

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Természettudományi és Informatikai Kar
Földtudományok Doktori Iskola
Geoinformatikai, Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék

A TALAJCSÖVEZÉSI BEAVATKOZÁSOK HATÁSA A KÖRÖSÖK KÖZÉNEK VÍZGAZDÁLKODÁSÁRA

Doktori (PhD) értekezés

TÚRI NORBERT

Témavezető:
Dr. Rakonczai János
Professor Emeritus

Szeged
2022

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS	1
2. AZ ÉRTEKEZÉS CÉLKITÚZÉSEI	4
3. IRODALMI ELŐZMÉNYEK.....	6
3.1. A talajok mezőgazdasági szempontú optimalizálásának egykori módszere a komplex melioráció	6
3.2. A belvíz, mint kárjelenség.....	9
3.2.1. A belvíz miért, kinek és hol káros?	11
3.2.2. A belvíz kutatási kérdései.....	12
3.3. A felszín alatti vízrendezés szükségessége	13
3.3.1. Talajcsövezett területek Magyarországon.....	18
3.3.2. A mezőgazdasági talajcsövezés magyarországi sajátosságai.....	20
3.3.3. A talajcsövezéssel kapcsolatos hazai kutatások a tervgazdasági időszak alatt	22
3.3.4. A talajcsőhálózatok szükséges üzemeltetése és karbantartása, valamint ennek rendszerváltás utáni kérdései.....	23
3.3.5. A talajcsövezés nemzetközi kutatási területei	25
3.3.6. A talajcsövezés nemzetközi alkalmazási módjai, jó gyakorlatai.....	27
3.4. Felkészülés a szélsőségekre, a kárjelenségek mérséklési lehetőségei	28
4. A VIZSGÁLT TERÜLETEK.....	29
4.1. Körösök köze mintaterület	29
4.2. Mezőtúr referencia terület.....	31
4.3. Zsadány referencia terület.....	32
4.4. Csanytelek referencia terület.....	33
5. ANYAG ÉS MÓDSZER	35
5.1. A Körösök köze mintaterület térinformatikai vizsgálatai	35
5.1.1. Felszínborítási és területi adatok	35
5.1.2. Meliorációs tervdokumentációk.....	36
5.1.3. Légi- és műholdfelvételek.....	36
5.1.4. Talajtani adatok.....	37
5.1.5. Talajvíz adatok.....	38
5.1.6. Belvízelöntés adatok	40
5.1.7. MATE ÖVKI Komplex Természeti-alapú Belvíz-veszélyeztetettség Valószínűség (KTBV) szintézis térkép.....	41
5.1.8. Meteorológiai adatok.....	42
5.2. Terepi vizsgálati módszerek a referencia területeken.....	43
5.2.1. Helyszíni szemlék és állapotfelmérés a referencia területeken.....	44
5.2.2. A befogadók terepi megfigyelése.....	44
5.2.3. A drének, drén kifolyók terepi megfigyelése.....	45

5.2.4. A mezőgazdasági terület domborzati, agrotechnikai és növénytermesztési viszonyainak megfigyelése	45
5.3. Részletes terepi vizsgálatok a Mezőtúr referencia területen	46
5.3.1. Távérzékelési módszerek	46
5.3.2. Műszaki állapotfelmérés és dréncső feltárások	47
5.3.3. Talajvizsgálatok és mintavételek	48
5.3.4. Víz mintavételek és drén vízhozam mérések	49
6. EREDMÉNYEK	50
6.1. A Körösök köze mintaterület térinformatikai vizsgálatának eredményei	50
6.1.1. Az előzetes adatfeldolgozás eredményei	50
6.1.2. A távérzékelte felvételek vizuális interpretálásának eredményei	51
6.1.3. A drénezést befolyásoló talajtani viszonyok	53
6.1.4. A mintaterület talajvíz és meteorológiai viszonyai	56
6.1.5. A mintaterület meteorológiai viszonyai	58
6.1.6. Belvíz viszonyok a Körösök közén	60
6.2. A terepi referencia területek eredményei	67
6.2.1. A referencia területek helyszíni felméréseinek eredményei	67
6.2.2. A Mezőtúr referencia terület részletes vizsgálatának eredményei	70
7. ÉRTÉKELÉS	75
7.1. A Körösök köze belvíz-veszélyeztetettségének, valamint a belvíz előfordulási gyakoriságának értékelése	75
7.2. A dréneken keresztüli vízviisszapótlás lehetőségeinek értékelése a Körösök közén	76
7.3. A talajcsövek távérzékelési adatokból (műholdfelvételek, légifényképek, drónos légifelvételek) történő detektálhatóságának értékelése	77
7.4. A talajcsövezett területek lehatárolásának és állapotfelmérésének értékelése	79
7.5. A működő talajcsövek környezetre gyakorolt hatásának értékelése	81
7.6. Talajcsövezett területek kataszterének kialakításának lehetőségei, adatbázis igénye	81
7.7. A drénezés hatékonyságának térinformatikai értékelési lehetőségei, adatbázis igénye	82
7.8. A talajcsövezett területek jelenlegi használatának értékelése, az üzemeltetés jelenlegi feltételrendszere	84
7.9. A drénezés nemzetközi jó gyakorlatainak hazai adaptálási lehetőségeinek értékelése	86
8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	89
9. IRODALOMJEGYZÉK	90
10. ÖSSZEFOGLALÓ	99
11. SUMMARY	103
12. MELLÉKLET	107

1. BEVEZETÉS

A Körösvidéken a Körösökön, valamint a Berettyón végzett folyószabályozási munkákat követően, az egykor rendszeresen vízzel elöntött alacsonyártéri területek mezőgazdasági művelése megkezdődött, a gazdasági élet fellendült (DÓKA 1997). A folyók által egykor elöntött területeken hidromorf hatások (időszakos felületi vízborítás, magas talajvízszint) eredményeként a jellemzően típusos réti talajok, öntés réttalajok, valamint szolonyeces és szoloncsákos réti talajok fejlődtek a folyók egykori hordalékából (STEFANOVICS 1992). Tekintve, hogy az egykor tartós vízállással jellemezhető területek talajainak vízgazdálkodási tulajdonságai a téli és kora tavaszi időszakban általában nem kedvezőek, a csapadékos évek esetében a talajban víztöbblet keletkezik, amely kétfázisú talajállapotokat eredményezve felszíni belvizek formájában jelenik meg (RAKONCZAI ÉS TÁRSAI 2011).

A belvíz, mint hidrológiai szélsőség kedvezőtlen feltételeket teremthet a mezőgazdasági tevékenységre (BÍRÓ 2016). Közvetlen hatásai a termesztett növényállományokban keletkezett károkból jelentkezik, mint a növényfejlődési rendellenességek, termés csökkenés, termés kiesés vagy a szukcesszió módosulása (Kozák 2006). Közvetett hatásai között említhető, hogy a vízállás, vagy kétfázisú talajállapot tartósságának függvényében a talaj szerkezetében degradálódási folyamatokat indukál (GÁL ÉS FARSANG 2012), valamint csökkent az érintett területek művelhető napjainak számát (KOZÁK 2006, BÍRÓ 2016). GÁL ÉS FARSANG (2013) megemlíti, hogy a belvíz kialakulását jelentősen befolyásolja a kárjelenséggel sújtott terület talajának korábbi elöntésekből, valamint művelésből származó degradálódása, amely fokozottan visszahat a belvíz keletkezésére. A leromlott talajszerkezet azonban nem csupán a problémás területek belvize, hanem aszály érzékenységet is indukál.

A klímaváltozás következtében jelenleg a szárazodás irányába változik éghajlatunk. A magyarországi kontinentális éghajlatra jellemző négy évszak szabályos váltakozása már egyre kevésbé figyelhető meg, az évszakok esetenként jól elhatárolható átmenet nélkül követik egymást, felerősödtek a szélsőséges, mi több az extrém időjárási események (BIHARI ÉS TÁRSAI, 2018). A telek egyre enyhébbek, csapadékokban szegényebbek, így a talaj a vízkészlet utánpótlódásának hiányában, a nyári időszakban a korábbinál súlyosabb aszály problémákat eredményezhet, korlátozódik az egyes kultúrnövények termesztetősége vízpótlás, vagy öntözés nélkül, valamint a gazdasági kár is rendkívüli mértékű lehet (PÁLFAI 2006). A jellemzően téli vízkészlet feltöltődési időszak már kevésbé markáns, az időszakra jellemző csapadékból származó víztöbbletek egyre ritkábbak, rapszodikusabbak.

Magyarország Vízyűjtő-gazdálkodási Terve (VGT3, vizeink.hu) – „Az aszálykockázat kezelése és a klímaalkalmazkodási képesség javítására irányuló intézkedések meghatározása” című vitaanyagában található regionális klímamodellek eredményei szerint, az átlaghőmérséklet klímaméter növekedése 2021–2050-re minden évszakban eléri majd az 1°C-ot, az évszázad végére pedig a nyári hónapokban a 4°C-ot is meghaladhatja, az 1961–1990 referencia-időszakhoz viszonyítva (HORÁNYI 2011). A csapadék éves összegében nem számíthatunk nagy változásokra, az évszakai eloszlás viszont átrendeződik. A nyári csapadék esetében a következő évtizedekben 5%-ot, az évszázad végére pedig 20%-ot elérő csökkenésre lehet számítani (VGT3, vizeink.hu).

A legutóbbi nagy belvizes évek (pl. 1999-2000, 2010-2011), valamint aktuálisan a 2022-es év aszályproblémái is igen markánsan rámutatnak arra, hogy a termelésbiztonság jövőbeli fenntartásához kármegelőzési és intézkedési koncepciók, stratégiák kidolgozására, valamint a meglévő stratégiák operatív végrehajtására van szükség.

A Nemzeti Vízstratégia (KVASSAY JENŐ TERV 2017) említi, hogy a „belvízlevezető rendszerek elvezetés-centrikus kialakítása és az üzemeltetésük rugalmatlansága miatt a természetvédelem, a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás, a gazdaságosság és vízkészlet-gazdálkodás követelményét nem tudják kielégíteni, mint ahogy a jelenlegi területhasználati igényeket és a gazdálkodók sokszor irreális elvárásait sem”. A KVASSAY JENŐ TERV (2017)

2030-ig elérendő célként említi a vízkáreseményekkel egyidejű (reagáló) védekezés fokozatos átvezetését a megelőző, mérlegelt differenciált vízkárelhárítás-szabályozásra, emellett előírta az „Árvízi kockázati térképezés és stratégiai kockázatkezelési terv” (ÁKK) készítését. Ennek „belvízi veszélytérképezés” feladatrészeiben BOZÁN ÉS TÁRSAI (2015) elkészítették a „Kedvezőtlen vízgazdálkodási állapotú mezőgazdaságilag művelt területek nagy felbontású belvíz-veszélyeztetettség térképezése Magyarország síkvidéki területein (Alföld, Kisalföld, szórvány területek)” című tanulmányukat, amelyet 2019-ben tovább fejlesztettek (BOZÁN ÉS TÁRSAI 2019) és 2021-ben stratégiai forgatókönyvekkel egészítették ki (BOZÁN ÉS TÁRSAI 2021).

Az aszály tekintetében a Nemzeti Aszálystratégia 2012-ben, vagyis 10 éve került elfogadásra, azonban a szakmai és társadalmi egyeztetéseket követően, az intézkedési lépések elmaradtak, kormányzati szinten a vízhiány-, és aszály kezelése nem valósult meg operatív feladatok formájában (VGT3). További lépésként elrendelésre került (1432/2012. X. 9. határozat) a 2027-ig megvalósítandó Nemzeti vízgazdálkodási, öntözési és aszálystratégia kidolgozása, amelynek „célja a vizek mennyiségi és minőségi védelmének, a vízigények kielégítésének, a vizek többletéből vagy hiányából eredő káros hatások csökkentésének, megelőzésének (előrejelzés) biztosítása (vizeink.hu - Magyarország aszálykockázat kezelési terve 2019).

