jelenlegi vízrendezettségi állapotot egy-egy öblözetben belül a levezetési prioritásokra építő cél-állapottal lehessen felváltani.
3. A vizsgálati területre elkészült belvíz-veszélyeztetettségi térkép, illetve a hatótényezők alapján levezetett veszélyeztetettségi térképek lehatárolják azokat a területeket, ahol a beavatkozás szükséges. Megállapítható, hogy adott területen melyik tényező a leginkább felelős a belvíz kialakulásáért, így lehetőség nyílik pl. a talajtani okokból kialakult belvízhelyzet közvetlen kezelésére pl. agrotechnikai megoldásokkal.
4. A földhasználat racionalizálásához a belvízi veszélyeztetettség mértéke megmutatja, hogy mely területeken érdemes a földhasználat módján változtatni, amelyre konkrét javaslatokat dolgoztam ki (pl. extrém veszélyeztetett területek kivonása a művelés alól; vizes élőhelyek létrehozása; tározók kialakítása, stb.).
5. Az eredmények segítik a döntéshozókat nagyobb léptékű programok előkészítésében (pl. Vízyűjtő-gazdálkodási Terv, Klímaadaptációs Terv, Meliorációs program, stb.), illetve konkrét beavatkozási pontok (pl. vízkormányzó művek fejlesztése/rekonstrukciója, öntözésfejlesztés, talajlazítás) meghatározásában és kivitelezésében. A földhasználati és vízgazdálkodási kérdések ágazatpolitikai stratégiai és operatív döntések meghozatalához módszertani érv- és háttéranyagot mutattam be.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

Az Alföld Közép-Európa legnagyobb sík területe. Kontinentális éghajlatú, de óceáni és mediterrán hatások is érvényesülnek. Az átlagos éves csapadék rendkívül magas területi és időbeli változékonyságot mutathat. Ilyen körülmények között a csapadék jelentős része elvész a felszíni lefolyás, a beszivárgás és a párolgás során, azonban a síkvidéki területeken a belvizek számos problémát okoznak és károsítják a mezőgazdasági területeket. A belvíz által veszélyeztetett területek mintegy 1,8 millió hektárt érintenek, amelyből 60% az Alföld szántóit jelenti. *Pálfai* (2000) szerint 5 éves gyakorisággal érintett terület mintegy 150000 hektárt tesz ki. A vizsgált Békés-Csanádi löszháton (1700 km²) a hagyományos összegyülekezési elvű belvízelöntéseken túl egyes években kialakulhatnak talajvízfeltörési jelenségek is, melyet a népnyelv találónan földárjának nevezett el. Az előzőeken túl a mintaterület kiválasztásának szempontjai voltak a területre jellemző domináns mezőgazdasági termelés, a nehéz szerkezetű talajviszonyok (jellemzően agyagos összetételű mezősi talajok, alacsony vízáteresztő képesség stb.) és az, hogy a területről hosszú idősoros adatok álltak rendelkezésre (meteorológia, talajvíz, belvízelöntések stb.).

A belvíz jelenség megértése miatt szakirodalmi feldolgozást végeztem, mely kiterjedt az ok-okozati összefüggések feltárására, a legnagyobb belvizes évek jellemzőire, a belvíz-veszélyeztetettségi térképezés módszertani különbségeire, a belvizes területek mezőgazdaságára és a belvizes területek hasznosíthatóságára.

A mezőgazdasági területek ésszerű és megelőző jellegű kezeléséhez megfelelő információ szükséges a belvíz térbeli és időbeli eloszlásáról. A belvíz keletkezése összetett folyamat, amelynek jellemzőit csak számos tényező figyelembevételével határozhatjuk meg.

A talajvízjárás specifikusságának meghatározása érdekében matematikai-statisztikai vizsgálatokat végeztem. Meghatároztam a vizsgálatba vont kutakban mért talajvízszintek eloszlásfüggvényeinek csúcosságát és ferdeségét, melynek alapján következtetéseket lehet levonni a kutak „használatát” illetően. Azok a kutak, ahol az empirikus eloszlásfüggvény ferdesége negatív előjelű, illetve a hozzá tartozó lineáris trend emelkedő, valószínűsíthető, hogy a kút környékén víz feltöltődés, ellenkező esetben vízkivonás történt. Az eredmények alapján feltételezhető, hogy a fizikai indoklással is alátámasztott statisztikai modell (Pearson III eloszlás) a terület egészére vonatkozóan elfogadható közelítés a talajvízjárás lényegi törvényszerűségeire.

Matematikai-statisztikai vizsgálatokat végeztem a befolyásoló tényezők súlyának a megállapításához is. A vizsgálat eredményei alapján a talajtani tényező határozza meg leginkább az elöntés kialakulását, majd ezt követi a földhasználat típusa, a domborzati jellemzők, a talajvízszint változása, a földtani adottságok és végül a hidrometeorológiai viszonyok.

A Békés-Csanádi löszháton GIS-alapú kvantifikációt végeztem a belvív-veszélyeztetettség térképezéséhez, melyhez korlátozott számú környezeti tényezőt alkalmaztam (talajtani, földtani, domborzati, földhasználati, talajvíz, hidrometeorológiai) és egy jól definiált és számszerűsített paramétert határoztam meg minden tényezőhöz (0,1-5-ig terjedő érték), melyet térben is reprezentáltam. Minél alacsonyabb a befolyásoló tényező értéke, annál nagyobb a szerepe a belvív kialakulásában:

1. Hidrometeorológiai hatótényező, HUMI: az éves súlyozott csapadék és a lehetséges párolgás hányadosának 10%-os előfordulási valószínűségű értéke;
2. Domborzati hatótényező, DOMB: relief-energia érték 20x20 méteres pixelben;
3. Talajtani hatótényező, TT: víznyelési sebesség alapján meghatározva a Kreybig és Várallyay-féle térképek felhasználásával;
4. Földtani hatótényező, FT: földtani térképek adatbázisának felhasználásával, agyagossági százalék alapján, a legfelső vízzáró réteg vastagságából és felszíntől való mélységéből számítva;
5. Talajvíz hatótényező, TV: 4 LNV átlag alapján számítva;
6. Földhasználati hatótényező, FH: a CORINE CLC50 adatbázis alapján számítva művelési ágak szerint.

A bemutatott hatótényezők digitális fedvényeit egymásra illesztettem, és a számított regressziós egyenlet alapján elkülönített módon összegeztem a hatótényezőket. Az egyes hatótényezőket, „független” változóként, a belvív-gyakorisági értékekkel („függő” változó) vettem össze. Többváltozós regresszió analízist alkalmaztam a befolyásoló tényezők szerepének meghatározásához, így biztosítva a súlyozást az alkalmazott tényezők lineáris becsléséhez. Tapasztalataim szerint a humiditási index a többváltozós regresszió analízis során torzította az eredményeket. Ennek következtében végül a regressziós egyenlettel meghatározott értéket még megszoroztam a HUMI-val és egy arányosító értékkel, melyet elneveztem Komplex Belvív-veszélyeztetettségi Mutatónak (KBM). A KBM az alábbi egyenlettel határozható meg:

$$\text{KBM} = (0,9 - 0,360 \cdot \text{TT} + 0,033 \cdot \text{FT} - 0,025 \cdot \text{FH} - 0,017 \cdot \text{DOMB} - 0,017 \cdot \text{TV}) \cdot 5 \cdot \text{HUMI}$$

Az egyenlet által szolgáltatott értékeket ezt követően a belvíz-veszélyeztetettség térkép összeállításához használtam, melyet Jenks-féle módszerrel osztályoztam (nem, mérsékelten, közepesen, erősen és igen erősen belvíz-veszélyeztetett kategóriákba sorolva). Az eredménytérkép alapján részleteiben tanulmányozható a belvíz-veszélyeztetettség térbeli eloszlása.

A veszélyeztetettség térkép számos vízgazdálkodási és földhasználati tervezéshez és fejlesztéshez hasznosítható (pl. földhasználat racionalizálás, vízrendezés, vizes élőhely rekonstrukció stb.). Ezen túl összegyűjtöttem a belvizes területek alternatív hasznosítási lehetőségeit (termőhely-specifikus termesztéstechnológia; erdősítés és gyepesítés; rét-, legelőgazdálkodás; gyümölcsösök; nádgazdálkodás; rizstermesztés; gyógy- és drognövénytermesztés; vízviasszatartás és tározás; halastavak, multifunkcionális tógazdaságok létesítése; legeltetési állattartás; turizmus-ökoturizmus; vadászati hasznosítás; természetvédelmi területek növelése; vizes élőhelyek fenntartása és kialakítása), melyet a veszélyeztetettség kategóriákhoz rendeltem.

9. ÖSSZEFOGLALÁS (ANGOL NYELVEN)

The Great Hungarian Plain is the largest flat area in Central Europe. It has a continental climate, but also oceanic and Mediterranean influences. The average annual precipitation may show extremely high spatial and temporal variability. Under these conditions, much of the precipitation is lost during surface runoff, infiltration and evaporation, but in lowland areas, excess waters cause a number of problems and damage on the agricultural lands. Areas endangered by excess water affect about 1.8 million hectares, of which 60% are arable land in the Great Hungarian Plain. According to *Pálfai* (2000), the area affected with a 5-year frequency is about 150,000 hectares. In the examined Békés-Csanád Loess Plateau (1700 km²), in addition to the traditional accumulation form of excess water inundation, groundwater upraising phenomena may also develop in some years. In addition to the above, the selection of the pilot area was based on the dominant agricultural production of the area, unfavorable soil conditions (typically clay soils, low water permeability, etc.) and on the available long time series data (meteorology, groundwater, excess water inundations, etc.).

In order to understand the excess water phenomenon, I conducted a literature exploration covering the cause and effect relationships of influential factors of excess water formulations, the characteristics of the greatest inundations of excess waters, the methodological differences of the excess water hazard mapping, the agricultural productions of excess water hazarded areas, and the utilization of excess water hazarded areas.

Reasonable and preventive management of agricultural lands requires adequate information on the spatial and temporal distribution of excess water inundations. The formation of excess water is a complex process, the characteristics of which can only be determined by considering a number of influential factors.

Mathematical-statistical studies were performed to determine the pointedness and skewness of the empirical distribution functions and for these reasons the conclusion can be drawn using of wells. On the one hand if the skewness of the empirical distribution function is positive, the confined water will be able to play a great part in compensating of groundwater level. On the other hand if it is negative, the groundwater will be able to

rush up. According to the results the theoretical distribution function (Pearson III.) is conforming to the empirical distribution function of the greater part wells.

Mathematical-statistical studies were performed to determine the weight of the influencing factors. Based on the results the soil factor mainly determines the excess water inundations, then land use, relief, groundwater, geology and finally hydrometeorology.

GIS-based quantification on the Békés-Csanád Loess Plateau was performed to map excess water hazard. Limited number of environmental factors (hydrometeorology, relief, soil, geology, groundwater, and land use) was considered and a well-defined and quantified parameter for each factor (values ranging from 0.1 to 5) was determined. The lower the value of the influencing factor, the greater its role in the formation of excess water inundations. Each factor was spatially represented:

1. Hydrometeorology factor (HUMI): the value of the quotient of the annual weighted precipitation and the possible evaporation with a probability of occurrence of 10%;
2. Relief factor (RELI): relief energy value in 20x20 meter pixels;
3. Soil factor (SOIL): determined on the basis of water infiltration rate using Kreybig and Várallyay maps;
4. Geology factor (GEOL): using a database of geological maps, based on the percentage of clay content, calculated from the thickness and depth of the uppermost aquitard (impermeable) layer;
5. Groundwater factor (GW): calculated on the basis of 4 HGL (highest groundwater level) average;
6. Land use factor (LU): calculated according to the CORINE CLC50 database by individually attributed to its categories.

The digital overlays of the presented factors was overlaid to each other according to the calculated regression equation. The individual factors, as “independent” variables, with the excess water frequency values (“dependent” variable) was compared. Multivariate regression analysis was used to determine the role of influencing factors, thus providing its weights for linear estimation of the applied factors. In my experience, the humidity index skewed the fitness in the multivariate regression analysis. As a result, the value determined by the regression equation was finally multiplied with HUMI and a proportional value. The indicator calculated by the regression equation was named

Complex Excess Water Hazard Index (CEWHI). CEWHI can be defined by the following equation:

$$\text{CEWHI} = (0.9 - 0.360 \cdot \text{SOIL} + 0.033 \cdot \text{GEOL} - 0.025 \cdot \text{LU} - 0.017 \cdot \text{RELI} - 0.017 \cdot \text{GW}) \cdot 5 \cdot \text{HUMI}$$

The values provided by the equation were then used to compile the excess water hazard map, which was classified by using the Jenks method (not, moderately, meanly, highly, and extremely hazarded areas). Based on the result map, the spatial distribution of excess water hazard can be studied in details.