A túl sok, valamint túl kevés víz problémaköre nem újkeletű és nem csupán hazánkra jellemző jelenség. Tényleges beavatkozást jelentően már az elmúlt két században is léteztek kárjelenség mérséklő megoldások, amelyek intenzív összehangolt formája az 1960-1990 évek tervidőszakában folytatott komplex melioráció volt (BOZÁN ÉS TÁRSAI 2016). A komplex melioráció fő célja a talaj fizikai, kémiai, és biológiai tulajdonságainak javítása, valamint a kedvezőtlen vízgazdálkodási adottságú területek felszíni, vagy felszín alatti vízrendezésének megvalósítása volt (SZABÓ 1977). A felszín alatti vízrendezési módok közül leginkább a talajcsövezés került előtérbe, amely a megfelelő üzemeltetés és karbantartás mellett elősegítette a többletvizek levezetését a talajból, valamint ritkább esetekben a vízvisszapótlást is (HORNYIK 1984).

Jelenleg az egykor drénezett területek magyarországi elhelyezkedéséről, valamint kiterjedéséről kevés ismeretünk van, de megközelítően 150 ezer hektárra tehető, mintegy 300 ezer hektár hatóterülettel (BOZÁN ÉS TÁRSAI 2016). Talajcsövezett területeket részletesen magában foglaló országos kataszter, jelenleg csak 1981-ig áll rendelkezésre, annak ellenére, hogy készítői, annak 5 évenkénti felülvizsgálatát és kiegészítését javasolták (WITTMANN ÉS TÁRSAI 1981). A kataszter jelenlegi elkészítése archív adatok alapján az egykori engedélyes meliorációs tervdokumentációk felkutatásával és kiértékelésével valósítható meg, ám az üzemeltetés és fenntartás elmaradása miatt, kérdéses a rendszerek funkcióképessége (TÚRI 2021).

Annak megállapítása, hogy van-e lehetőség a jelentős állami támogatásból megépült drének, drénhálózatok üzemeltetésére vízelvezetési vagy vízpótlási célra, egy teljesen új üzemeltetési és karbantartási megközelítés szükséges, amely irányelvek elődei ugyan korábban is léteztek, de azokat, sok esetben a telepítést követően sem tudták érvényesíteni (VARGA 1986). Tény, hogy a rendszerváltást követően pedig fokozatosan feledésbe merültek. A problémát fokozta, hogy a rendszerváltást követően megváltoztak a birtokméretek és az üzemeltetés struktúrája. A szövetkezeti és állami gazdaságok által művelt mezőgazdasági területek 85-90%-a földkérpótlással magánkézbe került, így a magántulajdonosoktól függött, hogy az általuk kezelt területen hogyan gazdálkodtak a meglévő infrastruktúrákkal. Tipikus lett a fenntartási és üzemeltetési feladatok elmaradása, amely máig aktuális probléma (TÚRI 2021).

Drének üzemeltetése a mezőgazdaságban a világ minden táján alkalmazott gyakorlat, amely leginkább a drének keresztüli lecsapolást szolgálja (WANG ÉS TÁRSAI 2020). A technikai megoldásokat tekintve azonban a hazánkban jellemző szabad kifolyású drénekhez hasonló megoldásoknál, korszerűbb vízgazdálkodási lehetőségeket biztosító műszaki megoldások is léteznek, mint például a kontrollált drénezés, valamint a drénvíz visszaforgatásos

rendszerek (HAY ÉS TÁRSAI 2017, SAADAT ÉS TÁRSAI 2017, 2018, REINHART ÉS TÁRSAI 2019). Mindez a meglévő drénrendszerek potenciális hasznosíthatóságát is előre vetíti, tekintettel a talajok vízháztartás szabályozására vízhiányos időszakban.

Annak fényében, hogy a talajcsövezés alkalmazása egyes országokban kiterjedté vált, és műszakilag tovább fejlődött, tehát létezik a „jó gyakorlat”, sajnálatos, hogy hazánkban az alkalmazása nem általános, esetleges. Az egykor telepített drének újbóli üzembe helyezésének szükségessége, annak műszaki lehetőségei vagy új rendszerek kiépítésének kérdése a mezőgazdasági termelés biztonságának növelésében igen összetett, amelynek megválaszolását választottam kutatási feladatként.

2. AZ ÉRTEKEZÉS CÉLKITŰZÉSEI

A kutatómunkám eredményeit összefoglaló értekezés megírásának célja a rendszerváltás előtti tervgazdasági időszakban végzett hazai talajcsövezés értékelése a jelenkori környezeti kihívások tükrében. A kutatás során céлом megállapítani azt, hogy a meződrének és céldrének működőképességük esetén részt tudnak-e venni a szélsőséges időjárás okozta helyzetek kezelésében. Tudva, hogy hazánkban a talajcsövezés alkalmazása és azok üzemeltetése a rendszerváltás után igen lecsökkent, új talajcsövezési beruházások pedig ritkának mondhatók, a kutatásom során a nemzetközi alkalmazási módok közül kerestem a „jó gyakorlatot”.

A kutatás során – felhasználva az elmúlt évtizedek technológiai fejlődését – a Körösök köze mintaterületen térinformatikai vizsgálati módszereket alkalmaztam a talajcsövezett területek lehatárolásához. Céлом továbbá értékelni a mintaterületen végzett talajcsövezés hatékonyságát a vizsgálati blokkok belvízzel való érintettsége alapján. Megfelelő adatok birtokában a térinformatika mai eszköztára lehetőséget biztosít a dréneken keresztüli elvezetés, vagy a dréneken keresztüli víz visszapótlás hazai szakirodalomban fellelhető alkalmazási kritériumrendszerében meghatározott paraméterek térbeli kiterjesztésére, valamint elemzésére. A mintaterületen végzett vizsgálataim mellett kutatómunkám során céлом különböző dél-alföldi talajcsövezett referencia területeken terepi adatgyűjtést végezni annak érdekében, hogy a képet kaphassak a mintegy három évtizede telepített drének fellelhetőségéről, állapotáról, és meghatározzam az üzemeltetésük körülményeit, hatékonyságukat. A feltett kutatási kérdések megválaszolásával dolgozatom eredményei választ adhatnak egyrészt arra, hogy a jelenleg szárazodó, valamint extrém időjárási eseményekkel tarkított klíma esetében a dréneken keresztüli vízvisszapótlás alternatíva lehet-e az aszály mérséklésére, továbbá, hogy a drének a hirtelen, vagy tartósan megjelenő víztöbblet esetében alkalmasak-e vízelvezetésre. A dolgozatom készítése során a következő *főbb feladatok elvégzését, kérdések megválaszolását tűztem ki célul:*

Módszertan kidolgozása a talajcsövezett területek lehatárolására és állapotának felmérésére

A vizsgálataim során céлом meghatározni, a talajcsövezett területek lehatárolásának módszereit, valamint az 1981-ben készült „Magyarország talajcsövezett területeinek katasztere” (WITTMANN ÉS TÁRSAI 1981) alapján meghatározni, egy térinformatikai alapú talajcsövezési kataszter kialakításának módszertanát. Mivel a talajcsövezéseket az 1980-as években legnagyobb arányban Békés megyében végezték, erről a területről választottam mintaterületeket.

Mi jellemzi a Körösök közét a belvíz-veszélyeztetettség szempontjából?

A Körösök menti mélyfekvésű területeken gyakori probléma volt az 1970-es és 1980-as években a belvíz, de azt is tudjuk, hogy az ún. komplex melioráció a nagyüzemi mezőgazdaság állami támogatásának az egyik fontos megnyilvánulása is volt. Kutatásom egyik célja, hogy megvizsgáljam, mennyire volt indokolt/szakszerű (illetve területileg pontos) a műszaki beavatkozásokba bevont területek kijelölése. A kérdés megválaszolásának érdekében a MATE Öntözési és Vízgazdálkodási Kutatóközpontja által készített Komplex Természeti-alapú Belvíz-veszélyeztetettség Valószínűség térképét (BOZÁN ÉS TÁRSAI 2019) használtam fel térinformatikai vizsgálataimhoz. Az elemzés célja a mintaterületen, valamint annak talajcsövezett részein értékelni, hogy melyek azok a területek – a természeti tényezők alapján meghatározott belvíz veszélyeztetettségi szintek alapján –, ahol a drénezések létjogosultsága igazolható.

Az egykori talajcsövezés eredményességének értékelése érdekében megvizsgáltam, hogy a belvízi események hogyan érintik a talajcsövezett és a nem talajcsövezett (kontroll) területeket, így az eredmények összehasonlításával megállapítható-e a drének hatékonysága?

A mintaterületre rendelkezésemre álló 60 évet lefedő belvízi elöntés adatok térinformatikai és térbeli statisztikai elemzésével célom annak kimutatása, hogy a drénezett táblákon (blokkokon) különböző időszakokat vizsgálva volt-e különbség a belvizek megjelenésében. Mindez lehetőséget biztosít értékelni a talajcsövezés indokoltságát és hatékonyságát.

Hogyan értékelhetők a Körösök közének talajai a drénezésre való alkalmasságuk szempontjából? A talajok tulajdonsága alapján mely területek alkalmasak drénen keresztüli vízelvezetésre, vagy dréneken keresztüli víz visszapótlásra? A különböző klímamodellek és klímaszcenáriók alapján melyik eshetőségre kell felkészülni?

A magyarországi tervgazdasági időszakban, elsősorban a nyugaton alkalmazott minták alapján számos drénezési módszer került adaptálásra mind a tervezésben, mind pedig a kivitelezésben egyaránt. A kivitelezésekkel párhuzamosan az alkalmazási tapasztalatokra alapozva jöttek létre olyan irányelvek és követelmény rendszerek, amelyek felhasználásával célom a drénezésre alapozott vízelvezetés, de mindinkább a szárazodási trendeket figyelembe véve a dréneken keresztüli vízvisszapótlásra alkalmas területek lehatárolása.

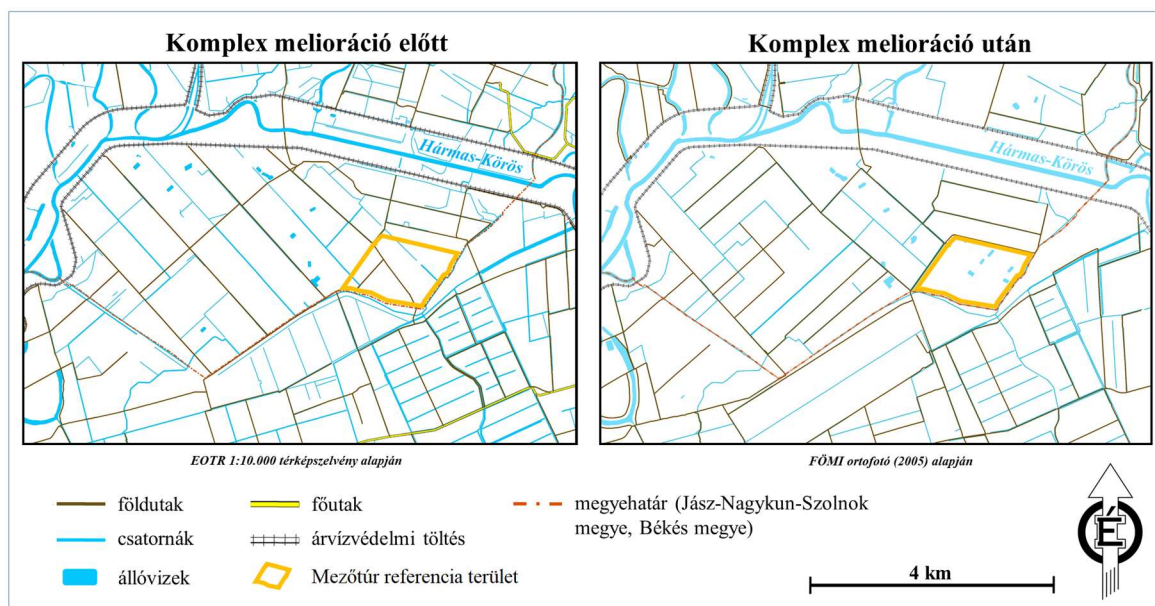
Terepi referencia területek kijelölésével, valamint azokon történő adatgyűjtéssel és kiértékeléssel, következtethetünk-e a drén hálózatok funkció képességére, vagy működési hatékonyságára? Milyen módszertan szükséges a talajcsövezett területek térképezésére, üzemeltetésére, valamint működési hatékonyságuk értékelésére?

A kérdés minél szélesebb körű megválaszolásának érdekében célom olyan referencia területek kijelölése, amelyeken terepi és távérzékeléses vizsgálati módszerek alkalmazásával meghatározhatom az egykor lefektetett drének terepi és légi detektálásának módszerét. Célom továbbá a referencia területeken a drének műszaki állapota, valamint a területek talajtani információi alapján meghatározni a drének működésének hatékonyságát. Az összegyűjtött tapasztalatok és információk alapján a talajcsövezett területek használatának és üzemeltetésének jelenlegi feltételrendszerét kívántam kidolgozni.

3. IRODALMI ELŐZMÉNYEK

3.1. A talajok mezőgazdasági szempontú optimalizálásának egykori módszere a komplex melioráció

A melioráció a talajra gyakorolt olyan beavatkozások összessége, amelyek a talaj termelékenységének tartós fokozását célozza meg, emellett a kedvezőtlen természeti tényezők hatásainak megszüntetésével, vagy jelentős mérséklésével kedvező feltételeket teremt a növénytermesztés számára (SZABÓ 1977). A melioráció fogalmát a mezőgazdaságban a talajjavítást célzó beavatkozásként használják, de szélesebb értelmezésben a mező-, valamint erdőgazdálkodásban is használt fogalom (BOZÁN ÉS TÁRSAI 2016). A Melioráció kézikönyve (SZABÓ 1977), a melioráció alatt „a talaj termőképességének és a termőtalaj állagának megóvása végett szükséges agrotechnikai, biológiai, kémiai és műszaki együttes (talajvédelmi, vízrendezési, vízhasznosítási és egyéb) eljárások végrehajtását” érti. A meliorációs tevékenységet két fő részre bonthatjuk. Az egyik a *meliorációs beruházás*, amely során az egyes területek meliorációs tervében megfogalmazott talajjavítási eljárások megvalósulnak, valamint a tervezett létesítmények kivitelezésre kerülnek, mint például a talajcsövezés. A másik pedig *meliorációs szolgáltatás*, ami a meliorált területen végrehajtott javító beavatkozások hatásának fenntartását és a műszaki létesítmények karbantartását célozza. A meliorációs tevékenység arra irányult, hogy az egyes talajtípusokon a kedvező talajfejlődést gátló hatások ismeretében meghatározásra kerüljenek azok a szükséges intézkedések, valamint beavatkozások, amelyek a talajfejlődést a kedvező irányba mozdítják el. A komplex meliorációs beruházásokkal a mezőgazdasági táj egyes esetekben igen átalakult, a korábbi infrastruktúrák, utak, csatornák és maguk a táblák irányultsága is teljesen megváltozott (1. ábra).



1. ábra. A komplex melioráció következtében módosult út és csatornahálózat Mezőtúr környékén. (Szerk.: Túri N.)

A meliorációs eljárások három fő csoportra bonthatók: agrotechnikai, talajjavítási valamint műszaki eljárások (SIPOS 1977). Az *agrotechnikai eljárások* a növénytermesztéshez szükséges feladatokat szabályozzák, mint például a talajművelési módok, a vetésforgók helyes alkalmazása, talajművelési rendszerek kialakítása. A *talajjavítási eljárások* közül elkülöníthető a kémiai (savanyú és szikes talajok javítása), fizikai és biológiai javítás, kis szerves anyag tartalmú vagy szerkezet nélküli talajokon, valamint a mechanikai talajjavítás, amellyel fizikai beavatkozások hatására nő a talajok termelékenysége és optimalizálásra kerülnek a kedvezőtlen víz és levegőgazdálkodási tulajdonságok. A *műszaki eljárások* a termelés számára kedvező feltételek biztosítását célozzák, ha az, az agrotechnikai eljárások, vagy a talajjavítás

módszereivel nem érhető el. Mivel a műszaki beavatkozások a többihez képest nagyobb beruházási költség igényűek, így gazdaságossági szempontból is érdemes akkor alkalmazni őket, ha ez speciális okból indokolt, valamint költséghatékonyabb módszerekkel már nem megoldható. A műszaki eljárások elsősorban a mezőgazdasági területek kedvezőtlen vízellátottsági tulajdonságainak javítását, valamint tartós fenntartását szolgálják. A műszaki létesítmények tervezése csak a megfelelő előmunkálatok elvégzésével valósulhatott meg (Túri 2018). A tervezés során komplex szemléletben vizsgálták az egyes területek „vízföldtani, talajtani, talajmechanikai, morfológiai, meteorológiai és vízgazdálkodási” helyzetét (MARJAI 1977). A helyszíni vizsgálatok során, a területeken alkalmazott aktuális művelési módok kerültek jellemzésre, valamint meghatározásra kerültek a talaj kedvezőtlen vízgazdálkodási tulajdonságának okai.

MARJAI (1977) az alábbi előmunkálatok szükségességét határozta meg, amelyek *alapul szolgáltak a terepi vizsgálataim elvégzéséhez*:

- adatgyűjtés,
- helyszíni szemle,
- helyszíni feltárási munka,
- laboratóriumi vizsgálatok,
- értékelő munka.

Az adatgyűjtés a következőkre terjed ki:

- vízföldtani, talajtani és talajmechanikai adatok (pl. a talajok fizikai tulajdonságai stb.),
- morfológiai és topográfiai adatok,
- hidrológiai adatok (vízháztartás, vízrendszerek jellemző adatai),
- vízgazdálkodási adatok (meglevő vízgazdálkodási létesítmények adatai, régebbi levezető hálózat adatai stb.),
- a természetes növénytakaró jellemző adatai (a talaj vízháztartását jellemző növények adatai),
- a mezőgazdasági termelést jellemző adatok (területrendezés, területhasznosítás).

A melioráció jelentősége, gazdasági előnyei legfőképp a többlethozamok, a termelés biztonságának, valamint színvonalának javító hatásában volt érezhető. A termelés színvonala, valamint jövedelmezőségének javulása megnyilvánulhatott a hozamok/termésátlagok növekedésében; a nagytáblás művelés miatt csökkentek a gépköltségek a hosszabb művelési optimum miatt; a kedvezőbb termőhelyi adottságok miatt értékesebb növényfajok is termesztethetővé váltak bizonyos területeken; megnőtt egyes területek állatteltartó képessége az olcsóbb takarmány miatt. A meliorációs beavatkozások élettartama és hatékonysága típusaitól függően eltérő volt. A kivitelezési költségek tekintetében jórészt állami támogatásból, vagy saját forrásból történtek a beruházások. 1966-1980-ig az ötéves tervek (III.-V.) keretében 12 milliárd forint összegben fordítottak pénzt meliorációs beruházásokra (öntözési beruházások figyelembe vétele nélkül), az 1981-1990 között időszakban pedig ez a szám további 10 milliárd forintra tehető, amely ma körülbelül 285 milliárd forint értékű beruházást jelentene (*I. táblázat*).

1. táblázat. Az egykor meliorációra fordított összegek 2022. évi értéke (Szerk.: Túri N.)

Időszak		meliorációra fordított összeg		
ötéves terv	évek	teljes összeg Mrd Ft	ebből állami támogatás Mrd Ft	ennek értéke 2022-ben Mrd Ft
III.	1966-1970	1,12	0,51	94,46
IV.	1971-1975	5	3,2	342,7
V.	1976-1980	6	3,78	290,76
			Összesen:	727,92
VI.	1981-1985	~10*	nincs adat	~ 285,7
VII.	1986-1990		nincs adat	
* becült adat, nincs pontos információ				

A meliorációs beruházások egyik legköltségesebb beavatkozása a vízrendezést célzó talajcsövezés volt. A létesítés költsége igen sok tényezőtől függött, mint (1) a kiépítendő talajcsőhálózat hossza (hektáronként 200-700 m volt átlagosan), (2) a drénezés mélysége (ez telepítési módszerenként változott), (3) a munkamennyiség szükséglet, valamint (4) az anyagköltség, amely a csőtípus és szűrőanyag szerint változott (THYLL 1983). A talajcsövezés gazdaságossági és működési szempontjait figyelembe véve nagyon fontos a megfelelő tervezés, így a kivitelezést számos számítás előzi meg. A drének szívótávolságának meghatározását első sorban műszaki szempontból történt, amely annak kiszámítására irányult, hogy mekkora az a távolság, amely az adott területen képes optimális/kívánt hidrológiai viszonyokat tartani, ezzel homogénné tenni egy terület vízgazdálkodását. Azonban csak az ilyen szempontú kivitelezés nem minden esetben tekinthető gazdaságosnak, így a tervezés során meg kellett határozni a talajcsőhálózat legnagyobb tiszta jövedelmet hozó szívótávolságát is, majd ezt követően mérlegelték egy terület vízrendezését (TÚRI 2018).

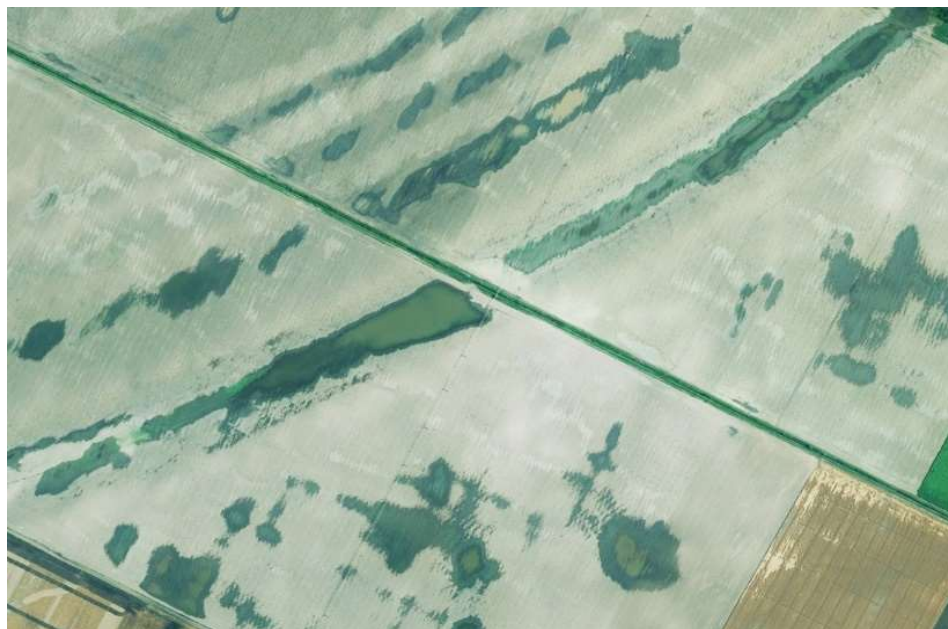
BOZÁN ÉS TÁRSAI (2016) felmérése szerint, csak Békés megyében az 1960 és 1990 között kivitelezett teljes és részleges talajcsövezéssel rendelkező mezőgazdasági területek, 13.000 hektárt tesznek ki, és az erre a területre eső összes talajcső hálózat hossza megközelítően 5,2 millió folyóméter (~ 400 fm/ha, kb. 25 m-es sűrűség). Az említett területek és kivitelezett drénhálózatok jelenlegi forintértékkel számolva 100 milliárdos nagyságrendű beruházásokat jelentenének ma (TÚRI 2018).

A meliorációval javítandó területeken, meghatározandók voltak azok a *kárjelenségek*, amelyek az adott terület a gazdálkodását és a termelés biztonságát bizonytalanná tették. KAMARÁS (1977) a kárjelenségek kialakítója közül a legfontosabbakként említi a víz, a szél, a meglévő talajhibák, valamint a gazdálkodás, mint antropogén hatás következtében kialakult károkat a mezőgazdasági területeken. A meliorációra szoruló területeken a víz okozta kártételek mellett, a szél is jelentős károkat okozhat, elsősorban deflációs hatásával. A vízgazdálkodásukban nem optimális talajok – a megfelelő agrotechnika használatának hiányában – aszály érzékenységet súlyosbítja az éghajlati rendszer melegedésével növekvő hőmérséklet, illetve a csökkenő tendenciájú és szélsőségesen lehulló csapadékmennyiség (FARSANG 2016). A meliorációt megelőző tervezés során, cél volt a talajhibákkal rendelkező területeken történő károk mérséklési megoldásainak kidolgozása is, amely elsősorban a talajok kedvezőtlen víz-, levegő- és tápanyag-gazdálkodásával hozható összefüggésbe. Jelentkező talajhibák lehetnek a sekély termőréteg, a kedvezőtlen kémiai tulajdonságok (magas só- vagy mészfelhalmozódás, szélsőséges pH érték), amelyek jelentkezése esetén, a talajhibás területen különleges agrotechnika alkalmazása indokolt. A helytelen talajhasználat és agrotechnika, mint a károk antropogén forrásán túl megemlítendő a különböző szennyezéssel járó tevékenységek (túlzott vagy helytelen növényvédőszer, műtrágya használat) is, vagyis minden olyan folyamat, amely a természetes egyensúlyt úgy bontja meg, hogy az nem képes magától helyreállni (KAMARÁS 1977).