The hazard map can be used for a number of water management and land use planning and development (e.g. land use rationalization, water management, wetland reconstruction, etc.). In addition, the alternative utilization opportunities for excess water hazarded areas was collected (site-specific cultivation technology; afforestation and grassing; meadow and pasture management; orchards; reed management; rice cultivation; medicinal and drug crop production; ecotourism, hunting utilization, increase of nature conservation areas, maintenance and development of wetlands), which was assigned to the hazard categories.

10. FELHASZNÁLT IRODALOM JEGYZÉKE

1. *Alcser J.*: 1961. A belvízgazdálkodás kutatási terveiben szereplő mezőgazdasági jellegű témák kutatása során eddig elért eredmények. Kézirat, Budapest.
2. *Andó M.*: 1974. Békés megye természeti földrajza. [In: *Krajko Gy. (szerk.): Békés megye gazdasági földrajza*]. Békés megyei Tanács Végrehajtó bizottsága, Békéscsaba. 13-84.
3. *Andó M.*: 2002. A Tisza vízrendszer hidrogeográfiája. Kiadja a SZTE Természeti Földrajz Tanszéke. Szeged. 168. ISBN: 963-482-585-0.
4. *Andrásfalvy B.*: 1973. A Sárköz ősi ártéri gazdálkodása. Vízügyi Történeti Füzetek, 6: 75.
5. *Ballanegger R. (szerk.):* 1953. Talajvizsgálati módszerkönyv. Mezőgazdasági kiadó, Budapest.
6. *Balló J.*: 1966. A belvízvédekezés jelentősége és tapasztalatai a Tiszántúlon. Vízügyi Közlemények, XLVIII. 1: 28–33.
7. *Bartholy J. – Pongrácz R. – Pieczka I. – Torma C.S.*: 2011. Dynamical downscaling of projected 21st century climate for the Carpathian Basin. [In: *Blanco J. (szerk.) Climate change – Research and technology for adaptation and mitigation*], Rijeka. 3–22. ISBN 978-953-307-621-8.
8. *Berényi D.*: 1942. Az utóbbi évek rendkívüli időjárásviszonyai a Tiszántúlon Mezőgazdasági Kamara területén. Tiszántúli Öntözési Közlemények. 3–36.
9. *Birkás M.*: 2000. Belvizes területek földművelési sajátosságai – Javaslatok a károk megelőzésére és enyhítésére. Tanulmány, SZIE Mezőgazdasági- és Környezettudományi Kar, Növénytermesztési Intézet, Gödöllő. 15.
10. *Birkás M.*: 2001. Talajművelés a fenntartható gazdálkodásban. Szent István Egyetem. Gödöllő. 292. ISBN: 963-9256-307.
11. *Birkás M. – Gyuricza Cs.*: 2000. A talajhasználat és a klimatikus hatások kapcsolata. [In: *Birkás M. – Gyuricza Cs. (szerk.): Talajhasználat – Műveléshatás – Talajnedvesség*]. Szent István Egyetem, Gödöllő. pp. 10–43.
12. *Bíró T.*: 2016. A hazai belvízkutatás néhány időszerű kérdése. Hidrológiai Közlöny, 96. 2: 5–13.
13. *Bíró T. – Thyll Sz. – Tamás J. – Lénárt Cs.*: 2000. Térinformatikai módszerek alkalmazása a belvíz-veszélyeztetettség térképezésében. MHT XVIII. Országos Vándorgyűlés II. kötet, Veszprém. 754–759.

14. *Blaskó L.*: 2011. Talajvédelem és talajhasználat belvizes területeken. [In: Patay I. (szerk.): Belvíz: Okok, következmények, megoldások]. MTA Agrártudományok Osztálya, Budapest. ISBN: 978-963-508-619-1. 39–51.
15. *Blaskó L. – Karkalik A.*: 2002. A Békés-Csanádi hátság talajainak állapota a Talajvédelmi Információs Monitoring (TIM) vizsgálati eredmények alapján. Szakértői jelentés. 58.
16. *Blaskó L. – Karuczka A.*: 2001. Különböző kicserélhető magnézium-tartalmú talajok néhány fizikai tulajdonsága, *Agrokémia és Talajtan*, 50. 3-4: 383–396.
17. *Bogárdi J.*: 1952. A csapadék és hőmérséklet hatása a talajvíztükör változására. MTA Műszaki Tudományok Osztálya Közleményei, 5. 4: 33–60.
18. *Borah D.K. – Bera, M.*: 2004. Watershed-scale hydrologic and nonpoint-source pollution models: review of applications. *American Society of Agricultural Engineers*, 47. 3: 789–803. ISSN 0001-2351.
19. *Bozán Cs.*: 2018. Az öntözéses gazdálkodás feltételeit befolyásoló természeti és humán tényezők áttekintése. [In: *Kemény G., Lámfalusi I., Molnár A.* (szerk.) *Az öntözhetőség természeti-gazdasági korlátainak hatása az öntözhető területekre.*]. Agrárgazdasági Könyvek. Agrárgazdasági Kutató Intézet, Budapest. 11-36. ISBN 978-963-491-603-1.
20. *Bozán Cs. – Körösparti J. – Pásztor L. – Kozák P. – Pálfai I.*: 2005. Mapping of excess water hazard in Csongrád county of Hungary. 19th ICID Congress and 56th IEC Meeting, Use of Water and Land for Food and Environmental Sustainability, Beijing, China. 9.
21. *Bozán Cs. – Bakacsi Zs. – Szabó J. – Pásztor L. – Pálfai I. – Körösparti J. – Tamás J.*: 2008. A belvíz-veszélyeztetettség talajtani összefüggései a Békés-Csanádi löszháton. Talajtani Vándorgyűlés, 2008. május 28-29., Nyíregyháza. Talajvédelem Különszám, 43–53. ISSN: 1216-9560; ISBN: 978-963-9909-03-8
22. *Bozán Cs. – Körösparti J. – Pásztor L. – Kuti L. – Kozák P. – Pálfai I.*: 2009. GIS-based mapping of excess water inundation hazard in Csongrád county (Hungary), Proceedings of the International Symposia on Risk Factors for Environment and Food Safety & Natural Resources and Sustainable Development, Faculty of Environmental Protection, November 6-7, Oradea 2009. 678–684.

23. *Bozán Cs. – Körösparti, J. – Pásztor, L. – Pálfai, I.* 2011.: Utilisation of excess water hazarded areas in Békés County of Hungary. *Növénytermelés* 60 Supplement 3. 349-352. DOI: 10.1556/Novenyterm.60.2011.Suppl.3.
24. *Bozán Cs. – Körösparti J. – Andrási G. – Túri N. – Kun Á. – Valentinyi K. – Pásztor L.*: 2015. Kedvezőtlen vízgazdálkodási állapotú mezőgazdaságilag művelt területek nagy felbontású belvíz-veszélyeztetettségi térképezése Magyarország síkvidéki területein (Alföld, Kisalföld, szórvány területek). Megbízó: ÁKK 2014 Konzorcium, OVF. NAIK ÖVKI, Szarvas. 69.
25. *Bozán Cs. – Körösparti J. – Andrási G. – Túri N. – Pásztor L.*: 2016. A belvíz-veszélyeztetettség térképezés kihívásai. [In. *Futó Z. (szerk.): Kihívások a mai modern mezőgazdaságban.*] 2016. november 24., Szarvas, Szent István Egyetemi Kiadó. 138–143. ISBN 978-963-269-594-5.
26. *Brkić M. – Dogan V. – Obradović D. – Živanov M.*: 2012. Hardware realization of measurement and monitoring system for level of groundwater. IX. Symposium Industrial Electronics INDEL, Banja Luka. 124–127.
27. *Burrough A.P. – McDonell A.R.*: 1988. Principles of Geographical Information Systems. Spatial Information Systems and Geostatistics. Ocford University Press, Oxford. 132–161.
28. *Büttner G.Y. – Maucha G. – Bíró M. – Kosztra B. – Pataki R. – Petrik O.*: 2004. National land cover database at scale 1:50000 in Hungary. *EARSeL eProceedings*, 3. 3: 323–330.
29. *Chung J.W. – Rogers J.D.*: 2011. Interpolations of groundwater table elevation in dissected uplands. *Groundwater*, 50. 4: 598–607.
30. *Cressie N.*: 1990. The Origins of Kriging. *Mathematical Geology*. 22. 239–252.
31. *Curran P.J.*: 1988. The semivariogram in remote sensing: An introduction. *Remote Sensing of Environment*. 24. 493–507.
32. *Csallner A.E.*: 2015. Bevezetés az SPSS statisztikai programcsomag használatába. Jegyzet. SZTE Juhász Gyula Pedagógus Kar, Szeged. 133.
33. *Csekő Á.*: 2003. Árvíz- és belvízfelmérés radar felvételekkel. *Geodézia és Kartográfia*, 2: 16–22.
34. *Csendes B. – Mucsi, L.*: 2016. Inland excess water mapping using hyperspectral imagery. *Geographica Pannonica*, 20. 4: 191–196.
35. *Csománé Szabó K.*: 1968. Különböző valószínűségű talajvízállások meghatározása. *Vízügyi Közlemények*, 50. 2: 268–274.

36. Csornai G. – Lelkes M. – Nádor G. – Wirnhardt Cs.: 2000. Operatív árvíz- és belvív-monitoring távérzékeléssel. *Geodézia és Kartográfia*, 52. 5: 6–12.
37. Dajka I. – Bacskai A.: 2012. A belvízvédkezés tapasztalatai 2009-2011 között, a FETIVIZIG működési területén. MHT 30. Országos Vándorgyűlése, Kaposvár, 2012. július 4-6. ISBN 978-963-8172-29-7.
38. Daniels E.B. – Camp J.V. – LeBoeuf E.J. – Penrod J.R. – Dobbins J.P. – Abkowitz M.D.: 2011. Watershed Modeling and its Applications: A State-of-the-Art Review. *The Open Hydrology Journal*, 5: 26–50.
39. Dely F. – Westsik V. – Bencsik Gy.: 2010. Belvív képződési és belvív információs rendszer fejlesztése. *Geodézia és Kartográfia*, 9: 25–29.
40. Dunka S.: 1996. A Hortobágyi Medence régi vizei és a tógazdálkodás. *Vízügyi Történeti Füzetek*, 14: 95. ISBN: 96304-6932-4.
41. Env-in-Cent: 2001. Pest megye belvív helyzetének feltárása és elemzése. Env-in-Cent Környezetvédelmi Tanácsadó Iroda (koordinátor Pálvölgyi T.). Budapest.
42. Enyedi Gy.: 1964. A Délkelet-alföld mezőgazdasági földrajza. *Földrajzi Monográfiák VI.* Akadémiai Kiadó, Budapest. 316.
43. Faragó P.: 2002. Békés megye területrendezési terve, VÁTI Kht., Budapest.
44. Fehér F. – Szalai Gy.: 1986. A meliorációs kutatás, tervezés és gyakorlat fejlesztésének időszerű feladatai mezőgazdasági területeken. *Hidrológiai Közöny*, 66. 3: 128–132.
45. Frisnyák S.: 2001. A kultúrtáj kialakulása és terjedése az Alföldön. Magyar Földrajzi Konferencia kiadványa, Szeged. 7.
46. Gábris Gy.: 1986. Alföldi folyóink holocén vízhozamai. MTA regionális Kutatások Központja, Alföldi Kutatócsoport. *Alföldi tanulmányok XIII*: 35–53.
47. Gálya B.: 2018. Aszály és belvív jelenségek összehasonlító értékelése. Doktori disszertáció, DE, Debrecen. 148.
48. Gazdag L.: 1963. A Maros régi vízfolyásai és elhagyott folyammedrei az Alföldön. Doktori disszertáció, ELTE, Budapest.
49. Goda L. – Zsuffa I.: 1994. Vízrajzi adatok homogenitásának vizsgálata a kétmintás Szmirnov-Kolmogorov próba élesített változatával. *Hidrológiai Közöny*, 74. 3: 172–180.
50. Grohmann C.H. – Steiner S.S.: 2008. SRTM resample with short distance-low nugget kriging. *International Journal of Geographical Information Science*. 22. 895–906.

51. *Halbac-Cotoara-Zamfir R. – Gunal H. – Birkas M. – Rusu T. – Brejea R.*: 2015. Successful and Unsuccessful Stories in Restoring Despoiled and Degraded Lands in Eastern Europe. AENSI Journals, Advances in Environmental Biology 9. 23: 368–376. ISSN-1995-0756, EISSN-1998-1066.
52. *Hanusz I.*: 1895. A nagy Magyar Alföld földrajzi jellemképekben. Metzger Béla Kiadása, Kecskemét. 297.
53. *Hartyányi L.*: 1966. A belvízrendezés és a mezőgazdaság. Békési Élet, 1966. 2: 49–60.
54. *Hunyadi L. – Mundroczó Gy.–Vita L.*: 2000. Statisztika, Aula Kiadó Kft. 883. ISBN: 0689000216026.
55. *Huzsvai L. – Vincze Sz.*: 2012. SPSS-könyv. Seneca Books. 325. ISBN 978-963-08-5666-9.
56. *Ijjas I.*: 2002. Területi vízgazdálkodás. [In: *Somlyódy L.* (szerk.) A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései] Magyar Tudományos Akadémia, Budapest. 245–275. ISBN: 963-508-333-5.
57. *IPCC.*: 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, *R.K. Pachauri and L.A. Meyer* (eds.)] IPCC, Geneva, Switzerland. 151.
58. *Jánosa A.*: 2011. Adatelemzés SPSS használatával. Computerbooks. 376. ISBN: 9789636183684.
59. *Jánossy A.* (szerk.): 1968. Herefajok termesztése és nemesítése. Akadémiai Kiadó, Budapest. 435.
60. *Jenks G.F.*: 1967. „The Data Model Concept in Statistical Mapping”. International Yearbook of Cartography, 7: 186–190.
61. *Jolánkai Zs.*: 2014. Application of the WaterRisk integrated hydrological model in a small Hungarian plain land watershed, the Tisza-Maros-szög. Second Conference of Junior Researchers in Civil Engineering. 228–234.
62. *Joó I.*: 1998. Magyarország függőleges irányú mozgásai. Geodézia és Kartográfia 50. 9: 3–9.
63. *Julian J.P. – Davies-Colley R.J. – Gallegos C.L. – Tran T.V.*: 2013. Optical water quality of inland waters: A landscape perspective. Annals of the Association of American Geographers 103. 2: 309–318.

64. *Kalmárné Vass E.*: 1999. Az emberi tevékenység hatása a körös vidék jellegzetes talajaira. Doktori disszertáció, Pannon Agrártudományi Egyetem, Keszthely. 141.
65. *Kienitz G.*: 1974. A síkvidéki, befolyásolt összegyülekezési folyamat hidrológiai modellje, a modell leírása. VITUKI, Budapest. 68.
66. *Kiss I.*: 1989. A pusztaföldvári Harangos-ér vízfeltörései. Hidrológiai közlöny, 69. 1: 59–61.
67. *Kiss I.*: 1990. A vízfeltörések formái és szerepük a szikes területek kialakulásában. Hidrológiai közlöny, 70. 5: 281–287.
68. *Kling Z. – Becsákné Tornay E. – Balogh E.*: 2003. Az 1999 téli és 2000 tavaszi belvizek kialakulása, sajátosságai és a belvízvédekezés tapasztalatai. XXI. Országos Vándorgyűlés, Szolnok. 17.
69. *Knotters M. – Brus D.J. – Voshaar J.H.O.*: 1995. A comparison of kriging, co-kriging and kriging combined with regression for spatial interpolation of horizon depth with censored observations. Geoderma, 67. 3-4: 227–246.
70. *Koncsos L. (szerk.)*: 2011. Jövőképtől a vízkészlet kockázatig. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék. 268. ISBN 978-963-313-060-5.
71. *Korpás A.-né (szerk.)*: 2012. Általános statisztika I. Nemzeti Tankönyvkiadó. 231. ISBN: 9789631955071.
72. *Kovács E.*: 2014. Többváltozós adatelemzés. Typotex Kft., Budapest. 252. ISBN-13 978-963-2792-43-9.
73. *Kovács Gy.*: 1977. Nagy síkságok különleges hidrológiai adottságainak jellemzése. Vízügyi Közlemények, 59. 4: 575–608.
74. *Kozák P.*: 2006. A belvízjárás összefüggéseinek vizsgálata az Alföld délkeleti részén, a vízgazdálkodás európai elvárásainak tükrében. Doktori értekezés, Szegedi Tudományegyetem, Szeged. 86.
75. *Kozák P.*: 2009. Belvízi kockázat térképezés végrehajtásának eddigi tapasztalatai. MHT 27. Országos Vándorgyűlés, Baja. 8. ISBN 978-963-8172-23-5.
76. *Kozma Zs. – Muzelák B. – Koncsos L.*: 2013. A belvízi jelenségek integrált hidrológiai modellezése – Tapasztalatok a Szamos-Kraszna közti mintaterületen. MHT 31. Országos Vándorgyűlése, Gödöllő. 20. ISBN 978-963-8172-31-0.
77. *Kozma Zs. – Parditka G.*: 2011. A WateRisk Integrált Hidrológiai Modell. [In: *Koncsos L. (szerk.) Jövőképtől a vízkészlet kockázatig*]. Budapesti Műszaki és

- Gazdaságtudományi Egyetem, Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék, Budapest. 15–56. ISBN 978-963-313-060-5.
78. *Kozma Zs.*: 2013. Belvízi szélsőségek kockázatalapú értékelésének és modellezési módszertanának fejlesztése. Doktori értekezés. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest. 97.
 79. *Körösparti J. – Bozán Cs.* 2010. Nagy felbontású digitális terepmodell alkalmazása a 74-es mezőberényi belvízrendszer belvíz-veszélyeztetettségi térképezésében. Magyar Hidrológiai Társaság XXVIII. Vándorgyűlése. Konferencia Proceedings, CD-ROM. 2010. július 7-9., Sopron. 18. ISBN 978-963-8172-25-9.
 80. *Körösparti J. – Bozán Cs.* 2013. Belvizes területek alternatív hasznosítási lehetőségeinek értékelése, és a belvíz tározására alkalmas területek lehatárolása Békés megyében. Magyar Hidrológiai Társaság XXXI. Vándorgyűlése. Konferencia Proceedings, CD-ROM. 2013. július 3-5., Gödöllő. 18. ISBN 978-963-8172-31-0.
 81. *Körösparti J. – Bozán Cs. – Andrási G. – Túri N. – Takács K. – Laborczi A. – Pásztor L.* 2016. Geostatisztikai módszerek alkalmazása a belvíz-veszélyeztetettségi térképezésben. Magyar Hidrológiai Társaság XXXIV. Vándorgyűlése. Konferencia Proceedings, CD-ROM. 2016. július 6-8., Debrecen. 15. ISBN 978-963-8172-35-8.
 82. *Kreybig L.*: 1942. Talajvízvonulatok tanulmányozása a Körös-Tisza-Maros közén. Budapest, Kézirat, 10.
 83. *Kreybig L.*: 1946. Mezőgazdasági természeti adottságaink és érvényesülésük a növénytermesztésben. Magyar Mezőgazdasági Művelődési Társaság kiadványa, Budapest. 384.
 84. *Kreybig L. (szerk.):* 1953. Az agrotechnika tényezői és irányelvei. Akadémiai Kiadó, Budapest. 518.
 85. *Kreybig L.*: 1956. Az agrotechnika tényezői és irányelvei. 2. bővített kiadás. Akadémiai Kiadó, Budapest. 819.
 86. *Kuti L. – Kerék B. – Vatai J.*: 2006. Problem and prognosis of excess water inundation based on agrogeological factors. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 1. 1: 5–18.
 87. *Láng I. – Csete L. – Jolánkai M. (szerk.):* 2007. A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. A VAHAVA jelentés. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest. 225.

88. *Licskó B.*: 2009. A belvizek légi felmérésének tapasztalatai. XXVII Országos vándorgyűlés, Baja. 11.
89. *Ligetvári F.* (szerk.): 1999. Mezőgazdasági vízgazdálkodás 2. Vízügy. Debreceni Agrártudományi Egyetem Mezőgazdasági Víz- és Környezetgazdálkodási Főiskolai Kar, Szarvas. 165.
90. *Marosi S. – Somogyi S.*: 1990. Magyarország kistájkatasztere I.-II. MTA FKI, Budapest. 1023. ISBN: 9789637395093.
91. *Márton Gy.*: 1914. A Maros alföldi szakasza és fattyúmedrei. Földrajzi Közlemények, 52: 282–301.
92. *Mattyasovszky J.*: 1957. Felületi elfolyó vizek keletkezése és az erózió. MTA Agrártudományok Osztály Közleményei, XI. 1-4: 163–170.
93. *Mezősi G. – Bata T. – Blanka V. – Ladányi Zs.*: 2017. A klímaváltozás hatása a környezeti veszélyekre az Alföldön. Földrajzi Közlemények, 141. 1: 60–70.
94. *Mihályfalvy I.*: 1966. Hozzászólások a szegedi belvízvédelmi értekezleten elhangzott előadásokhoz. In: Belvízvédelmi értekezlet Szegeden. Vízügyi Közlemények, 68. 1: 42–44.
95. *Mike K.*: 1991. Magyarország ösvízrajza és felszíni vizeinek története. AQUA Kiadó, Budapest. 698. ISBN: 963-602-552-5.
96. *Mosonyi F.*: 1954. Országos Vízgazdálkodási Kereterv. A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei, 14. 4: 395.
97. *Mucsi L. – Henits L.*: 2010. Creating excess water inundation maps by sub-pixel classification of medium resolution satellite images. Journal of Environmental Geography, 3. 1-4: 31–40.
98. *Nagy J. – Nagy O.*: 2018. Fenntartható agrárgazdálkodás a klímaváltozás tükrében – Sustainable agricultural management in view of climate change. Magyar Tudomány, 179. 9: 1327–1335. DOI: 10.1556/2065.179.2018.9.6.
99. *Nátor I.*: 2001: A mezőgazdasági termelés jövedelmezőségének összefüggései Békés megye főbb termékpályáin. Tájékoztató anyag. Békés Megyei Önkormányzati Hivatal, Területfejlesztési Osztály, Kézirat, Békéscsaba.
100. *NTKSZ*: 2002. A Békés-Csanádi löszhát jellemző talajai (térkép). Növény- és Talajvédelmi Központi Szolgálat, Térinformatikai Osztály, Budapest.
101. *Nyíri L.* (szerk.): 1993. Földműveléstan. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 438. ISBN: 0559001224996.

102. *Odeh I.O.A. – Mcbratney A.B. – Chittleborough D.J.*: 1995. Further results on prediction of soil properties from terrain attributes: Heterotopic cokriging and regression-kriging. *Geoderma*, 67. 3-4: 215–226.
103. *Orlóci I.*: 1991. Rendszerelvű kutatások a Tisza hazai vízgyűjtőjén. *Hidrológiai Közlöny*, 71. 4: 202–208.
104. *Orlóczy I. – Schlegel O.*: 1967. Jelentősebb belvízvédelkezéseink összehasonlító értékelése. *Vízügyi Közlemények*, 49. 1: 51–71.
105. *Oroszlány I.*: 1965. Vízgazdálkodás a mezőgazdaságban. *Mezőgazdasági Kiadó*, Budapest. 318.
106. *Varga M. (szerk.)*: 1984a. A vízgazdálkodás fejlesztésének alapjai és irányai (A Vízgazdálkodási Keretterv összefoglalása). *VITUKI*, Budapest. 74. ISBN: 963-602-314x.
107. *Varga M. (szerk.)*: 1984b. Országos Vízgazdálkodási Keretterv (mellékletek). *VITUKI*, Budapest. ISBN: 963-602-314x.
108. *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. [In: *Barton G. – Dormány G. (szerk.)* II. Magyar Földrajzi Konferencia] SZTE TTK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék. 9. ISBN 963-482-687-3.
109. *Pálfai I.*: 1981a. Talajvíz-feltörések a Maros hordalékkúpján. *Vízgazdálkodás*, 11-12: 10–11.
110. *Pálfai I.*: 1981b. Síkvidéki területek vízrendezésének értékelése. Összefoglaló az 1981. évi kerettervi vizsgálatokról, Kézirat, Szeged. 25.
111. *Pálfai I.*: 1982. A belvízi veszélyeztetettség területi mutatója. MHT III. Országos Vándorgyűlés I. kötet, Debrecen. 385–390.
112. *Pálfai I.*: 1983. A Maros hordalékkúpjának hidrológiai kérdései, *Hidrológiai Közlöny*, 63. 2: 89–94.
113. *Pálfai I.*: 1986. Talajvízfeltörések a Dél-Alföldön, *Földtani Kutatás*, 29. 4: 33–37.
114. *Pálfai I.*: 1987. A belvíz-veszélyeztetettség mértékének meghatározása. *Hidrológiai Tájékoztató*, 2: 13–15.
115. *Pálfai I.*: 1988. Belvízi elöntések az Alföldön., *Alföldi Tanulmányok*. MTA Regionális Kutatások Központja, Alföld Tudományos Intézet Békéscsabai Osztály. Békéscsaba. XII: 7–33.