3.2. A belvíz, mint kárjelenség

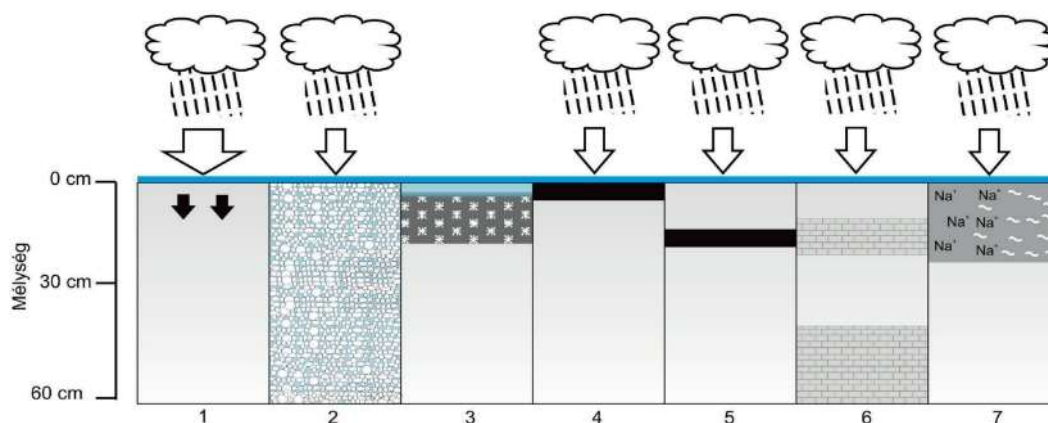
Nagy folyóink szabályozását követően, amely során a folyókat töltések közé szorították, a mély ártéri területeken jelent meg a belvíz, mint káros víztöbblet (LÁSZLÓFFY 1982, DÓKA 1997). A belvizet számos szempont szerint definiálhatjuk, a mindenki által ismert belvizet legegyszerűbben a művelt területről elfolyni nem tudó, kezelendő víztöbbletként írhatjuk le (TÚRI 2018). PÁLFAI (2004) közel ötven belvíz definíciót ismertet tanulmányában egészen a XIX. századtól kezdve, amelyek egyeznek abban, hogy „a belvíz a sík vidékek időszakos, de meglehetősen tartós és viszonylag nagy területre kiterjedő jelensége, sajátos vízfajtája” (PÁLFAI 2004). A belvizet kialakító tényezők igen sokrétűek és rendkívül összetettek. A belvizek kialakulásuk genetikája szerint lehetnek összegyülekezési belvizek; feltörő vagy felszivárgó belvizek, vagy más néven földárja; vagy elvezetés által generált belvizek (RAKONCZAI 2013). A belvízképződést befolyásoló tényezők tekintetében, a belvizek keletkezését természeti, valamint antropogén folyamatok segítik elő. Természeti tényezők a domborzat és geomorfológia, a geológia, a hidrológiai viszonyok, a talajtani viszonyok, felszínborítás, valamint az éghajlati tulajdonságok.

KISS ÉS BENYHE (2009) szerint a csapadék eredetű belvizek legfőbb kialakulási helyei a mezőgazdasági területeken belül található egykori, mára feltöltődött folyómedrek, övzátonyok és sarlólaposok (2. ábra).



2. ábra. Egykori eltemetett folyómedrekben megjelenő belvíz a Dél-Alföldön.
(Forrás: FÖMI 0,5 m/pixel ortofotó 2007-ből)

A belvíz mezőgazdasági területen történő kialakulásának antropogén tényezői leginkább a területhasználat, az aktuális művelési ágak, illetve az agrotechnika lehetnek (BOZÁN ÉS TÁRSAI 2008, RAKONCZAI ÉS TÁRSAI 2011). RAKONCZAI ÉS TÁRSAI (2011) a belvízképződés 7 fő talajtani okát és esetét különböztetik meg mint: (1) a fizikai és kémiai hibáktól mentes talajon kialakuló belvizek, ha a talaj víznyelő képessége kisebb a lehulló csapadék intenzitásától; (2) a kétfázisú talajállapotok; (3) a talajfagy, ami a felszín felől gátolja a többlet víz beszívargását az alsóbb talajrétegekbe; (4) tömött zárórég a felszínen, vagy annak néhány centiméteres mélységében; (5) tömött zárórég a művelési mélységekben (tárcsatalp réteg, eketalp réteg); (6) a genetikai talajtípusban jelen lévő pad, vagy vaskőfok és végül (7) a művelt rétegben lévő duzzadó anyagok, vagy nátriumsók okozta rossz vízáteresztő képesség (3. ábra).



3. ábra. A belvízképződés talajtani okai (Forrás: RAKONCZAI ÉS TÁRSAI 2011)
(A számok értelmezése a szövegben olvasható)

A belvíz, nem csupán a mezőgazdasági területeken kialakuló jelenség, de leginkább mezőgazdasági szempontból káros (VÁRADI ÉS TÁRSAI 2015). A belvízképződést időben állandó (megteremtik a belvíz kialakulásának a feltételeit) és időben változó (kiváltják a belvízi elöntést) természeti, valamint antropogén tényezők befolyásolják (BARTA ÉS TÁRSAI 2013, LABORCZI ÉS TÁRSAI 2020a). BARTA ÉS TÁRSAI (2016) kimutatták, hogy egykori mezőgazdasági területeken kialakított infrastrukturális elemek és vonalas létesítmények (út és vasúthálózat, csatornák, töltések) gátolhatják a többlet vizek szabad mozgását, így környezetükben belvizek kialakulásával kell számolni. FEHÉR (1979) tanulmányában kiemeli a felszíni mikroformák belvíz kialakulásában betöltött szerepét is. Síkvidéki kötött talajokon a megfelelően kivitelezett tereprendezés ellenére is kialakulnak terepegyenetlenségek, amelyekben a tél végi és tavaszi időszakokban felszíni elöntések gyülekezhetnek össze. Tapasztalatai azt mutatták, hogy a síkvidékekre jellemző kis szintkülönbségek miatt keletkezett belvizek levezetési idejét 17 napnál rövidebb időre nem lehetett csökkenteni a fő befogadónak a tábláig való visszahatása miatt. BENYHE ÉS KISS (2012) megállapították, hogy a felszíni vízelvezető csatornák mentén a csatornafenntartás miatt kialakuló csatorna sáncok igen nagymértékben csökkentik a mezőgazdasági táblákról a felszíni lefolyás lehetőségét (4. ábra).



4. ábra. A csatorna menti antropogén mikroformák megakadályozzák a belvizek természetes lefolyását (Fotó: Túri N. Szentes–Veresháza, 2017)

Magyarország síkvidéki területein, egy belvizes időszakban átlagosan 150 ezer hektár (maximálisan 300-500 ezer ha) kiterjedésű területen jelentkezik belvíz elöntés, amelyek speciális esetei az ún. sorbanállási belvizek a csatornák mentén, valamint a feláramlással keletkező belvizek, amelyek földárjaként ismertek (BOZÁN ÉS TÁRSAI 2017, KOZÁK 2020). A

felszíni vízrendezési művek mentén megjelenő belvizek kialakulása KOZÁK (2020) szerint abból ered, hogy a vízrendszerek jellemzően egymással sorba kötött elemek összességéként kerültek megtervezésre és kerülnek üzemeltetésre. Amennyiben az elvezetési útvonal bármely elemében kapacitás hiány áll fenn, úgy a vízrendszer azon ponttól hibásan fog működni: vagyis azon pontig összegyűjti a vizeket, de azok továbbításra nem kerülnek, hanem elöntés felszíni formájában tározásra kényszerülnek (KOZÁK 2020). A belvíz nem csupán hazánkban kialakuló kárjelenség. NAGY ÉS TÁRSAI (2019) tanulmányukban leírják, hogy a Szerbiában keletkező belvizek leginkább csapadék eredetűek, de kiemelik a hóolvadékból származó talajvízszint-emelkedés jelentőségét is. Az elöntések átlagos kiterjedése a Tisza folyó alsó szakaszán pl. csak a Vajdaság területén megközelítik magyarországi átlagos belvízzel elöntött területek volumenét (NAD ÉS TÁRSAI 2018). MEZÖSI ÉS TÁRSAI (2014) szerint, a belvíz 2-4 évente előforduló jelenség a Kárpát-medencében. A belvizek megjelenése nem európai sajátosságú, gyakorlatilag minden lefolyástalan és kedvezőtlen talajtulajdonságú síkvidéki területen megjelenhet ez a hidrológiai szélsőség (LABORCZI ÉS TÁRSAI 2020b).

A nemzetközi szakirodalomban a belvizet *inland excess water* (BOZÁN ÉS TÁRSAI 2018, NAD ÉS TÁRSAI 2018, VAN LEUVEEN ÉS TÁRSAI 2020), valamint *waterlogging* (TYAGI 2014, SAGAR ÉS AFTAB 2017, BESTEN ÉS TÁRSAI 2021) tudományos megnevezések mellett, stormwater-ként (MYERS ÉS TÁRSAI 2018) is definiálják.

3.2.1. A belvíz miért, kinek és hol káros?

A belvíz károkozását mindenképpen valamihez képest viszonyítva tudjuk leginkább értelmezni. A károkozás mértéke lakott területen közvetlen problémaként jelentkezik, míg lakott területen kívül, különösen a mezőgazdasági területeken az egyes növények fenofázisa és tűrőképessége szerint változhat a károkozás mértéke (KOZÁK 2006). BOZÁN (2002) szerint kedvezőtlen feltételek esetében a tartós vízborítást nem toleráló növények életfeltételei megváltoznak és a további fejlődésükben rendellenesség következik be (5. ábra).



5. ábra. A nyári időszakban megjelenő belvizek időlegesen, vagy visszafordíthatatlanul megváltoztatják az érintett növény életfeltételeit (Fotó: Túri N., Szentes-Veresháza, 2016)

Ennek a folyamatnak további következménye termés kiesésben jelentkezik majd. Vegetációs időszakon kívül jelentkező belvizek tartósságuktól függően a mezőgazdasági terület művelhető napjainak számát redukálja (KOZÁK 2006). Mindemellett a vízborítás a tenyészidőszak további termelési és művelési feltételeit is befolyásolhatja, de még akár a betakarítást is (1. melléklet).

A tartós vízállás okozta további kedvezőtlen hatás a talaj folyamatos degradálódása azokban az esetekben, amikor nem megfelelő művelési gyakorlat alkalmazása mellett, a kétfázisú, vagy közel túltelített talajok művelése folyik, ugyanis ilyenkor a talajtömörödési folyamatok felerősödnek. A talajműveléstől eltekintve magának a tartós vízállásnak is aggregátum romboló és diszpergáló hatása van, így a feltalaj hajlamossá válhat a kergesedésre (GÁL ÉS FARSANG 2012). A talajtulajdonságok ennek megfelelően befolyásolják, valamint meghatározzák a belvíz kialakulását, míg a tartós elöntés visszahat a talaj tulajdonságaira, így a belvíz és a talajszerkezet között egy visszacsatolási rendszerről beszélhetünk (GÁL ÉS FARSANG 2013). A szerzők azt is kiemelték, hogy a belvíz kialakulásában a nagy agyagtartalmú mechanikai összetétel a meghatározó. Tartós vízborítás alatt a talaj karbonát-tartalmának kilúgozási folyamatai felerősödnek, valamint az agronómiai szerkezetének rögzösödés irányába történő elmozdulásában nyilvánul meg. A talaj agronómiai szerkezete a felső talajréteg szerkezeti állapotát kategorizálja rög ($d > 10$ mm), morzsa ($d: 0,25-10$ mm), valamint por ($d < 0,25$ mm) besorolás szerint, amely a szerkezeti elemek a talaj vízzel és művelő eszközökkel szembeni ellenállóságát írják le (STEFANOVICS 1992).