116. *Pálfai I.*: 1992. Belvízzel veszélyeztetett területek az Alföldön. Kézirat. Környezetgazdálkodási Intézet, Környezetvédelmi Tájékoztató Szolgálat, Budapest.
117. *Pálfai I.*: 1994a. Talajvízfeltörések a Dél-Alföldön. Földtani Kutatás, 23. 4: 33–37.
118. *Pálfai I.*: 1994b. Az Alföld belvíz-veszélyeztetettségi térképe. Vízügyi Közlemények, 76. 3: 278–290.
119. *Pálfai I.*: 1996. A talajnedvesség és a talajvízállás változásai az Alföldön. Vízügyi Közlemények, 78. 2: 207–218.
120. *Pálfai I.*: 2000. Az Alföld belvízi veszélyeztetettsége és aszályérzékenysége. Békéscsaba. A Nagyalföld Alapítvány Kötetei, 6: 206–219.
121. *Pálfai I.*: 2001. A belvíz definíciói. Vízügyi Közlemények, 83. 3: 376–392.
122. *Pálfai I.*: 2003. Magyarország belvíz-veszélyeztetettségi térképe. Vízügyi Közlemények, 85. 3: 510–524.
123. *Pálfai I.*: 2004. Belvizek és Aszályok Magyarországon. Hidrológiai tanulmányok. VITUKI, Budapest. 492.
124. *Pálfai I.*: 2006. Belvízgyakoriság és belvízkárok Magyarországon. Hidrológiai Közöny, 86. 5: 25–26.
125. *Pálmai M.*: 1956. A Szeged környéki vadvizek. Földrajzi Közlemények, 80. 1: 39–47.
126. *Pásztor L.*: 2018. Célspecifikus térbeli predikciók kidolgozása feladatorientált, térképi alapú talajinformációk előállítására. MTA Doktori Értekezés, Budapest. 159.
127. *Pásztor L. – Pálfai I. – Bozán Cs. – Körösparti J. – Bakacsi Zs. – Szabó J.*: 2009. Quantifying and mapping lowland excess water hazard. [In: *Faz Cano A. – Mermut A.R. – Arocena J.M. – Ortiz Silla R.* (szerk.) Land degradation and rehabilitation – Dryland ecosystems]. Advances in GeoEcology, 40: 185–190.
128. *Pécsi M.* (szerk.): 1969. Magyarország tájföldrajza 2. kötet, Tiszai Alföld. Akadémiai Kiadó. 381.
129. *Petrasovits I. – Balogh J.*: 1969. Növénytermesztés és vízgazdálkodás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 248.
130. *Petrasovits I. – Balogh J.*: 1975. Növénytermesztés és vízgazdálkodás (Második, átdolgozott, bővített kiadás). Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 316. ISBN: 96-230-355-5.

131. *Petrasovits I. – Vajdai I.*: 1982. A termőhelyi víztöbbletek termelést korlátozó hatásai. [In: *Petrasovits I.* (szerk.). Sík vidéki vízrendezés és gazdálkodás]. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 19–37.
132. *Petrasovits I.*: 1959. A növények víztűrőképességéről. Hidrológiai Közlöny, 39. 4: 285–289.
133. *Petrasovits I.*: 1982. Sík vidéki vízrendezés és gazdálkodás. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 332.
134. *Pinke Zs.*: 2012. Aszály-, belvízkárok és az árvízvédelmi ökoszisztéma szolgáltatás értékelésének szerepe a belvizes területek vizes élőhelyé alakításában. Tájökológiai Lapok, 10. 2: 271–286.
135. *Pintér Á. – Jónás Gy.-né – Kissné M.Cs. – Németh I. – Tamula L.-né*: 1983. A magyarországi termőterületek vízhiányainak jellemzése. Kézirat, Vízgazdálkodási Intézet.
136. *Radics L.*: 2001. Alternatív növények termesztése I. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest. 328. ISBN: 9789633563267.
137. *Rakonczi J. – Csató Sz. – Mucsi L. – Kovács F. – Szatmári J.*: 2003. Az 1999. és 2000. évi alföldi belvizek kiértékelésének gyakorlati tapasztalatai. [In: *Szlávik L.* (szerk.): Tiszavölgyi árvizek és belvizek a XX. és XXI. század fordulóján] Vízügyi Közlemények Különszám, 4: 317–336.
138. *Rakonczi J. – Farsang A. – Mezősi G. – Gál N.*: 2011. A belvízképződés elméleti háttere. Földrajzi Közlemények, 135. 4: 339–349.
139. *Rakonczi J. – Farsang A. – Mezősi G. – Gál N.*: 2011. The conceptual background of the formation of inland excess water. Földrajzi Közlemények, 135. 4: 339–349.
140. *Rakonczi J. – Mucsi L. – Szatmári J. – Kovács F. – Csató Sz.*: 2001. A belvizes területek elhatárolásának módszertani lehetőségei. Magyar Földrajzi Konferencia, Szeged. 14. ISBN-963-482-544-3.
141. *Ravasz T.*: 1972. A vízrendezés mezőgazdasági alapjai. A BME Továbbképző Intézetének kiadványa. Tankönyvkiadó, Budapest. 78.
142. *Rétháti L.*: 1965. A talajvíz évi menetgörbéjének sajátosságai. Hidrológiai Közlöny, 45. 6: 241–252.
143. *Rétháti L.*: 1974. Talajvíz-idősorok homogenitásvizsgálata. Hidrológiai Közlöny, 54. 1: 1–9.

144. *Réthy Zs.*: 1986. A Körösök vidéke. Megjelent a szerző gondozásában, Békéscsaba. 71. ISBN: 963-01-7635-1.
145. *Romanescu G. – Stoleriu C. – Zaharia C.*: 2011. Territorial Repartition and Ecological Importance of Wetlands in Moldova (Romania). *Journal of Environmental Science and Engineering*, 5. 11: 1435–1444.
146. *Rónai A.*: 1956. A Magyar medencék talajvize, az Országos Talajvíztérképező Munka eredményei 1950-1955. A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve 46. 1: 245.
147. *Rónai A.*: 1961. Az Alföld talajvíz térképe (Magyarázó a talajvíztükör felszín alatti mélységének 1:200000-es méretű térképéhez). Magyar Állami Földtani Intézet. Budapest. 102.
148. *Rónai A. – Boczán B. – Kilényi É. – Wein Gy. – Széles M.*: 1969: The Geological Atlas of the Great Hungarian Plain. Szolnok. MÁFI, Budapest. 15p. + térkép
149. *Rónai A.*: 1985. Az Alföld negyedidőszaki földtana. *Geologica Hungarica. Series Gologica*, 21: 412.
150. *Ruttkay A. – Tilesch S. – Veszprémi B.*: 1964. Nádgazdálkodás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 260.
151. *Ruzsányi L.*: 2000. Hidrometeorológiai szélsőségek növénytermesztési értékelése. [In: *Nagy J. – Pepó P. (szerk.): Talaj, növény és környezet kölcsönhatásai*] IV. Nemzetközi Tudományos Szeminárium. DE ATC, Debrecen. 145–161.
152. *Sajtos L. – Mitev A.*: 2007. SPSS kutatási és adatelemzési kézikönyv. Alinea Kiadó, Budapest. 402. ISBN 978-963-9659-08-7.
153. *Salamon P.*: 1966. Vízrendezések. Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem, Mérnöki kar, Szakmérnöki tagozat, Mérnöki Továbbképző Intézet kiadványa (M. 166.), Kézirat. Tankönyvkiadó, Budapest. 283.
154. *Shi K. – Lu H. – Li L.*: 2013. Absorption characteristics of optically complex inland waters: Implications for water optical classification. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 118. 2: 860–874.
155. *Simonné K.I. (szerk.)*: 1983. A rizs termesztése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 292. ISBN: 963-231-647-9.
156. *Sobrino J.A. – Franch B. – Mattar C. – Jimenez-Munoz J.C. – Corbari C.*: 2012. A method to estimate soil moisture from Airborne Hyperspectral Scanner (AHS) and ASTER data: Application to SEN2FLEX and SEN3EXP campaigns. *Remote Sensing of Environment*, 117: 415–428.

157. *Somlyódy L. – Nováky B. – Simonffy Z.*: 2010. Éghajlatváltozás, szélsőségek és vízgazdálkodás. MTA KSZI Klímavédelmi kutatások koordinációs iroda, Budapest. In: *Csete, L.* (Ed.), „Klíma-21” füzetek klímaváltozás – hatások – válaszok, 61: 15–32.
158. *Somlyódy L.* (szerk.): 2011. Köztisztületi Stratégiai Programok: Magyarország vízgazdálkodása: Helyzetkép és stratégiai feladatok. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest. 336.
159. *Somogyi S.*: 2001. Ösföldrajzi és morfológiai kérdések az Alföldről. Földrajzi értesítő, 16: 319–337.
160. *Sümeghy J.*: 1942a. Az Alföld földtani felépítése és a belvizek feltörése. [In: *Pichler J.* (szerk.). Az árvíz- és belvízvédalom időszerű kérdéseiről]. A Központi Bizottság 1941. és 1942. évben tartott gyakorlati tájékoztató előadásai. A Tisza-Dunavölgyi Társulat Központi Bizottságának Kiadványa, Budapest. 139–149.
161. *Sümeghy J.*: 1942b. Az Alföld földtani felépítése és a belvizek feltörése. A Magyar Mérnök- és Építész Egylet vízépítési szakosztályának a Tisza-Duna völgyi Társulattal és a Magyarhoni Földtani Társulat hidrológiai szakosztályával – annak 25. Éves jubileuma alkalmával február 3-án tartott ülésén elhangzott előadás anyaga. 9.
162. *Sümeghy J.*: 1944. A Tiszántúl. M. Kir. Földtani Intézet. Budapest. 208.
163. *Sváb J.*: 1973. Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 517.
164. *Szabó J.* (szerk.): 1977. A melioráció kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 394. ISBN: 963-230-255-9.
165. *Szabó J.*: 1861. Geológiai viszonyok és talajnemek ismertetése. I. Füzet. Békés és Csanád megye. Magyar Földrajzi Konferencia Kiadványa.
166. *Szabó P. – Horányi A. – Krüzselyi I. – Szépszó G.*: 2011. Az Országos Meteorológiai Szolgálat regionális klímamodellezési tevékenysége: ALADIN-Climate és REMO. 36. Meteorológiai Tudományos Napok, beszámoló kötet, 88–101.
167. *Szabolcs I.*: 1961. A vízrendezések és öntözések hatása a tiszántúli talajképződési folyamatokra. Akadémiai Kiadó, Budapest. 369.
168. *Szalóki S.*: 1967. Az elárasztás hatása a talaj oxigén-ellátottságára, redox-viszonyaira, légzésére és a növények károsodására, ÖKI, Szarvas. Öntözéses Gazdálkodás, 1: 53–63.

169. Szalóki S.: 1974. A talajvíz hatása néhány szántóföldi növény fejlődésére és szerepe azok vízellátásában. ÖKI, Szarvas. Öntözéses Gazdálkodás, 9. 2: 81–94.
170. Szanyi G.: 2002. A felszínalatti vízáramlások szerepe a Békés-Csanádi hát kedvezőtlen vízgazdálkodási állapotú területeinek kialakulásában. Szakértői jelentés. Szeged. 11.
171. Szász G.: 1994. Magyarország éghajlata és annak változékonysága. [In: *Cselőtei L. – Harnos Zs. (szerk.): Éghajlat, időjárás, aszály, I. Az időjárás változékonysága és annak hidrológiai vonatkozásai*] MTA Aszály Bizottság, Budapest. 59–104.
172. Szathmáry G.: 1957. Gyógynövénytermesztés. Kézirat. Kertészeti és Szőlészeti Főiskola, Budapest.
173. Szatmári J. – Szijj N. – Mucsi L. – Tobak Z. – van Leeuwen B. – Lévai Cs. – Dolleschall J.: 2011. A belvízelöntések térképezését és a belvízképződés modellezését megalapozó térbeli adatgyűjtés. [In.: *Lóki J. (szerk.) Az elmélet és gyakorlat találkozása a térinformatikában II.*]. DE, Debrecen. 27–35. ISBN: 978-963-318-116-4.
174. Szatmári J. – Tobak Z. – van Leeuwen B. – Dolleschall J.: 2011. A belvízelöntések térképezését megalapozó adatgyűjtés és a belvízképződés modellezése neurális hálózattal. Földrajzi Közlemények, 135. 4: 351–363.
175. Szatmári J. – van Leeuwen B. (szerk.): 2013. Inland Excess Water – Belvíz – Suvišne Unutrašnje Vode. Szegedi Tudományegyetem, Szeged. Újvidéki Egyetem, Újvidék. 154. ISBN:978-963-306-263-0; 978-86-7031-338-5.
176. Szesztay K.: 1958. Tájékoztató adatok a vízfelületek párolgásáról. Vízügyi Közlemények, 1958. 2: 178–204.
177. Szesztay K.: 1980. A vízgazdálkodás vízháztartási adottságai Magyarországon. Vízügyi Közlemények, 58. 3: 351–367.
178. Szlávik L.: 2004. Árvíz- és belvízvédelem. Egyetemi jegyzet, Mezőgazdasági vízgazdálkodási szakirányú továbbképzési szak, Budapest-Gödöllő. 151.
179. Szűk T.: 1966. A belvízkárok csökkentésének és elhárításának lehetőségei. [In: *Belvízvédelmi értekezés Szegeden*]. Vízügyi Közlemények, 67. 1: 33–37.
180. Takács K. – Fülek Gy.: 2001. Középkori csatornarendszerek kutatása. Magyar Földrajzi Konferencia kiadványa, Szeged. 6.
181. Tamás J.: 2000. Térinformatika I-II. Debreceni Egyetem, ATC-MTK. Debrecen. 399.