Az egyes talajok belvízre való érzékenységeiben és az arra való hajlamának kialakításában igen meghatározóak az agrotechnikai beavatkozások. Agrotechnikától függően azonos talajtípusú, és talajtulajdonságú területek között jelentős eltérések lehetnek abban, hogy egy hidrológiailag csapadékos évben megjelenik-e a belvíz a táblán vagy nem. A kedvezőtlen talajtulajdonságú területeken megjelenő belvizek tartóssága igen meghatározó tehát a talajtulajdonságok további romlása szempontjából. Ha a problémás területen cél a belvíz minél előbbi elvezetése az legelterjedtebben szivattyús átemeléssel, valamint a felszínen nyitott vágók alkalmazásával megoldható, amely pillanatnyilag megoldást jelenthet a felszíni vízborítás megszüntetésében. A vágókon keresztül azonban a felső termőréteg egy része a nyílt befogadóba jut előidézve annak feltöltődését, továbbá a keletkezett keresztirányú felszíni formák befolyásolják a területet művelő gépek mozgását (KÖHLER ÉS SZINAY 1986, TURI 2018). A belvizek elvezetését tehát olyan műszaki beavatkozásokkal, érdemes megoldani, amelyek a felszín alatt képesek a problémás területek víztelenítésére. SZIKI (1985) szerint számos példa bizonyítja, hogy a lokális elöntésekkel tarkított táblán a vízkárelhárítási tevékenységet csak a problémás területrészekben és azok közvetlen környezetén szükséges alkalmazni, ott ahol a kétfázisú talajállapotok jellemzőek. A tábla nem érintett részein a víz okozta károk még kritikus esetben sem jelentkeznek, tehát ezeken a helyeken vízelvezetésre nincs szükség. Tartós, állandóan belvízjárta területeken ezen túlmenően a földhasználat racionalizálást, valamint az adott területen vagy annak állandóan kárjelenségekkel jellemezhető részein a művelési ág váltást érdemes előtérbe helyezni.

3.2.2. A belvíz kutatási kérdései

A belvízzel foglalkozó kutatások igen szerteágazóak: (1) kialakulásának okai (pl. BAUKÓ ÉS TÁRSAI 1981, VÁGÁS 1989), (2) a belvíz térképezése (RAKONCZAI ÉS TÁRSAI 2001, MUCSI ÉS HENITS 2011, VAN LEEUVEN ÉS TÁRSAI 2013), (3) gyakoriságának és előfordulási valószínűségének meghatározása (PÁLFAI 1986,1994), (4) a belvíz-veszélyeztetettség mértékének értékelése (THYLL ÉS BÍRÓ 1999, BÍRÓ ÉS TÁRSAI 2000, KOZÁK 2006, BOZÁN ÉS TÁRSAI 2017,2018, NAÐ ÉS TÁRSAI 2018, LABORCZI ÉS TÁRSAI 2020a,b), valamint mozgásjelenségeinek modellezése foglalkoztatja leginkább a kutatókat. NAÐ ÉS TÁRSAI (2018) tanulmányukban a SEERISK módszertant adaptálták a belvíz megjelenési kockázatának értékelésére. A belvíz-veszélyeztetettséget különböző földhasználati kategóriákban értékelték: zöldséges, gyümölcsös, gabona, szőlő, gyepek és erdők. Eredménytérképüket négy kockázati szintű zónába sorolták, „alacsony”, „közepes”, „magas” és „nagyon magas”. A témával foglalkozó kutatók különféle metodikák alapján próbálták a belvíz-veszélyeztetettséget befolyásoló környezeti és antropogén tényezők hatását figyelembe venni (BAUKÓ ÉS TÁRSAI 1981, PÁSZTOR ÉS TÁRSAI 2015). A MATE KÖTI ÖVKI (illetve jogelődjei) munkatársai 2001 óta jelentős fejlesztéseket hajtott végre a belvíz-veszélyeztetettség térképezésében. 2019-ben

készítették el a Komplex Természeti Alapú Belvíz-veszélyeztetettség Valószínűség szintézis térképet, amely Magyarország síkvidéki területein a belvíz-veszélyeztetettséget az belvíz előfordulási valószínűségük szerint kategorizálja (BOZÁN ÉS TÁRSAI 2019).

LABORCZI ÉS TÁRSAI (2020a) megfogalmazták, hogy a jelenleg a Vízügyi Igazgatóságok által – terepi felvételezéssel – készített belvízelöntés térképek nem szolgálhatnak abszolút referenciaként a pontosabb vizsgálatokhoz azok térbeli bizonytalansága miatt. A belvízfoltok kiterjedésének lehatárolása távérzékelte adatok feldolgozásával határozható meg a legpontosabban. Ilyen módszerekkel lehetőség van a nyílt vízfelszínnel nem rendelkező, de vízzel teljesen telített (kétfázisú) talajok elkülönítésére is (CSORNAI ÉS TÁRSAI 2000). Módszertani szempontból jelentős előrelépés volt a terepi méréseknek légi és űrfelvételek felhasználásával való validálása (RAKONCZAI ÉS TÁRSAI 2003). VAN LEEUWEN ÉS TÁRSAI (2013, 2020) előbb RapidEye, később Sentinel 1 és Sentinel 2 felvételeket használtak fel kutatásukhoz, amely során 65,5% és 94,5% hatékonysággal sikerült belvízfoltokat lehatárolniuk az osztályozás során. A belvizek felmérése mellett azok előrejelzése is kutatások tárgyát képezik, amely megoldási lehetőségét képezik a különféle gépi tanulós módszerekkel és neurális hálózatokkal történő modellezés (GÁLYA ÉS TÁRSAI 2016, BALÁZS ÉS TÁRSAI 2018, GUDMANN ÉS TÁRSAI 2019).

3.3. A felszín alatti vízrendezés szükségessége

A dolgozat vizsgálati tárgyát képező talajcsövezés, mint meliorációs műszaki eljárás első sorban a síkvidéki vízrendezés feladatkörébe tartozott, de kiterjedt alkalmazásuk a nyugat-magyarországi meliorációs beavatkozásokhoz köthetők, ahol a dombvidéki területek vízrendezése volt meghatározó. A sík vidékek jellemzője, hogy a terepfelszín kis esése következtében a lefolyási viszonyok nem olyan nagymérvűek, mint a dombvidékek esetében, ennek következtében a felszínbe a felszíni és felszín közeli, felesleges vizek elvezetése elsősorban műszaki létesítmények segítségével érhető el a felső talajréteg károsítása nélkül.

Az alföldi területeink egymás szomszédságában elhelyezkedő, határozott vízváltatókkal nem rendelkező vízgyűjtő területek sorozatának tekinthetők, amelyek nagy részén a mezőgazdasági művelés jellemző. Az ilyen nagy kiterjedésű területek vízrendezése csak operatív módon lehetséges, ezért ezt a vízügyi igazgatóságok, vagy az egykori vízgazdálkodási társulatok végezték. A beavatkozások során olyan műszaki létesítmények kialakítása és üzemeltetése volt a cél, amelyek a felesleges felszíni közeli vizeket levezetik, valamint befogadóul szolgálnak az üzemi vízrendezés folyamán keletkező vizeknek. A talajcsövezés, vagy más néven drénezés magyar elnevezése a német Dränung, valamint az angol drainage szóból ered (EGGELSMANN 1987). Az angol szakirodalomban a drainage szó a magyarral ellentétben nem kifejezetten a talajcsövezés fogalmával megegyező, hanem magában foglalja a felszíni és felszín alatti vízelvezetési eljárásokat, de a fogalmat az orvostudományban is gyakran alkalmazzák. A talajcsövezés angol elnevezése a *tile drainage* (HOOGHOUT 1952, VISSER 1954, WESSELING 1954) utal a kezdeti égetett agyagcső eredetére, de emellett a *subsurface drainage* (WENDTE ÉS TÁRSAI 1978, SKAGGS 1982) neveken is említik.

A belvízzel jellemezhető mezőgazdasági területek hatékony víztelenítése két módon valósítható meg, mégpedig a talaj pórusterének valamint makrorepedés rendszereinek növelésével (agrotechnika), valamint dréncsövek talajba helyezésével. A makro repedések létrehozásának fő módszere a mélylazítás, speciális esete pedig a vakond drénezés. A mélylazítás során a talaj tömörödött rétegei kerülnek „felszakításra”, utóbbinál a vakonddrénezés alkalmazásával ez az eljárás még egy talajba vágott járatrendszerrel egészül ki. A vakonddrének élettartama 2-4 év talajtípustól függően (SZIKI 1985). A vakonddrénezés, az, amely a kezelést követő időszakra is kedvezőbb beszivárgási viszonyokat biztosít (SZIKI 1985, SZIKI ÉS PAPP 1987). A vakonddréneket plasztikus talajállapotban alakítják ki az agyagos vályog, agyag, nehéz agyag fizikai féleségű talajokon, hogy a vakondjáratok fala kellőképpen tömörödni tudjon (THYLL ÉS TÁSAI 1983).

A talaj kedvező vízgazdálkodási állapotának elérését a talaj hidrodinamikai jellemzőinek (Darcy-féle k vízvezető képesség, μ drénezési porozitás) optimális értéken való tartásával érhetjük el (AMBRUS 1979). Ha a talajban lévő többlet víz levezetéséhez mesterséges beavatkozásra van szükség, a felszín alatti elvezetéssel csak a teljes telítettség és a szabadföldi vízkapacitás különbségének (pF 0-2) megfelelő víztömeget lehet elvezetni (FEHÉR, IN. THYLL ÉS TÁRSAI 1983). SZABÓ (1972) tanulmányában megfogalmazta kritikáját és javaslatát azzal kapcsolatban, hogy a rossz szerkezetű, víz által kevésbé átjárható talajokon (vízáteresztő képesség 10^{-6} - 10^{-9} cm/s) az elterjedten használt 15-20 méteres szívótávolságú drénezés helyett inkább a 2-6 méteres szívótávolság lenne alkalmazandó. A szívótávolság meghatározásának alapvető lépése a hálózatot érő mértékadó vízhozam (elvezetési intenzitás) megállapítása.

A csővezetékkel történő drénezés elsődleges funkciója a mezőgazdasági tábla belső területeinek, valamint a felszíni vízelvezető hálózat közötti kapcsolat megteremtése (FEHÉR 1979). Műszaki beavatkozásokhoz kezdetben égetett agyagsöveket használtak, amelyek illesztéseinél jutott be a többlet víz a csövek belsejébe és került levezetésre, majd alkalmazásba kerültek a máig alkalmazott perforált hullámos falú PVC csövek (6. ábra).



6. ábra. Dréncső típusok és jellemző szűrőzési anyagai prezentációs tablói a nagyüzemi meliorációs oktatás fénykorából a MATE Öntözésfejlesztési és Meliorációs Tanszékén (Fotók: Túri N.)

A modernnek tekinthető perforált dréncsövek alkalmazását számos műszaki megoldás előzte meg. Egykor a rőzse vagy kötött talajba juttatásával már vízelvezetési feladatokat láttak el. Ezeket követően az égetett alagsövegek alkalmazása vált elterjedté, melynek időszaka az 1800-as évekre tehető. Magyarországon például már 1880-ban a Kvassay Jenő szervezte Kultúrmérnöki Hivatalok működése alatt kiterjedten kezdték alkalmazni a talajcsővezést. 1904-ben Leidenfrost Tódor részletesen tájékoztatott alagsövezési tervéről és annak gyakorlati megvalósításáról, amelyben a váltakozó szívóosztástól kezdve a talajvíz-megfigyelő kutakig részletes gazdaságossági számítást is végzett (LEIDENFROST 1904). A műanyag talajcsövek (polietilén, polivinil-klorid) használata Hollandiában kezdődött, amelyek simafalú, hosszirányban hasított csövek voltak. Az ezek használata során szerzett rossz tapasztalatok után bevezették a hullámos falú flexibilis csöveket, amelyek széles körben elterjedtek (THYLL ÉS

TÁRSAI 1983). Ez a csőtípus annyira kedvező telepítési, tárolási, és élettartam tulajdonságokkal bír a megfelelő odafigyelés mellett, hogy jelenleg is széles körben használják drénezésre.