182. *Tamás J.*: 2013. Gazdálkodás belvizes és aszályos területeken. Szaktudás Kiadó Ház Zrt., Budapest 152. ISBN:9786155224393.
183. *Tamás J. – Bozán Cs.*: 2009. Analysis of water stressed biomass productivity based on remote sensing data on the Békés-Csanád Loess Plateau. VIII. Alps-Adria Scientific Workshop, Neum, Bosnia-Herzegovina. Cereal Research Communications, 37 (Suppl.): 505–508. DOI: 10.1556/CRC.37.2009.Suppl.4
184. *Tasnádi R.*: 1997. A Szegedi Fehértó halgazdasága. A régmúlttól 1990-ig. Szegedi Mezőgazdasági Termelő és Szolgáltató Kft., Szeged. 168. ISBN: 963-04-8025-5.
185. *Thompson J.R. – Refstrup Sørensen H. – Gavin H. – Refsgaard A.*: 2004. Application of the coupled MIKE SHE/MIKE 11 modelling system to a lowland wet grassland in southeast England. Journal of Hydrology, 293: 151–179.
186. *Thyll Sz. – Bíró T.*: 1999. A belvíz-veszélyeztetettség térképezése. Vízügyi Közlemények, 81. 4: 709–718.
187. *Thyll Sz. – Bíró T.*: 2003. Vízrendezés. Egyetemi jegyzet. Mezőgazdasági vízgazdálkodás szakirányú továbbképzési szak, Budapest-Gödöllő. 245.
188. *Thyll Sz. – Fehér F. – Madarassy L.*: 1983. Mezőgazdasági talajcsövezés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 321. ISBN: 963-231-608-8.
189. *Tomor T. – Lénárt Cs. – Bíró T.*: 2007. Térinformatikai módszerek a síkvidéki belvíz kialakulásának előrejelzésére. TSF Tudományos Közlemények, 7. 1-3: 771–776.
190. *Tomor T.*: 2007. Térinformatikai módszerek alkalmazása a környezeti konfliktusok kezelésében. DE ATC, Doktori disszertáció. 151.
191. *Tóth B.*: 2000. Az aszály- és belvízhatást mérséklő erdőművelési technológiák. II. rész. [*Führer E.* (szerk.): Az aszály és a belvíz érvényesülése a Nagyalföld erdőművelésében]. Erdészeti Tudományos Intézet Kiadványai, 14: 91. ISSN 1417-5495, ISBN 963-7349-27-8.
192. *Tóth J. – Almási I.*: 2001. Interpretation of observed fluid potential patterns in a deepimentary basin under tectonic compression: Hungarian Great Plain, Pannonian Basin. Blackwell Science Ltd, Offprints, from Geofluids, 1. 1: 11–36.
193. *Tóth L.M.*: 1980. Belvízelöntési térképek szerkesztése. VITUKI Közlemények 28.
194. *Török I.Gy.*: 2001. A Száraz-ér története. Vízügyi Közlemények, 83. 2: 307–316.
195. *Ubell K.*: 1959. A talajvízháztartás és jelentősége Magyarország vízgazdálkodásában. Vízügyi Közlemények, 41. 2: 185–251.

196. *Urbancsek J.*: 1963. A földtani felépítés és rétegvíznyomás közötti összefüggés az Alföldön. *Hidrológiai Közlöny*, 43. 3: 205–209.
197. *Vágás I.*: 1989. A belvíz elvezetése. *Hidrológiai Közlöny*, 69. 2: 77–82.
198. *Vajdai I.*: 1974. A káros vízbősséggel (belvízzel) kapcsolatban eddig kialakult és újabban javasolt fogalmak és a károsodási formák ismertetése. *Agrártudományi Egyetem Közleményei*, 177–182.
199. *Vajdai I.*: 1975. A tavaszi időszakos káros vízbőség néhány közvetlen hatása szántóföldi növénytermesztésben, Kandidátusi értekezés, Gödöllő. 195.
200. *Vajdai I.*: 1981. A szántóföldi termelésben okozott károk. [In: *Kiss K. – Ororszlány I. – Vajdai I. (szerk.): Gazdálkodás belvizes területeken*]. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 80–110.
201. *Vámosi S.*: 2000. Belvizek hatása a területfejlesztésre. XVIII. Hidrológiai Vándorgyűlés, Veszprém. 73–86.
202. *Vámosi S.*: 2002. A belvizek hatása az alföldi régiók fejlesztésére. Doktori (PhD) értekezés, Debreceni Egyetem, Debrecen. 132.
203. *van Leeuwen B. – Mezősi G. – Tobak Z. – Szatmári J. – Barta K.*: 2012. Identification of inland excess water floodings using an artificial neural network. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 7. 4: 173–180.
204. *van Leeuwen B.*: 2012. Artificial neural networks and geographic information systems for inland excess water classification. PhD disszertáció, Szegedi Tudományegyetem. 111.
205. *Váradi J.*: 2000. Az állam vízügyi feladatai az Alföld vízkárelhárításában. Békéscsaba. A Nagyalföld Alapítvány Kötetei, 6: 206–219.
206. *Várallyay Gy. – Szücs L. – Murányi A. – Rajkai K. – Zilahy P.*: 1980a. Magyarország termőhelyi adottságait meghatározó tényezők 1:100.000 méretarányú térképe. *Agrokémia és Talajtan*, 29. 1-2: 35–76.
207. *Várallyay Gy. – Szücs L. – Rajkai K. – Zilahy P. – Murányi A.*: 1980b. Magyarországi talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak kategóriarendszere és 1:100000 méretarányú térképe. *Agrokémia és Talajtan*, 29. 1-2: 77–112.
208. *Várallyay Gy.*: 1985. Magyarország talajainak vízháztartási és anyagforgalmi típusai. *Agrokémia és Talajtan*, 34. 3-4: 267–300.
209. *Várallyay Gy.*: 2001. Vizes élőhelyek visszaállításának és fenntartásának talajtani alapjai. Készült a CT-028 KöM nyilvántartási számú megbízás alapján, MTA-TAKI, Budapest.

210. *Várallyay Gy.*: 2003. A mezőgazdasági vízgazdálkodás talajtani alapjai. Egyetemi jegyzet, Mezőgazdasági vízgazdálkodási szakirányú továbbképzési szak, Budapest-Gödöllő. 167.
211. *Varga P. – Keller E. – Popa Th.*: 1965. Fehérjedús takarmánynövények termesztése. Mezőgazdasági és Erdészeti Könyvkiadó, Bukarest. 112.
212. *Varsányi Z.-né*: 2000. Felszín alatti vízmozgási rendszerek elkülönítése a Dél-Alföldön, kémiai és izotópos vizsgálatok alapján. Hidrológiai közlöny, 80. 3: 145–156.
213. *Vinczeff I. (szerk)*: 1993. Legelő- és gyepgazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 400.
214. *VIZITERV*: 1999. A Tisza-völgy belvízvédelmi koncepciója. [*Garami F. (szerk.)*]. VIZITERV Consult Kft., Budapest.
215. *VKKI.*: 2011. Tájékoztató a 2010-2011 évi belvízi helyzetről. VKKI archívum. <http://www.vizugy.hu/index.php?module=content&programelemid=1&id=280>
216. *Völgyesi I.*: 2002. A Maros-hordalékkúp felszín alatti vízháztartása, I. Ütem-Modellezés előkészítése-Adatgyűjtés. Völgyesi Mérnökiroda Hidrológiai Szolgáltató Kft. Budapest. 9.
217. *Wackernagel H.*: 1995. Multivariate geostatistics. Springer-Verlag. Heidelberg, Germany. 256.
218. *Zsembeli J. – Szűcs L. – Tuba G. – Czibalmos R.*: 2015. Nedvességtakarékos talajművelési rendszer fejlesztése Karcagon. [In: *Madarász B. (szerk.)* Környezetkímélő talajművelési rendszerek Magyarországon: elmélet és gyakorlat]. MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, Budapest. 122–133.

11. MELLÉKLETEK

1. melléklet: A belvíz-veszélyeztetettségi térkép hatótényezőinek kialakítása során felhasznált alap és származtatott adatok és adatbázisok

Hidrometeorológiai hatótényező: A tényező előállításához szükséges a vizsgálati területen található csapadékmérő állomások (OVF, KÖVIZIG, ATIVIZIG, OMSZ) adatainak havi átlaga (11 db). Az evapotranspiráció kiszámításához hosszú idősoros hőmérséklet adatsorokat (4 db) alkalmaztam (1961-2016).

	Alapadat	Származtatott adat
Adattípus	idősoros adatbázis 4 meteorológiai állomásra (1961-2016)	digitális térképi fedvények
Adattartalom	a vizsgálati területen található meteorológiai állomások és vízügyi mérőhelyek csapadék és hőmérséklet adatai	a vizsgálati területen található meteorológiai állomások adataiból számított evapotranspirációs értékek felparametrizálása és térbeli kiterjesztése geomatematikai módszerekkel
Felbontás	az állomások sűrűségétől függő	50x50 méter
Aktualitás	archív és naprakész adatok	2016
Adatformátum	koordinátákhoz rendelt adattáblák	ArcView Shape, GeoTiff
Adatgazda	OVF, KÖVIZIG, ATIVIZIG, OMSZ	NAIK ÖVKI

Domborzati hatótényező: Elkészítéséhez a LECHNER Tudásközpont (FÖMI) által forgalmazott Digitális Domborzat Modellt alkalmaztam (1:10000).

	Alapadat	Származtatott adat
Adattípus	terepmodell	digitális térképi fedvények
Adattartalom	a vizsgálati terület diszkrét pontjaihoz rendelt magassági adatok	a magassági adatokból kialakított domborzati tényező (reliefenergia) térbeli kiterjesztése
Felbontás	1: 10000	50x50 méter
Aktualitás	2016	nem releváns
Adatformátum	koordinátákhoz rendelt Dbase adattáblák, raszter (ERS)	ArcView Shape, GeoTiff
Adatgazda	jogelőd FÖMI (LECHNER Tudásközpont)	NAIK ÖVKI

Talajtani hatótényező: Kialakításához a Kreybig Digitális Talajinformációs Rendszer (KDTiR), a Tájtermesztési lapokat és a Várallyay-féle vízgazdálkodási kategóriarendszer adatait használtam.

	Alapadat	Származtatott adat
Adattípus	térinformatikai adatbázis	digitális térképi fedvények
Adattartalom	talajok fizikai és kémiai tulajdonságai, tájtermesztési adatok	a számított talajtani paraméter térbeli kiterjesztése és egyéb környezeti segédváltozók
Felbontás	1:25000	1:25000
Aktualitás	2016	2016
Adatformátum	ArcView Shape poligon	ArcView Shape, GeoTiff
Adatgazda	ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet	NAIK ÖVKI

Földtani hatótényező: A tényező kialakításához Magyarország komplex földtani térképezése során mélyített sekélyfúrások terepi leírásait és laboratóriumban elemzett adatait, valamint megszerkesztett térképeit használtam fel.

	Alapadat	Származtatott adat
<i>Adattípus</i>	térképi fedvény	digitális térképi fedvények
<i>Adattartalom</i>	a vízzáró összletek térbeli kiterjedése és vastagsága sekélyföldtani fúrások adatai alapján	a számított földtani paraméter térbeli kiterjesztése
<i>Felbontás</i>	1: 100000	1: 100000
<i>Aktualitás</i>	2016	2016
<i>Adatformátum</i>	ArcView Shape	ArcView Shape, GeoTiff
<i>Adatgazda</i>	jogelőd MÁFI (Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat)	NAIK ÖVKI

Talajvíz hatótényező: A tényező kialakításánál hosszú idősoros talajvíz szint adatokat kerültek felhasználásra (26 db).

	Alapadat	Származtatott adat
<i>Adattípus</i>	idősoros adatbázis, térképi fedvény	digitális térképi fedvény
<i>Adattartalom</i>	talajvíz észlelő kutak koordinátái és vízszint értékei havi bontásban	a talajvízállásokból számított talajvíz paraméter térbeli kiterjesztése és a terepmodellhez illesztése ko-krigeléssel
<i>Felbontás</i>	az észlelőkutak sűrűségétől függ	50x50 méter
<i>Aktualitás</i>	1961-2016	2016
<i>Adatformátum</i>	Excel adattábla	ArcView Shape, GeoTiff
<i>Adatgazda</i>	OVF, KÖTIVIZIG, ATIVIZIG	NAIK ÖVKI

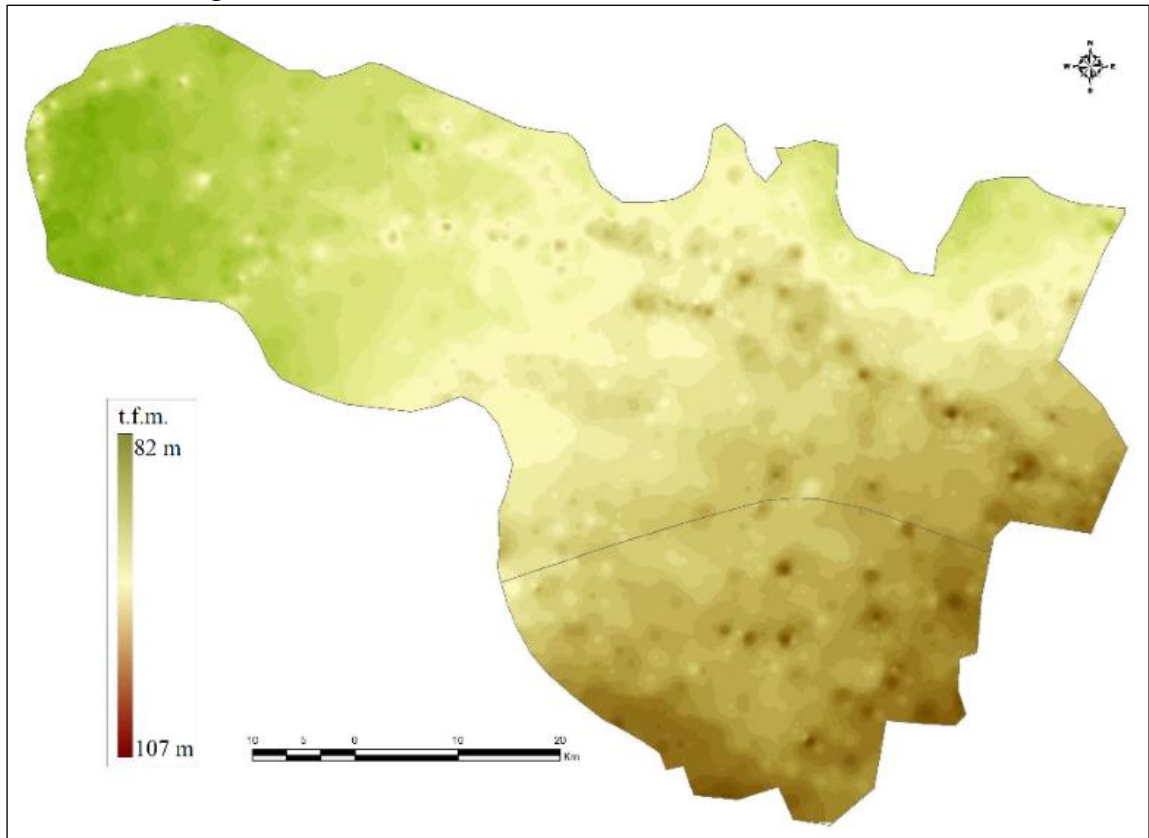
Földhasználati hatótényező: A területhasználati tényező a CLC50 térképi adatbázis területhasználati kategóriáira épül.

	Alapadat	Származtatott adat
<i>Adattípus</i>	térinformatikai adatbázis	digitális térképi fedvény
<i>Adattartalom</i>	területhasználati kategóriák	a veszélyeztetettség szempontok szerint értékelt területhasználat alapján számított területhasználati hatótényező térbeli kiterjesztése
<i>Felbontás</i>	1: 50000	1: 50000
<i>Aktualitás</i>	2003	nem releváns
<i>Adatformátum</i>	ArcView Shape poligon	ArcView Shape, GeoTiff
<i>Adatgazda</i>	jogelőd FÖMI (LECHNER Tudásközpont)	NAIK ÖVKI

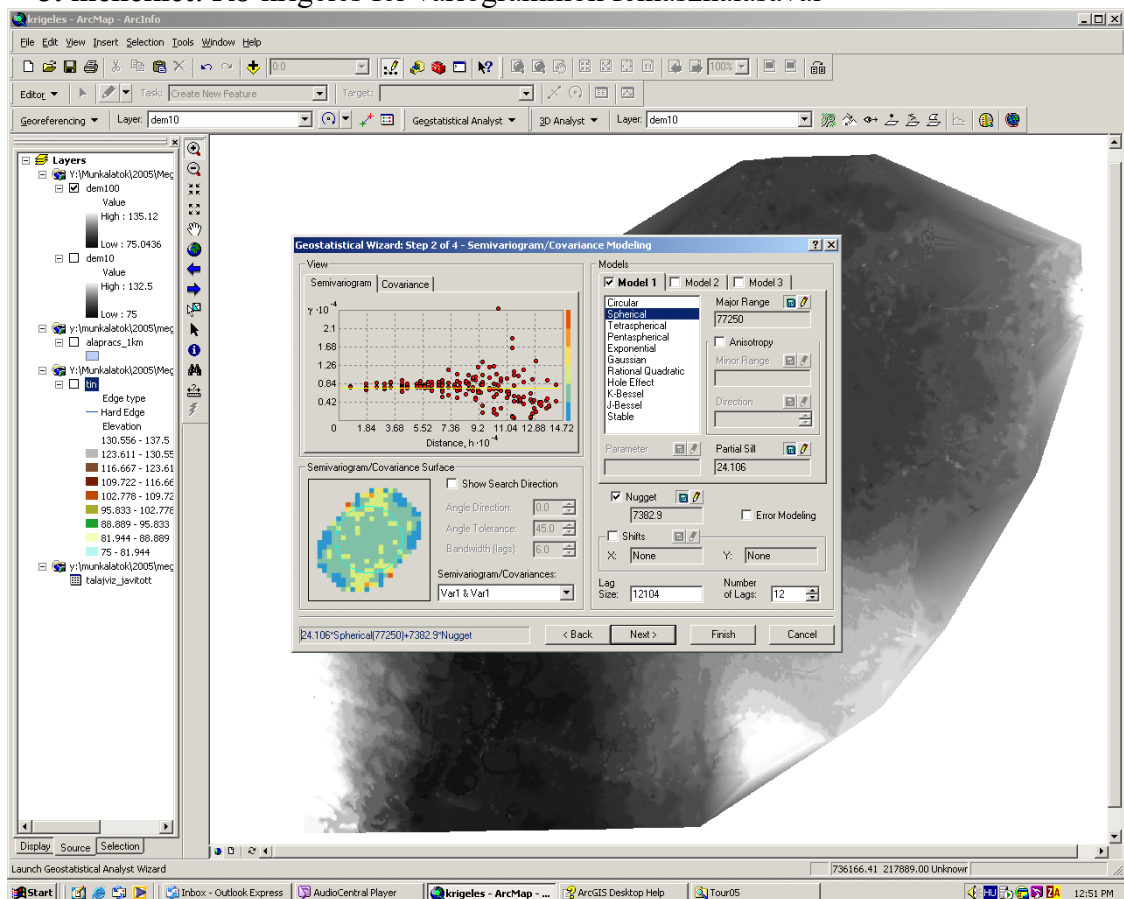
Belvíz-gyakoriság: A gyakorisági térkép elkészítéséhez a belvízi elöntések foltterképeit használjuk fel, az egyes elöntési események digitalizált foltjainak egymásra vetítésével.

	Alapadat	Származtatott adat
<i>Adattípus</i>	térinformatikai idősoros adatbázis	digitális térképi fedvény
<i>Adattartalom</i>	konkrét belvízelöntések adatai	elöntés gyakorisági térkép
<i>Felbontás</i>	1: 50000, 1:100000	1: 25000
<i>Aktualitás</i>	2016	2016
<i>Adatformátum</i>	ArcView Shape poligon	ArcView Shape, GeoTiff
<i>Adatgazda</i>	OVF, KÖVIZIG, ATIVIZIG	NAIK ÖVKI

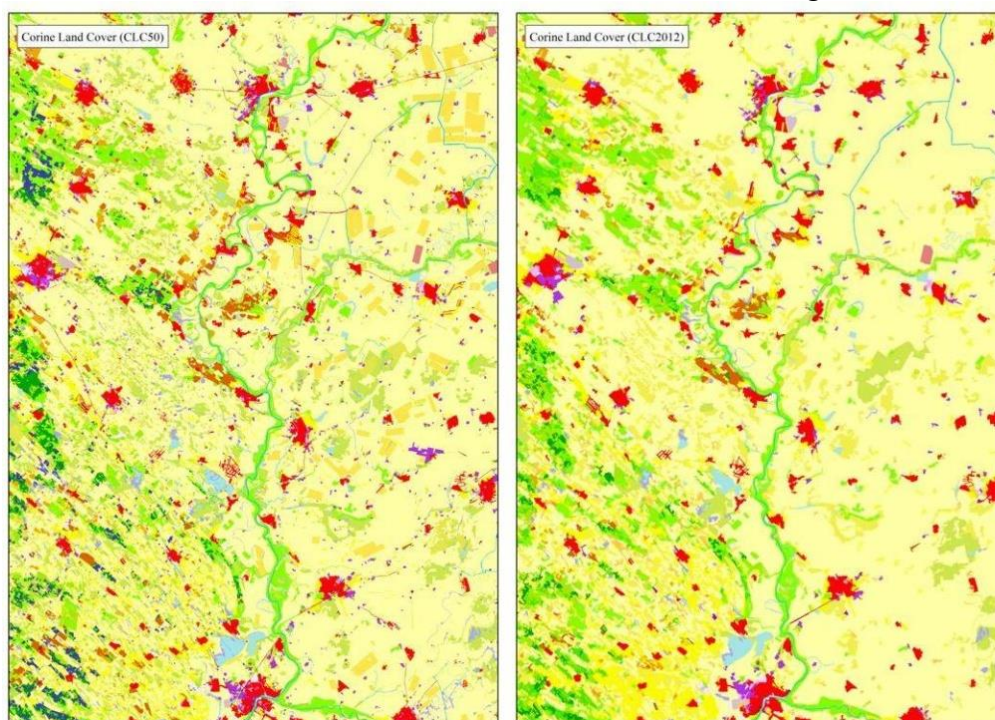
2. melléklet: Digitális Domborzati Modell, Békés-Csanádi löszhát



3. melléklet: Ko-krigelés fél-variogrammok felhasználásával



4. melléklet: A CLC50 és a CLC2012 közötti felbontásbeli különbség



5. melléklet: A HUMI 10%-os előfordulási értéke Orosháza példáján

Orosháza				
Év	P (mm)	E (mm)	PET (mm)	HUMI 10%
1961	635,0	901,2	630,7	1,01
1962	482,7	839,6	587,3	0,82
1963	601,0	941,4	658,7	0,91
1964	526,0	956,1	669,2	0,79
1965	829,0	883,2	618,3	1,34
1966	765,0	940,8	658,6	1,16
1967	656,2	1084,3	759,0	0,86
1968	514,5	1030,2	721,1	0,71
1969	606,5	948,4	663,9	0,91
1970	850,5	895,9	627,1	1,36
1971	534,0	943,1	660,2	0,81
1972	470,5	963,6	674,5	0,70
1973	439,5	980,0	686,1	0,64
1974	525,7	930,8	651,6	0,81
1975	568,0	998,2	698,7	0,81
1976	449,0	891,4	623,9	0,72
1977	741,2	969,8	678,8	1,09
1978	598,7	864,9	605,5	0,99
1979	598,7	977,7	684,4	0,87
1980	586,5	837,6	586,3	1,00
1981	634,7	951,1	665,7	0,95
1982	572,5	981,1	686,7	0,83
1983	364,5	997,4	698,2	0,52
1984	392,5	838,9	587,3	0,67
1985	480,7	871,9	610,3	0,79
1986	554,7	1006,7	704,7	0,79
1987	517,0	986,6	690,6	0,75
1988	580,7	857,1	600,0	0,97
1989	521,2	821,7	575,2	0,91
1990	443,5	823,1	576,2	0,77
1991	622,0	834,4	584,1	1,06
1992	417,7	952,5	666,8	0,63
1993	446,5	880,2	616,2	0,72
1994	626,5	996,9	697,8	0,90
1995	480,0	855,5	598,8	0,80
1996	666,0	940,1	658,1	1,01