A *talajcsövek anyagán* kívül fontos tényező a *talajcső hálózat telepítési mintázata*, amely összefügg a kezelendő terület adottságaival. Ez alapján megkülönböztetünk részleges talajcsövezést vagyis céldrénezést (ilyenkor csak a mélyebb területek víztelenítése céljából fektetünk le egy, vagy több talajcsövet) és teljes talajcsövezést (amikor a mezőgazdasági táblát teljesen behálózuk az adott távolságra fektetett dréncsövekkel, ún. szívókkal). Alkalmazásukat a talajvíz felszínhez közeli elhelyezkedése vagy a tábla talajának kedvezőtlen vízgazdálkodási tulajdonságai (kötött talaj) indokolja. A drénrendszer csatlakozásai szempontjából a nyílt gyűjtős rendszer (a szívók nyílt, általában földmedrű csatornához csatlakoznak) alkalmazására az olyan, viszonylag sík területeken kerülhet sor, ahol a nyílt csatorna helyszínrajzi elrendezése és magassági helyzete lehetővé teszi a szívók közvetlen csatlakozását. A zárt gyűjtős rendszer (a szívók főgyűjtő csövekbe csatlakoznak) alkalmazására változatos domborzatú területeken kerülhet sor, ez ugyanis jobban képes alkalmazkodni az ilyen terep adottságaihoz. A szívók gyűjtőkhöz való csatlakozása szerint megkülönböztetünk fésűs, halszálkás és vegyes elrendezést. Kombinált talajcsövezésen a talajcsövezés esetében az említett két fő víztelenítési mód vegyes használatát értjük, vagyis a mélylazítás és a vakonddrénezés, vagy a talajcsövezés és mélylazítás kombinációját (THYLL ÉS TÁRSAI 1983).

A *talajcsövek működtetése és üzemeltetése szempontjából* megkülönböztethetünk víztelenítési, valamint kettős működésű talajcső hálózatokat, amely utóbbiak kettős hasznosítást (vízviisszapótlást és vízelvezetést) tesznek lehetővé. Ezek a műszaki megoldások általában azokon a talajokon alkalmazhatók, amelyek egyaránt drénezhetők, és alulról vízzel feltölthetők, nedvesíthetők (HORNYIK 1984). A talajok felső rétegeinek alulról történő vízpótlása során a kapilláris vízemelési tulajdonság mellett, a káros sókkal összefüggésben megemlítendő a kritikus talajvízszint, amely azt a mélységet jelenti, amely felett, ha olyan sóösszetételű talajvízszint van, amelyből a kapilláris vízemelés következtében a káros sók felfelé mozoghatnak, kialakítva a másodlagos szikesedés veszélyét a területen (FARSANG ÉS TÁRSAI 2020). Többek között ez az oka, hogy a dréneken keresztüli vízviisszapótlás alkalmazásakor a talajvíz és az öntözővíz minőségével (sótartalom) szemben igen szigorú követelmények betartása mellett alkalmazhatóak, ugyanis ennek hiányában a szikesedési folyamatok igen nagymértékben felerősödhetnek a kezelt területeken.

A talajcsövek vízpótlási célú hasznosításának szigorú szabályait és feltételeit 1986-ban a Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Minisztérium, valamint az Országos Vízügyi Hivatal közös közleményében szabályozta (MÉM-OVH 1986). A közlemény kitér a vízjogi engedélyeztetési, valamint a talajok és felszíni vizek folyamatos szakhatósági ellenőrzésének kötelezettségeire.

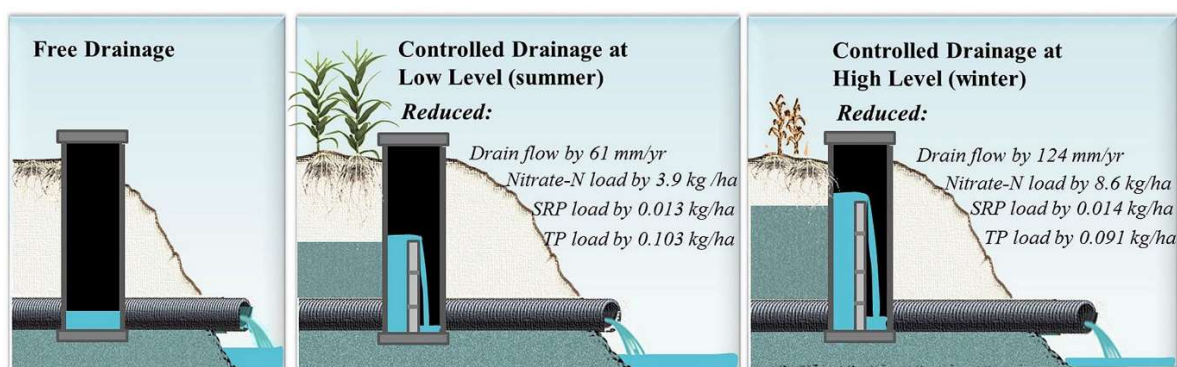
A talajcsövek kettős hasznosításának az alábbi feltételrendszerét határozták meg:

- | | |
|--|---|
| 1. Domborzati feltételek: | síkvidéki alkalmazás esetén
dombvidéki alkalmazás esetén |
| 2. Hidrológiai feltételek: | csapadék feltételek
talajvíz feltételek
vízháztartási feltételek
vízbeszerzési és vízelvezetési feltételek |
| 3. Talajtani és anyagforgalmi (sóforgalmi) feltételek: | talajfizikai feltételek
talajkémiai feltételek
vízminőségi feltételek |
| 4. Növénytermesztési feltételek | |
| 5. Hidraulikai feltételek: | csőhidraulikai feltételek
szivárgáshidraulikai feltételek |

A kiadvány továbbá kitér annak kettéválasztására, hogy már meglévő talajcsőrendszerek átalakítása, vagy kifejezetten erre a célra épített talajcsőrendszerek tervezése hogyan valósulhat meg. Majd az üzemeltetési, fenntartási és karbantartási feladatokat is részletezi.

A szabályrendszer szigorúságát mutatja, hogy az üzemeltetéshez a kezelt terület talajvízszintjének, valamint csapadéknak folyamatos monitorozását írja elő, valamint a terület vízkormányzását is olyan szakszerűen kell elvégezni, hogy mértékadó csapadék esetén a terület túlnedvesítésének elkerülése érdekében a talajcsőrendszert azonnal elvezetési üzemre kell állítani. A leírtak alapján jól látható, hogy a talajcsöveken keresztüli vízviisszapótlás a gyakorlatban szakértelmet és rendkívüli odafigyelést igényelt, a szakhatóság által meghatározott talaj és vízminőségi feltételek szigorú betartása mellett. Egy ilyen működő rendszer fenntartása kísérleti kereteken kívül szinte elképzelhetetlen.

A talajcsövek működése jelentősen függ a kifolyók műszaki állapotától és típusuk kialakításuktól. Megkülönböztetünk szabad kifolyású dréneket (free drain), amelyek közvetlenül a nyílt árkú befogadóba juttatják a mezőgazdasági tábla felesleges vizét, valamint kontrollált kifolyású dréneket (controlled drain, managed drain) dréneket (7. ábra) amelyek esetében a kifolyás előtti műtárgy segíti elő a területeken a talajvíz szintjének pontosabb beállítását, ám ezek hazai alkalmazása nem vált elterjedté (TÚRI 2021).



7. ábra. Közbenső műtárgyakkal szabályozható a terület dréneken keresztüli lecsapolásának mértéke. A bal szélső ábra szemlélteti a szabad kifolyású drének lényegét, miszerint a talajcső mélysége, vagy a befogadó üzemi vízszintje határozza meg a lecsapolást. (SAADAT ÉS TÁRSAI 2018)

A talajcsövek állagmegőrzése szempontjából, valamint a hosszú távú működtethetőségük érdekében *kiegészítő eljárásokat* alkalmaztak. Ilyen a szűrőzés, ami a talajcsövek hatékonyságát növeli azzal, hogy a különböző hidraulikai veszteségeket (ún.

radiális, illetve belépési veszteség) csökkenti, vagy megakadályozza a talajcsövek feliszapolódását. A hidrológiai vagy hidraulikai szűrőzésre a talajcső hálózat teljesítőképességéhez viszonyítva elégtelen vízvezető képességű talajokon kerül sor. Védőszűrőzést a szuffózióra hajlamos talajok talajcsővezéskor alkalmaznak, amelyek hézagrendszerében a vízzel együtt a talaj egy bizonyos frakciója (durva iszap: $d > 0,02-0,063$ mm, finom homok: $d > 0,063-0,2$ mm) is áramolni képes, és így a talajcső feliszapolódhat. A védő vagy mechanikai szűrőzés céljára elsősorban a talajban nem bomló geotextíliák jöhetnek számításba, amelyekkel a cső teljes palástját vagy annak egy részét borítják be. Alkalmazásának szükségességét talajmechanikai vizsgálatok eredményei (szemmegoszlás, egyenlőtlenségi tényező, hézagterfogat stb.) alapján döntenek el.

A talajcsőrendszerek tervezésének egyik legfontosabb lépése a talajcsőhálózat helyszínrajzának elkészítése volt, valamint meg kellett határozni a telepítendő hálózat olyan paramétereit, mint: a talajcsövek átmérőjét, hosszát, esését, mélységét, egymástól való távolságát, a szűrőzésének módját és szükségességét, majd a tervezett hálózat vízhozamát. Ezek megállapítása az alapadatok, valamint a hidraulikai számítások alapján történt meg, amit a tervező korábbi tapasztalatai felgyorsíthattak (MADARASSY 1983). A drénhálózat méretezéséhez szükséges számítások során meghatározandó a fajlagos vízhozam, a talajcsőhálózat mértékadó átlagos elvezetési intenzitása, a drénszívók távolsága, valamint a hatékony drénátmérő. A talajcsőhálózatok méretezése során igen fontos pontosan meghatározni a levezetendő vízhozamot, ami legfőképp a mikrovízgyűjtő terület nagyságától, a lehullott csapadék mennyiségétől, valamint a lefolyás mértékétől függ (SZIKI 1985).

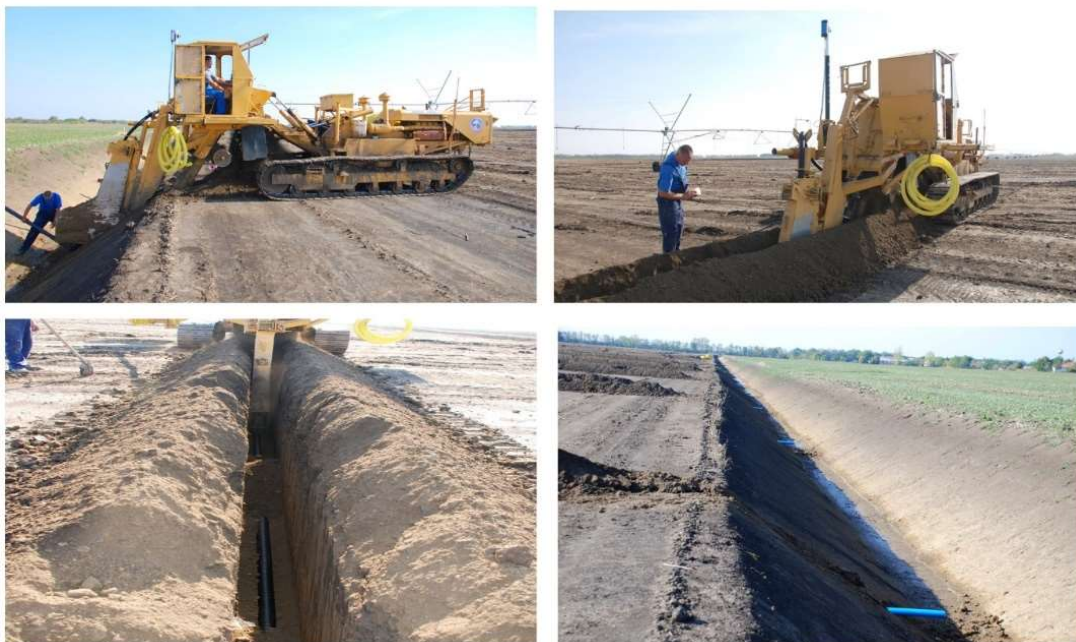
A talajcsővezési munkák tervezését számos azt megelőző alapvizsgálat eredményei alapján hajtották végre a tervező irodákban. A terepi vizsgálatok legfőképpen a beruházási terület geodéziai, talajtani, hidrológiai, valamint környezeti vizsgálatát célozták meg (FEHÉR, IN: THYLL ÉS TÁRSAI 1983). A talajcsővezéshez szükséges adatok gyűjtésének elsődleges lépése a helyszíni bejárás, amelynek legmegfelelőbb időpontjait a tavaszi, valamint őszi időszakban jelölte meg a vegetációs időszak előtt, illetve után. Tekintve, hogy az egyes mezőgazdasági üzemek több ezer hektárra is elkészíthették a meliorációs terveket, a terepbejárás meggyorsítását valamint a területek pontos térképezését célzó légifelvételek felhasználási lehetőségét már EGGELSMANN is említi 1973-ban kiadott könyvében, aki kiemeli továbbá ezen felvételek hasznosságát a nehezen megközelíthető helyek felméréséhez is.