1997	525,2	1031,1	721,8	0,73
1998	601,7	958,18	670,7	0,90
1999	746,2	999,6	699,7	1,07
2000	559,0	1076,6	753,6	0,74
2001	615,2	1050,8	735,6	0,84
2002	341,0	1115,0	780,5	0,44
2003	420,0	1131,1	791,8	0,53
2004	596,5	979,7	685,8	0,87
2005	700,7	960,4	672,3	1,04
2006	560,0	981,8	687,2	0,81
2007	450,0	1148,8	804,1	0,56
2008	483,4	1026,3	718,4	0,67
2009	478,4	1126,4	788,4	0,61
2010	809,1	890,1	623,1	1,30
2011	510,2	956,1	669,2	0,76
2012	358,3	1044,2	730,8	0,49
2013	647,1	948,1	663,6	0,97
2014	469,4	942,2	659,4	0,71

6. melléklet: A talajvíz hatótényező értékei a Békés-Csanádi löszhát területén

Sorszám/ Törzsszám	Kút	Terep mBf	LNV ₁ 1961-1991	LNV ₂ 1961-1991	LNV ₃ 1992-2016	LNV ₄ 1992-2016	LNV _{átlag} TV
480/2337	Battonya	102,29	1,76	1,90	1,92	1,95	1,88
426/2314	Csanádapáca	94,48	2,14	2,19	3,18	3,20	2,67
422/2808	Csorvás	92,18	1,87	1,91	1,76	1,76	1,82
424/2810	Csorvás	89,43	0,44	0,52	1,72	1,94	1,15
486/2345	Dombegyház	102,02	0,82	0,87	1,06	1,08	0,96
441/2820	Elek	94,95	0,67	0,77	0,49	0,80	0,68
403/2308	Fábiánsebestyén	85,09	2,33	2,37	1,03	1,05	1,69
410/2307	Gádos	87,42	2,42	2,49	2,76	2,76	2,61
425/2811	Gerendás	95,28	2,94	2,96	3,60	3,63	3,28
467/2328	Kardoskút	93,71	3,06	3,11	3,11	3,20	3,12
472/2331	Kaszaper	94,49	0,45	0,53	0,92	1,03	0,73
487/2341	Kevermes	99,86	0,14	0,30	0,89	0,93	0,56
483/2339	Kunágota	98,66	0,31	0,33	1,17	1,28	0,77
477/2335	Magyarbánhegyes	97,47	0,62	0,63	2,72	2,73	1,67
430/2315	Medgyesbodzás	95,86	0,85	0,89	1,21	1,27	1,05
473/2332	Mezőhegyes	99,83	2,25	2,27	2,40	2,43	2,33
485/2827	Nagykamarás	97,45	0,82	0,91	1,53	1,55	1,20
404/2302	Nagymágocs	83,39	0,85	0,88	0,39	0,44	0,64
1573/2427	Orosháza	91,66	0,16	0,24	0,44	0,45	0,32
412/2309	Orosháza	89,29	1,19	1,20	1,03	1,06	1,12
413/2310	Orosháza	88,28	0,55	0,61	2,83	2,99	1,74
384/2828	Orosháza-Kiscsákó	88,13	2,95	3,00	0,72	0,74	1,85
421/2312	Pusztaföldvár	92,11	0,43	0,47	1,03	1,03	0,74
436/2818	Szabadkigyós	89,37	0,75	0,79	0,81	0,81	0,79
433/2816	Újkigyós	64,51	3,45	3,62	1,97	2,19	2,80

7. melléklet: A Földhasználati hatótényező értékei a CORINE kategóriák szerint

Földhasználati kategória	Földhasználati tényező
1. Mesterséges felszínek	
1.1. Lakott területek	
1.1.2.2. Nem összefüggő, családi házas és kertés beépítés	0,6
1.1.2.3. Erdei környezetben lévő, nem-összefüggő beépítés	0,6
1.2. Ipari, kereskedelmi területek és közlekedési hálózatok	
1.2.1.1.2 Agrár létesítmények	0,6
1.2.2.1. Úthálózat és csatlakozó területek	0,3
1.2.2.2. Vasúthálózat és csatlakozó területek	0,3
1.2.4.2. Fűves kifutópályájú repülőterek	0,6
1.4. Mesterséges, nem mezőgazdasági zöldterületek	
1.4.1.1. Parkok	1,0
1.4.1.2. Temetők	1,0
1.4.2.1. Sport létesítmények	0,6
1.4.2.2. Szabadidő területek	0,6
1.4.2.3. Üdülő települések	0,6
2. Mezőgazdasági területek	

<i>2.1. Szántóföldek</i>	
2.1.1.1 Nagytáblás szántóföldek	1,0
2.1.1.2 Kistáblás szántóföldek	1,0
2.1.1.3 Melegházak	1,0
2.1.2.1 Állandóan öntözött szántó területek	0,85
2.1.3.1 Rizsföldek	0,3
<i>2.2. Állandó növényi kultúrák</i>	
2.2.1.1 Szőlők	2,5
2.2.1.1.1 Nagytáblás szőlők	2,5
2.2.2.1 Gyümölcsfa ültetvények	2,5
2.2.2.2. Bogyós ültetvények	2,5
2.2.2.3 Komló ültetvények	2,5
2.2.2.6 Fűzfa ültetvények	2,5
<i>2.3. Legelők</i>	
2.3.1.1. Intenzív legelők és erősen degradált gyepek bokrok és fák nélkül	0,6
2.3.1.2. Intenzív legelők és erősen degradált gyepek fákkal és bokrokkal	0,6
<i>2.4. Vegyes mezőgazdasági területek</i>	
2.4.2.1. Komplex művelési szerkezet épületek nélkül	1,0
2.4.2.2. Komplex művelési szerkezet szórt elhelyezkedésű épületekkel, tanyák	1,0
2.4.2.2.1 Komplex művelési szerkezet épületekkel	1,0
2.4.2.2.2 Tanyák	1,0
2.4.3.1. Mezőgazdasági területek túlsúlyban szántókkal és jelentős természetes vegetációval	1,0
2.4.3.2. Mezőgazdasági területek túlsúlyban intenzív legelőkkel és jelentős természetes vegetációval	0,6
2.4.3.3. Mezőgazdasági területek túlsúlyban szórt megjelenésű természetes vegetációval	1,0
2.4.3.4. Mezőgazdasági területek kis tavak jelentős részarányával és szórt természetes vegetáció előfordulásával	0,5
2.4.3.5. Mezőgazdasági területek állandó kultúrák jelentős előfordulásával, és szórt megjelenésű természetes vegetációval	2,0
3. Erdők és természetközeli területek	
<i>3.1. Erdők</i>	
3.1.1.1. Zárt lombkoronájú természetes lombhullató erdők nem vizenyős területen	5,0
3.1.1.2 Zárt lombkoronájú természetes lombhullató erdők, vizenyős területen	1,0
3.1.1.3. Nyílt lombkoronájú természetes lombhullató erdők nem vizenyős területen	5,0
3.1.1.4 Nyílt lombkoronájú természetes lombhullató erdők, vizenyős területen	1,0
3.1.1.5 Lombos erdő ültetvények	5,0
3.1.2.1. Zárt lombkoronájú természetes fenyőerdők	5,0
3.1.2.5 Tűlevelű ültetvények	5,0
3.1.3.1. Szálanként egyes természetes (lombos és fenyő) erdők zárt lombkoronával	5,0
3.1.3.5. Csoportosan egyes természetes erdők lombos és fenyő állományokkal, zárt lombkoronával	5,0
3.1.3.9. Egyes ültetvények	5,0
<i>3.2. Cserjés és/vagy lágyszárú növényzet</i>	
3.2.1.1. Természetes gyepek fák és cserjék nélkül	0,6
3.2.1.2. Természetes gyepek fákkal és cserjékkel	1,0
3.2.4.1. Fiatalos erdők és vágásterületek	3,0
3.2.4.3. Spontán cserjésedő-erdősődő területek	3,0
3.2.4.4. Csemetékertek, erdei faiskolák	3,0
3.2.4.5. Károsodott erdők	3,0
<i>3.3. Növényzet nélküli, vagy kevés növényzettel fedett nyílt területek</i>	
3.3.3.1. Ritkás növényzet homokon vagy löszön	0,6
3.3.3.2. Ritkás növényzet kőzetkibúváson	0,3
3.3.3.3. Ritkás növényzet szikes területeken	0,3
4. Vizenyős területek	
<i>4.1. Szárazföldi vizenyős területek</i>	
4.1.1.1. Édesvízi mocsarak	0,1
4.1.1.3. Szikes mocsarak	0,1
4.1.2.1. Tőzeglápok kitermelés alatt	0,1
4.1.2.2. Természetes tőzeglápok bokrok és fák szórványos előfordulásával	0,1
5. Vízfelületek	
<i>5.1. Kontinentális vizek</i>	
5.1.1.1. Folyóvizek	0,1
5.1.1.2. Csatornák	0,1
5.1.2.1. Természetes tavak	0,1
5.1.2.1.1. Állandó vízi természetes tavak	0,1
5.1.2.1.2 Természetes, időszakos, szikes tavak	0,1
5.1.2.2. Mesterséges tavak, víztározók, halastavak	0,1
5.1.2.2.1 Mesterséges tavak, víztározók	0,1
5.1.2.2.2 Halastavak	0,1

12. PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN



**DEBRECENI
EGYETEM**

**DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR**

H-4002 Debrecen, Egyetem tér 1, Pf.: 400
Tel.: 52/410-443, e-mail: publikaciok@lib.unideb.hu

Nyilvántartási szám: DEENK/274/2020.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Bozán Csaba
Doktori Iskola: Kerpely Kálmán Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10044982

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (4)

1. Körösparti, J., **Bozán, C.**, Pálfi, I., Orlóci, I., Kuti, L., Pásztor, L.: A Belvíz-veszélyeztetettség térképezésének fejlődése.
TSF Tudományos Közlemények. 7 (1-3), 611-615, 2007. ISSN: 1587-6179.
2. **Bozán, C.**, Körösparti, J., Pálfi, I., Pásztor, L., Kuti, L.: Mezőgazdasági területek belvízkockázati értékelése.
TSF Tudományos Közlemények. 7 (1-2), 431-436, 2007. ISSN: 1587-6179.
3. **Bozán, C.**, Körösparti, J.: Földárja a Dél-alföldön.
Hidrol. Közöny. 85 (3), 7-13, 2005. ISSN: 0018-1323.
4. **Bozán, C.**, Körösparti, J.: A talajvízjárás statisztikai vizsgálata a Békés-Csanádi löszháton.
Hidrol. Közöny. 83 (5), 257-262, 2003. ISSN: 0018-1323.

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (3)

5. **Bozán, C.**, Körösparti, J., András, G., Túri, N., Pásztor, L.: Inland excess water hazard on the flat lands in Hungary.
Columella. 4 (1), 45-48, 2017. ISSN: 2064-7816.
DOI: <http://dx.doi.org/10.18380/SZIE.COLUM.2017.4.1.suppl>
6. Tamás, J., **Bozán, C.**: Analysis of water stressed biomass productivity based on remote sensing data on the Békés-Csanád Loess Plateau.
Cereal Res. Commun. 37 (Suppl.), 505-508, 2009. ISSN: 0133-3720.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/CRC.37.2009.Suppl.4>
7. **Bozán, C.**, Tamás, J.: Land use risk evaluations on the Békés-Csanád loess plateau.
Cereal Res. Commun. 36 (4), 615-618, 2008. ISSN: 0133-3720.





Idegén nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (4)

8. **Bozán, C.**, Takács, K., Körösparti, J., Laborczi, A., Túri, N., Pásztor, L.: Integrated spatial assessment of inland excess water hazard on the Great Hungarian Plain.
Land Degrad. Dev. 29 (12), 4373-4386, 2018. ISSN: 1085-3278.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/ldr.3187>
IF: 4.275
9. Pásztor, L., Körösparti, J., **Bozán, C.**, Laborczi, A., Takács, K.: Spatial risk assessment of hydrological extremities: Inland excess water hazard, Szabolcs-Szatmár-Bereg County, Hungary.
J. Maps. 11 (4), 636-644, 2015. ISSN: 1744-5647.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/17445647.2014.954647>
IF: 1.435
10. Pásztor, L., Pálfi, I., **Bozán, C.**, Körösparti, J., Bakacsi, Z., Szabó, J.: Quantifying and mapping lowland excess water hazard.
Advances in GeoEcology. 40, 185-190, 2009. ISSN: 0722-0723.
11. **Bozán, C.**, Körösparti, J., Pásztor, L., Pálfi, I.: GIS-based quantifying and mapping of excess water inundation hazard on the South Great Hungarian Plain.
Sci. Bull. Polytech. Univ. Timisoara. Trans. Hydrotech. 53 (67/2), 119-122, 2008. ISSN: 1224-6042.