Hazánkban a meliorációs programok tervezéséhez a légi felvételezés használata az 1980-as évektől kezdődött. Ezek igen nagy pontossággal szolgáltatott területi információkat a meliorációs tervezéshez szükséges alapadatok előállításához, hatásvizsgálatok elkészítéséhez, és a beruházások során elvégzett tevékenységek dokumentálásához (LICSÓ 2017). A meliorációs tervezést megalapozó légi felvételelézések módszertanát leíró két kiadvány is készült: 1987-ben a „Távérzékelési módszertani útmutató a meliorációs tanulmánytervek készítéséhez”, illetve az „Útmutató a távérzékelési módszerek alkalmazására a meliorációs kiviteli tervezésben” 1990-ben (LICSÓ 2017). A két kiadvány példákon keresztül mutatta be a meliorációs beavatkozásokhoz szükséges megelőző felvételezések és kiértékelés folyamatát, valamint a meliorációs beavatkozások eredményét is. A rendszerváltást követően a VII. ötéves terv alatt futó meliorációs program megszűnésével a kifejezetten meliorációs tervezést célzó légi felvételezések megszűntek, az igényekkel együtt (LICSÓ 2017).

A talajviszonyokkal kapcsolatban JÁRÁNYI (1989) kiemelte, hogy a FAO Tisza II projektben végrehajtott felszín alatti drének építése során hamar kiderült, hogy a viszonylag egységes természeti és talajviszonyokra kidolgozott klasszikus holland módszerek nem alkalmazhatók sematikusán. Ennek okai a rendkívül változó magyarországi éghajlati, talajhidrológiai és gazdasági viszonyok. Szükséges volt a korabeli vízelvezetési méretezési képleteket az aktuális terület adottságaihoz igazítani, de ezeket az adaptációkat sok esetben a gazdasági érdekek felülírták. Ennek megfelelően Magyarországon állandó (Donnan, Ernst, Hooghoudt, Kirkham módszerek) és nem permanens (Glover–Dumm, Tapp–Moody módszerek) skálázási módszereket alkalmaztak (SZINAY 1982). A kiépítendő rendszer mérete

permanens szivárgáshidraulikai méretezési módszer alkalmazásakor a tartós felszíni vízterhelés, valamint a talajvíz terhelés meghatározásán alapul. A mikrodomborzat és a talajfizikai jellemzők táblán belüli inhomogenitása miatt még egy kisebb területet sem lehet egyetlen értékkel jellemezni, így a méretezésnél a mértékadó vízhozamot a tábla legjobban terhelt (felszíni és/vagy talajvíz terheléséből) részeiből kiindulva kell felvenni (MADARASSY 1983). A befogadó fajlagos vízhozama meghatározásánál külön figyelmet kell fordítani arra, hogy a felszíni és felszín alatti lefolyás eltérő összegyülekezést eredményez egy csapadékeseményt követően (KATONA ÉS TÁRSAI 1989). A méretezés alapelveit figyelembe véve, bizonyos szempontból újra kell gondolni a hidrológiai (szélsőséges) folyamatok mentén történő tervezést.

A megfelelő vízjogi engedéllyel rendelkező tervek, a tervezési fázist követően kivitelezésre kerültek a kiválasztott befogadóhoz kialakított táblákra, valamint kialakításra kerültek a mellékcsatornák, a kezelő utak, valamint a szükséges műtárgyak is. A talajcsövezési munkálatok kivitelezése egy-egy terület talajadottságaitól függött, ugyanis a telepítést csak megfelelően száraz állapotú talajba lehetett elvégezni, elkerülendő az ásási profilok összeomlását, vagy talajsüllyedést (EGGELSMANN 1987). A talajcsövek fektetésének több módja lehetett: így kézi, vagy gépi, ez utóbbin belül pedig ároknyitással (8. ábra), vagy ároknyitás nélkül is megoldható a dréncövek talajba fektetése.



8. ábra. 2012-ben végzett ároknyitásos meződrénezés a Békés megyei Örménykút határában
(Fotók: Körös-Aqua Kft.)

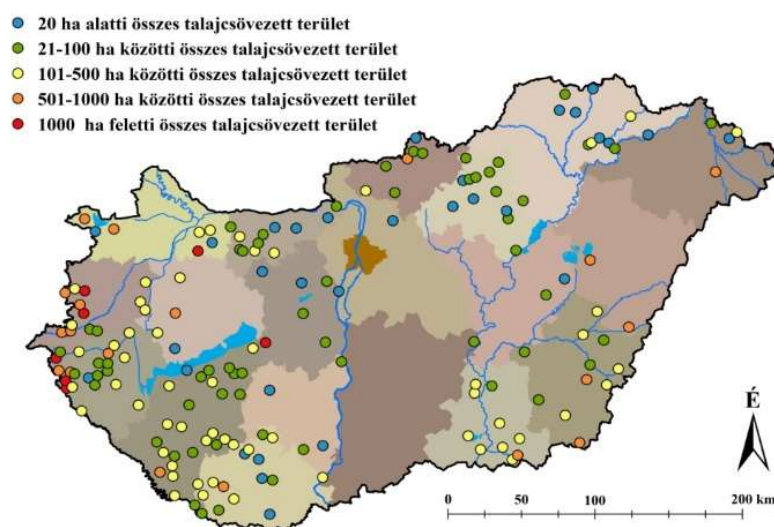
3.3.1. Talajcsövezett területek Magyarországon

A talajcsövezés történeti áttekintése során szükséges megkülönböztetni a hazai talajcsövezés három fő bár nem egyértelműen elhatárolható időszakát, mint (1) az 1960 előtti, rőzséből vagy égetett agyagcsőből épített, az (2) 1960–1995 közötti tervidőszakokban épült, valamint a (3) rendszerváltás utáni talajcsövezést, amely utóbbi két esetben a talajcsövezés a mai napig alkalmazott hullámosfalú perforált PVC csövek felhasználásával történt. A rendszerváltásig megközelítően 150 ezer hektáron valósult meg talajcsövezés a vízgazdálkodási szempontból kedvezőtlen állapotú, vagy egyes szintjeiben károsan felhalmozódott sókat tartalmazó talajok javítása érdekében (BABICS 1989, BOZÁN ÉS TÁRSAI 2016).

A talajcsövezett területek országos területi elhelyezkedéséről közel 40 éve nem készült átfogó térképes és írott adatbázis vagy kataszter PRIMÁS ÉS TÁRSAI (1983) „Magyarország

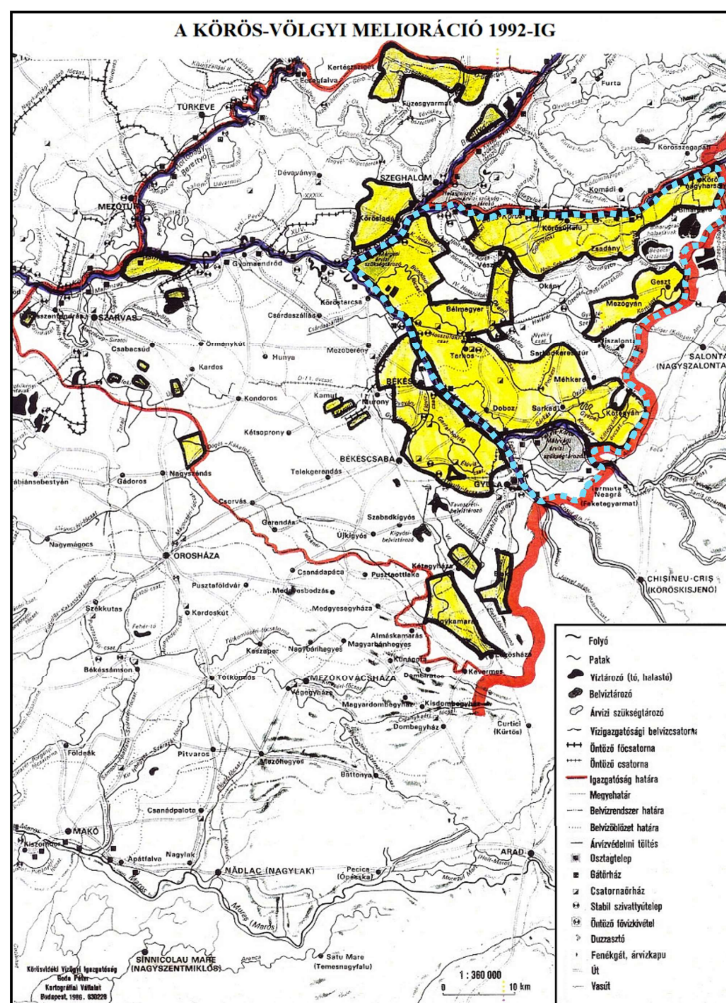
talajcsövezett területeinek katasztere” c. műve óta (TÚRI 2021). A melioráció újszerű értelmezéséhez azonban mindenképpen ismernünk kellene az egykor kezelt területek elhelyezkedését és állapotát. A kataszter korábbi kiadása (WITTMANN ÉS TÁRSAI 1981) 1980-ig tartalmazza hazánk talajcsövezett területeinek leírását táblázatos formában. Addig az időpontig 175 településen 40 ezer ha mezőgazdasági terület talajcsövezésére került sor, a telepített drének összes hossza mintegy 16 millió métert tett ki. A táblázatok feldolgozása során szerkesztett térképen (9. ábra) jól látszik, hogy elsősorban a dombvidéki vízrendezés dominált, a síkvidéki területeink drénezése az 1980 utáni tervidőszakokban vált nagyobb volumenűvé.

A rendszerváltásig talajcsövekkel vízrendezett 150 ezer hektár területből 110 ezer 1980 után került kivitelezésre, amelyet segített az is, hogy 1981-től a körkörös bordázatú műanyag talajcsövek külföldről való beszerzése helyett, azok hazai gyártása is elkezdődött a Borsodi Vegyi Kombinát szekszárdi gyáregységében, ami az OVH-69 Műszaki Feltételek előírásával megkapta a dréncsövek és a beépítésükhöz szükséges idomok gyártásának hazai engedélyét (SZINAY 1983a). Később, a talajcső igények kielégítése céljából a TSZKER-Debrecen berettyóújfalui üzeme is megkezdte a talajcsövek gyártását.



9. ábra. A drénezett területek nagysága a talajcsövezési beruházásokkal érintett településeken 1980-ig (PRIMÁS ÉS TÁRSAI (1983) katasztere alapján szerk.: Túri N.)

A kataszter szerkesztői az ötévenkénti rendszeres bővítését és továbbfejlesztését javasolták, azonban jelenlegi ismereteim szerint erre nem került sor. Az esetileg fellelhető anyagok közül, leginkább a komplex meliorációs beavatkozásokat követően keletkezett jelentésekből (amelyek tartalmazzák a talajcsövezett területeket is); a vízügyi igazgatóságok tájékoztató anyagaiból (10. ábra), valamint a megyei katasztrófavédelmi igazgatóságok vízjogi hatósági osztályán található meliorációs tervcsomagokból tájékozódhatunk. A 10. ábrán jól látható, hogy a Körösök köze (szaggatott kék vonal) a meliorációs beruházások kiemelt területének számított.



10. ábra. A Kőrös-vidéki Vízügyi Igazgatóság térképi illusztrációja a Kőrös-Völgyi meliorációs program komplex meliorációval érintett területeiről.
(Forrás: KÖVIZIG, szerk.: Túri N.)