Magyar nyelvű konferencia közlemények (12)

12. **Bozán, C.**, Körösparti, J., András, G., Túri, N., Pásztor, L.: A belvíz-veszélyeztetettség térképezés kihívásai.
In: Kihívások a mai modern mezőgazdaságban : tudományos konferencia előadásai. Szerk.: Futó Zoltán, Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő, 138-143, 2016. ISBN: 9789632695945
13. Körösparti, J., **Bozán, C.**: Belvizes területek alternatív hasznosítási lehetőségeinek értékelése, és a belvíz tározására alkalmas területek lehatárolása Békés megyében.
In: A Magyar Hidrológiai Társaság által rendezett XXXI. Országos Vándorgyűlés dolgozatai, Magyar Hidrológiai Társaság, Gödöllő, 1-18, 2013. ISBN: 9789638172310
14. Körösparti, J., **Bozán, C.**: Szabolcs-Szatmár-Bereg megye belvíz-gazdálkodási lehetőségeinek felmérése a belvíz-veszélyeztetettség térképezés segítségével.
In: Magyar Hidrológiai Társaság XXX. országos vándorgyűlés. Szerk.: Szilágyi Lajos, Magyar Hidrológiai Társaság, Budapest, 1-20, 2012.
15. Körösparti, J., **Bozán, C.**: Hajdú-Bihar megye belvíz-veszélyeztetettség térképezése.
In: Magyar Hidrológiai Társaság XXIX. Országos Vándorgyűlése. Szerk.: L. Szilágyi, Magyar Hidrológiai Társaság, Budapest, 1-19, 2011.





16. Körösparti, J., **Bozán, C.**: Jász-Nagykun-Szolnok megye belvív-gazdálkodási lehetőségeinek felmérése a belvív-veszélyeztetettség térképezés segítségével.
In: VII. Alföldi Tudományos Tájgazdálkodási Nap : intézeti tudományos diákköri konferencia : 2011. november 17. : Magyar Tudomány Ünnepe : konferenciakiadvány. Szerk.: Barancsi Ágnes, Hernyák Gábor, Szolnoki Főiskola Műszaki és Mezőgazdasági Fakultás, Szolnok, 1-5, 2011. ISBN: 9789638933911
17. Körösparti, J., **Bozán, C.**: Nagy felbontású digitális terepmodell alkalmazása a 74-es mezőberényi belvízrendszer belvív-veszélyeztetettség térképezésében.
In: Magyar Hidrológiai Társaság XXVIII. országos vándorgyűlés. Szerk.: Szlávik Lajos, Magyar Hidrológiai Társaság, Budapest, 1-18, 2010. ISBN: 9789638172259
18. Körösparti, J., **Bozán, C.**, Pásztor, L., Kozák, P., Kui, L., Pálfi, I.: GIS alapú belvív-veszélyeztetettség térképezés a Dél-alföldön.
In: Magyar Hidrológiai Társaság XXVII. országos vándorgyűlés. Szerk.: Szlávik Lajos, Magyar Hidrológiai Társaság, Budapest, 1-14, 2009. ISBN: 9789638172235
19. **Bozán, C.**, Bakacsi, Z., Szabó, J., Pásztor, L., Körösparti, J., Tamás, J.: A belvív-veszélyeztetettség talajtani összefüggései a Békés-Csanádi löszháton.
Talajvédelem. Különszám, 43-53, 2008. ISSN: 1216-9560.
20. Körösparti, J., **Bozán, C.**: A földárjás területek vízgazdálkodási problémái.
In: A Magyar Hidrológiai Társaság XXVI. Országos Vándorgyűlése. Szerk.: Szlávik Lajos, Magyar Hidrológiai Társaság, Miskolc, 1-10, 2008.
21. **Bozán, C.**: Az Alföld különleges hidrológiai jelensége, a földárja.
In: IV. Alföldi Tudományos Tájgazdálkodási Napok. Szerk.: Kalmár, Imre, Tessedik Sámuel Főiskola Mezőgazdasági Főiskolai Kar, Mezőtúr, 1-5, 2004.
22. Pálfi, I., **Bozán, C.**, Herceg, Á., Kozák, P., Körösparti, J., Kuti, L., Pásztor, L.: Komplex Belvív-veszélyeztetettség Mutató (KBM) és Csongrád megye ez alapján szerkesztett belvív-veszélyeztetettség térképe.
In: A magyar földrajz kurrens eredményei: II. Magyar Földrajzi Konferencia. Szerk.: Barton Gábor, Dormány Gábor, SZTE TTK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged, 1-6, 2004.
23. **Bozán, C.**: Az időszakosan fellépő káros vízbőség közvetlen hatása néhány búzafajtára.
In: "Juteco 2002" : "Tessedik Sámuel Jubileumi Mezőgazdasági Víz- és Környezetgazdálkodási Tudományos Napok" : Szarvas, 2002. augusztus 29-30. : előadások és posztterek összefoglalói. Szerk.: Szabóné Komlószy Ildikó, Tessedik Sámuel Főiskola Mezőgazdasági Víz- és Környezetgazdálkodási Főiskolai Kar, Szarvas, 1-7, 2002. ISBN: 9632027191





Idegen nyelvű konferencia közlemények (10)

24. **Bozán, C.**, Körösparti, J., Pásztor, L., Pálfi, I.: Excess water hazard mapping on the South Great Hungarian Plain.
In: Proceedings of the 13th International Conference on Environmental Science and Technology. Ed.: T.D. Lekkas, University of the Aegean, Mitilini, 1-8, 2013.
25. **Bozán, C.**, Körösparti, J., Pásztor, L., Pálfi, I.: Utilisation of excess water hazarded areas in Békés County of Hungary.
Növénytermelés. 60 (3), 349-352, 2011. ISSN: 0546-8191.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/Novenyterm.60.2011.Suppl.3>
26. **Bozán, C.**, Körösparti, J., Pásztor, L., Kuti, L., Kozák, P., Pálfi, I.: GIS-based mapping of excess water hazard in Csongrád County (Hungary).
In: International Symposia Risk Factors for Environment and Food Safety and Natural Resources and Sustainable Development, Faculty of Environmental Protection, University of Oradea, Oradea, 977-985, 2009.
27. Pásztor, L., Pálfi, I., **Bozán, C.**, Körösparti, J., Szabó, J., Bakacsi, Z., Kuti, L.: Digital mapping of lowland excess water hazard.
In: Proceedings of the 15th International Congress of ISCO, Soil and Water Conservation, "Climate Change and Environmental Sensitivity". Ed.: Kertész Á., Várallyay Gy., Németh T., Füleky Gy., Sisák I, Geographical Research Institute of Hungarian Academy of Sciences, Budapest, 1-4, 2008. ISBN: 9789639545205
28. **Bozán, C.**, Körösparti, J., Pásztor, L., Kuti, L., Pálfi, I.: Mapping of excess water hazard in the region of south Hungarian Great Plain.
In: XXIVth Conference of the Danubian Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management. Ed.: Mitja Brilly, Mojca Sraj, Slovenian National Committee for the IHP UNESCO, Ljubljana, 1-7, 2008.
29. Pásztor, L., Pálfi, I., **Bozán, C.**, Körösparti, J., Szabó, J., Bakacsi, Z., Kuti, L.: Spatial stochastic modelling of inland inundation hazard.
In: AGILE 2006 : Proceedings of the 9th AGILE conference on geographic information science : shaping the future of geographic information science in Europe. Ed.: J. Suarez, B. Markus, University of West Hungary, Székesfehérvár, 139-143, 2006.
30. **Bozán, C.**, Pálfi, I., Pásztor, L., Kozák, P., Körösparti, J.: Mapping of excess water hazard in Békés and Csongrád counties of Hungary.
In: ICID 21st European Regional Conference Integrated Land and Water Resources Management: Towards Sustainable Rural Development : Conference Proceedings, [s.n.], [Frankfurt], 1-4, 2005.
31. **Bozán, C.**, Körösparti, J., Pásztor, L., Kozák, P., Pálfi, I.: Mapping of excess water hazard in Csongrád county of Hungary.
In: 19th ICID Congress and 56th IEC Meeting, Use of Water and Land for Food and Environmental Sustainability, [s.n.], Beijing, 1-9, 2005.





32. Pásztor, L., Pálfi, I., **Bozán, C.**, Körösparti, J., Bakacsi, Z., Szabó, J.: Quantifying and mapping lowland excess water hazard.
In: Fourth International Conference on Land Degradation. Ed.: A. Faz, R. Ortiz, Garcia, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, 1-4, 2004.
33. **Bozán, C.**, Körösparti, J.: Water uprush on the Békés-Csanád loess plateau.
In: XXIIInd Conference of the Danubian Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management : Erosion, sediment transport and sedimentation. Ed.: E. Soukalová, Brno University of Technology, Brno, 1-8, 2004.

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (1)

34. **Bozán, C.**, Körösparti, J., András, G., Túri, N., Pásztor, L.: A belvíz-veszélyeztetettség Magyarországi síkvidéki területein.
In: 42. Meteorológiai Tudományos Napok: A vízgazdálkodás meteorológiai vonatkozásai. Szerk.: Szalai Sándor, Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, 11, 2016. ISBN: 9789639931121

Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (4)

35. **Bozán, C.**, Túri, N., Kerecsi, G., Körösparti, J.: Applicability of inland excess water hazard maps.
In: Abstract book : 17th Alps-Adria Scientific Workshop. Ed.: by Kende Zoltán, Szent István Egyetemi Kiadó Nonprofit Kft., Gödöllő, 100-101, 2018. ISBN: 9789632697345
36. Körösparti, J., **Bozán, C.**: Mapping of excess water hazarded areas in Hungary.
In: International Conference: Natural and artificial Ecosystems in the Somes - Cris - Tisa River Basin : abstracts book, "Vasile Goldiş" Western University of Arad, Arad, 23, 2010.
37. Pásztor, L., Pálfi, I., **Bozán, C.**, Körösparti, J., Bakacsi, Z., Szabó, J.: Regionalization of lowland excess water hazard.
Geophys. Res. Abstr. 10, 1-2, 2008. ISSN: 1029-7006.





38. **Bozán, C.**, Körösparti, J., Pásztor, L., Kozák, P., Herceg, Á., Kuti, L., Pálfi, I.: Applicability of GIS techniques in excess water hazard mapping on the South Great Hungarian Plain.
In: XXIII. Conference of the Danube Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management : Conference Proceedings. Ed.: Stevan Bruk, Tioslav Petkovic, Ministry of Science and Environmental Protection of the Republic of Serbia, Belgrád, 122, 2006.

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 5,71

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre):
5,71**

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudománymetriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2020.10.01.



13. NYILATKOZATOK

NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetemen, a Kerpely Kálmán Doktori Iskola keretében készítettem, a Debreceni Egyetem doktori (Ph.D.) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2021.....

.....

Bozán Csaba

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy Bozán Csaba doktorjelölt 2005-2020 között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom.

Debrecen, 2021.....

.....

Dr. Tamás János, DSc

egyetemi tanár

témavezető

14. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, Dr. Tamás János professzor úrnak, aki mindvégig kitartóan támogatott, éles és építő kritikáival fejlesztett, kifogyhatatlan szakmai javaslataival segítette az eredményeim tudományos értékének emelését, amelyek nélkül nem készült volna el a dolgozatom.

Köszönettel tartozom azon intézményi háttérnek, amely biztosította a kutatásaimhoz szükséges feltételeket. A jogelőd Halászati és Öntözési Kutatóintézet (HAKI), majd a NAIK Öntözési és Vízgazdálkodási Kutatóintézet (ÖVKI) képviselte és képviseli azt a háttérrel, amelyre támaszkodni tudtam és tudok.

Ezúton köszönöm minden olyan szervezetnek, akik szaktudásukkal, adatbázisaikkal és mint a kutatási programok finanszírozói segítették a munkámat: AM, OVF, VIZIG-ek, ATK TAKI, MÁFI (MBFSZ), FÖMI (LECHNER Tudásközpont).

Fontos kiemelni és külön köszönetet mondanom azon kutatóknak, akikkel együtt tettük le a belvíz-veszélyeztetettség térképezés alapjait: Orlóci István†, Pálfi Imre, Nagy László, Kuti László, Kozák Péter, Pásztor László és Körösparti János.

Szeretném kiemelni és köszönetet mondani mindazon kollégának, munkatársnak, barátnak, akik tudásukkal, ötleteikkel, kérdéseikkel, munkájukkal mind emberileg, mind pedig szakmailag támogattak: Váradi László, Valentinyi Károly, Kolossváry Gábor, Pekár Ferenc, Ligetvári Ferenc és Várallyay György†.

Köszönet illeti a NAIK ÖVKI munkatársait, akik mindvégig támogattak és segítettek munkámat.

Végül, de nem utolsó sorban szeretnék köszönetet mondani feleségemnek, kislányomnak, szüleimnek, családomnak, barátaimnak, akik kénytelenek voltak elviselni a kevesebb odafigyelést, amit ígérem, pótolni fogok!