3.3.2. A mezőgazdasági talajcsővezés magyarországi sajátosságai

A mezőgazdasági üzemek meliorációs beruházásai keretében kivitelezett drénhálózatokat egységben működő vízgazdálkodási rendszereknek tervezték, amelyek üzemeltetését és karbantartását (meliorációs szolgáltatás) a mezőgazdasági üzemek végezték. A rendszerváltást követően az üzemek megszűntek, vagy jogutódlással átalakultak, de a földkárpótlás következtében a komplex üzemeltethetőségnek gátat vetett az egyes területek szétaprózódása, valamint a támogatások átalakulása (BOZÁN ÉS TÁRSAI 2016)

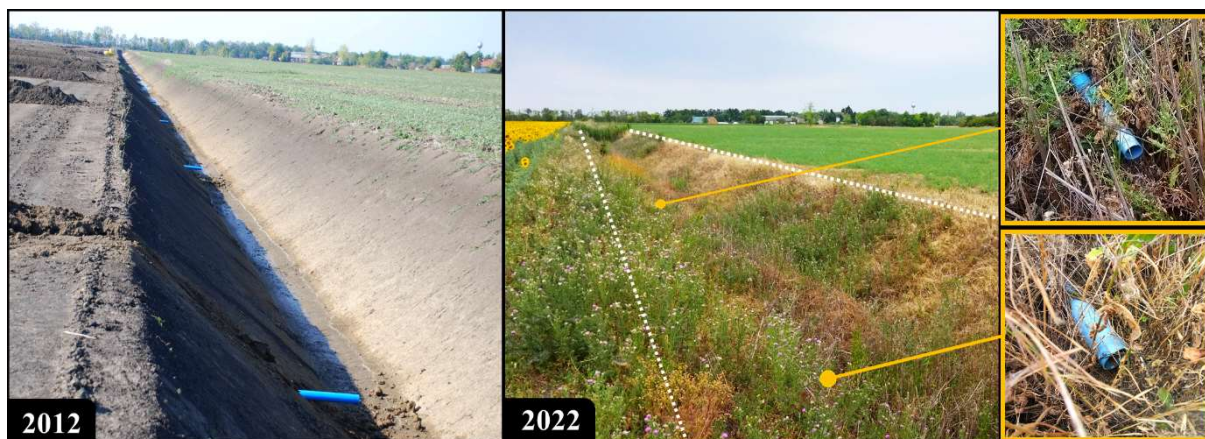
A talajcső rendszerek üzemeltethetőségét azonban nem csak a tervgazdasági, valamilyen szinten kontrollált és operatív műveletek megszűnése korlátozta, hanem már a tervezés és kivitelezés során is megmutatkoztak olyan problémák, amelyek befolyásolhatták a későbbi üzemeltethetőséget (TÚRI 2021). Felleptek hiányok a meliorációs beruházások támogatásával kapcsolatban, amely a kivitelezéseket negatív irányban befolyásolhatták. Az V. ötéves tervidőszakban (1976–1980) a meliorációra fordítható támogatások elaprózva jutottak megyei szintekre. 1980 után a támogatások növekedni kezdtek, de az elaprózott kivitelezések egy ideig megmaradtak (VARGA 1986). Megváltozott a szakigazgatás rendszere is, visszaszorult a központi szakmai irányítás, így több megyét érintően előfordult, hogy amikor a feltételek adottak voltak egy-egy terület beruházására, akkor történtek meliorációs munkálatok, egyes területeken szüneteltek (VARGA 1986). A társulati főművek fejlesztése sem mindig a mezőgazdasági igényeknek megfelelően zajlott. A vízrendezési feladatokat sokszor nem a vízgyűjtő határokhoz igazítva, hanem a helyi mezőgazdasági üzem igényeinek megfelelően

végezték el, legtöbbször a funkcionális sorrend figyelmen kívül hagyásával. A tervezéssel kapcsolatos problémák közül SZIKI (1985) a céldrének alkalmazásának korlátait ismerteti tanulmányában, amelyek koncepciójuk szerint a felszín legmélyebb területeiről gravitációsan vezetik le a vizet, így ha a csövek esésének tervezésekor ezt figyelembe vették, a kifolyási szint sokszor jóval a befogadó csatorna mértékadó vízszintje alá esett.

A talajcsőrendszerek szakszerű üzemeltetését nehezítette, hogy egyes mezőgazdasági üzemek nem mindig tartották be a Megyei Tanácsok Növényvédelmi és Agrokémiai Állomásainak alapvető előírásait. Ilyen volt például a befogadó csatornák leeresztése, vagy legalább az üzemi vízszintek a talajcső kifolyási szintje alatt tartása a téli időszakban (ZSAKAROVSKY 1982). SZEBEGYINSZKY (1983) számos olyan problémát is bemutat tanulmányában, amely a beruházások gyakorlati megvalósítását gátolta, mint például, (1) több esetben probléma volt, hogy a növénytermesztési időszak és kiviteli program nem volt összhangban, így egy munkafázist csak többszöri felvonulással lehetett megoldani, amely rontotta a kivitelezés hatékonyságát és a gazdaságosságát. További problémaként említi, hogy (2) a kivitelezési kapacitás folyamatos volt, de az alagsővezető gépek (sok esetben csak bérelték őket) csak 80 %-os kihasználtsággal üzemeltek évközi alagsőhiány miatt, amellyel 10 millió forintos nagyságrendű beruházás csúszott, vagy hiúsult meg. SZEBEGYINSZKY (1983) említi még, hogy (3) a kivitelezések idején a képzett vagy legalább gyakorlott szakmunkásokból is hiány volt az alacsony bérezés és a vándorélet nem ösztönző mivolta miatt. Ezen sok mezőgazdasági üzemben próbáltak javítani, de a probléma állandó maradt.

A rendszerváltást megelőző években emellett már felmerült a telepített dréncsövek karbantartási igénye is, ugyanis BABICS (1989) szerint, már ekkor megmutatkozott, hogy a szűrőzetlenül telepített dréneknek körülbelül fele igényelt volna szűrőzést, ami biztosította volna a dréncsövek hosszú távú funkcióképességét. A drének öblítéses tisztításának igénye és gyakorlata már ekkor kialakult.

A mezőgazdasági drénezés jelenlegi alkalmazásai hazánkban esetlegesnek mondhatóak, leginkább a lineár öntözőtelepek alá kerülnek telepítésre (11. ábra). Parkok, gyümölcsösök növényházak drénezése annál elterjedtebb. Az egykor kivitelezett mező és drének komplex üzemeltethetőségét jelenleg számos műszaki és üzemeltetési hiányosság terheli, így egy-egy kiragadott felújításra irányuló tevékenység nem elégséges (pl.: a drén kifolyók felújítása, a vízrendezett tábla talajának optimalizálása, vagy a vízkormányzás szakszerű elvégzése nélkül). Jelenleg azon kívül, hogy a drénezés feledésbe merült a gazdálkodók körében, a drénezés a költséges beavatkozás sem népszerű. Érdekes változásokat hozhat a 2020 őszén kiegészült a Vidékfejlesztési Program VP2.-4.1.4-16, „A mezőgazdasági vízgazdálkodási ágazat fejlesztése” című felhívásának „Támogatható tevékenységek és azok maximális elszámolható kiadásai” melléklete. Az elszámolható kiadások közé bekerült „A terület vízrendezése, felszín alatti dréncsőhálózat beépítése” című pont, amely 450 000 Ft/ha összeggel támogatja a talajcsőhálózat kialakítását és kapcsolódó műtárgyait (gyűjtők, átemelő aknák) a belvízzel folyamatosan sújtott területeken (nak.hu).



11. ábra. Egy örménykúti lineár öntözőrendszer alá telepített meződrének befogadó csatornája a létesítést követően (balra, fotó: Kösös-Aqua Kft.), valamint ugyan ezen befogadó 10 év elteltével (jobbra, fotó: Túri N.)

3.3.3. A talajcsövezéssel kapcsolatos hazai kutatások a tervgazdasági időszak alatt

Számos irodalmi közlés bizonyítja (MILE 1986, BOGNÁR ÉS GEREDY 1989, FORGÓNÉ 1996), hogy a megfelelő körültekintéssel és indokoltsággal végzett talajcsövezés kedvező hatása (vízlevezetés, talajvízszint szabályozás, szikesedési folyamatok megakadályozása, vízviisszapótlás, stb.) a mezőgazdasági termelés több területén is megmutatkozott. Ezek a hatások észrevehetőek voltak a jobb terméseredményekben (a talaj szerkezetének, a levegő-, víz-, és tápanyagforgalmának javulásában; a belvízborítások csökkenő mértékében és tartósságában; a talajművelésre alkalmas napok számának növekedésében stb.). Napjainkra elmondható, hogy ezen kedvező hatások meglepte igencsak kérdésessé vált (TÚRI 2021).

A tervidőszakok alatt a meliorációs beruházások szakmai támogatására számos kutatás indult. Ezek leginkább a felszín alatti vízrendezés terméseredményekre való hatását (BUKOVINSZKY ÉS TÁRSAI 1983, BÁTORI 1983, NAGY 1984) a só és a tápanyagmozgásra gyakorolt szerepét (Lendvai és Avas 1983, Hornyik 1984) illetve a drének vízlevezető, vagy kettős működtetésével történő vízviisszapótlás lehetőségeit (MILE 1986, BOGNÁR ÉS GEREDY 1989, FORGÓNÉ 1996), összességében a beavatkozások hatékonyságát vizsgálták. A kutatók kiemelték, hogy a beavatkozások előtti és utáni állapotok összehasonlító értékelése, teljes körű szakmai szempontoknak megfelelő folyamatos adatgyűjtéssel és adatszolgáltatással valósítható meg (BUKOVINSZKY 1983).

A kutatások résztvevői egyetemek (DATE, Karcag; DATE, Szarvas; GATE, Gödöllő; KATE, Keszthely stb.); kutatóközpontok (VITUKI, Budapest; ÖKI, Szarvas; MTA TAKI, Budapest), valamint leginkább a megyei Növényvédelmi és Agrokémiai Állomások voltak (TÚRI 2021). A kísérletek a beruházásokat megvalósított állami gazdaságok és mezőgazdasági termelőszövetkezetek művelt területein, vagy az egyes kutatóintézetek és egyetemek kiemelt kísérleti helyszínein (pl. Karcagpusztai kísérleti területek, Szarvasi Állami Tangazdaság hidrológiai telepe stb.) zajlottak. NYIRI ÉS FEHÉR (1977) tervei alapján olyan tartamkísérletek kerültek beállításra a Karcagpusztai komplex meliorációs modelltelepen, amelyek lehetőséget adtak a kilúgzott talajréteg mélyülési sebességének, és a különböző javítási eljárások mellett hosszabb távon elérhető termések meghatározására (TÚRI 2021). A szarvasi DATE Mezőgazdasági Főiskolai Kara különféle növényfajok és a drén méretezés (15, 20, 25 méteres drénkiosztás, 0,0-0,1% esés) összefüggését vizsgálta szolonyeces réti talajon. Eredményeik azt mutatták, hogy az egyes növényfajok különbözőképpen reagáltak a drénezésre. A különböző dréntávolságok alkalmazása a kapcsolódó talajművelés szerint lehetnek kedvezőek, vagy éppen semlegesek a terméseredmények alakulására (BUKOVINSZKY ÉS TÁRSAI 1983).

A rendszerváltás előtt a kutatások frekvenciált területe volt a drének kettős működtetésének kérdése. A vízjogi engedély köteles tevékenység szakszerű alkalmazása, csak szigorúan és pontosan megtervezett meliorációs szolgáltatással volt elérhető, csak az arra alkalmas talajokon (FEHÉR ÉS SZALAI 1986). A talajtani kérdések mellett CSAPLÁR (1989) a talajcsőrendszerek vízpótlásra való felhasználhatóságának műszaki feltételeit is vizsgálta. Mérései alapján megfogalmazta, hogy a vízvisszapótlásnál a nyílt árokból a dréncsőbe kerülő víz nyomásvesztése igen jelentős. 100-120 méternél hosszabb csővezeték esetén a nyomásvesztés akkor lehet, hogy nem jön létre érdemi vízpótlás a további szakaszokban.

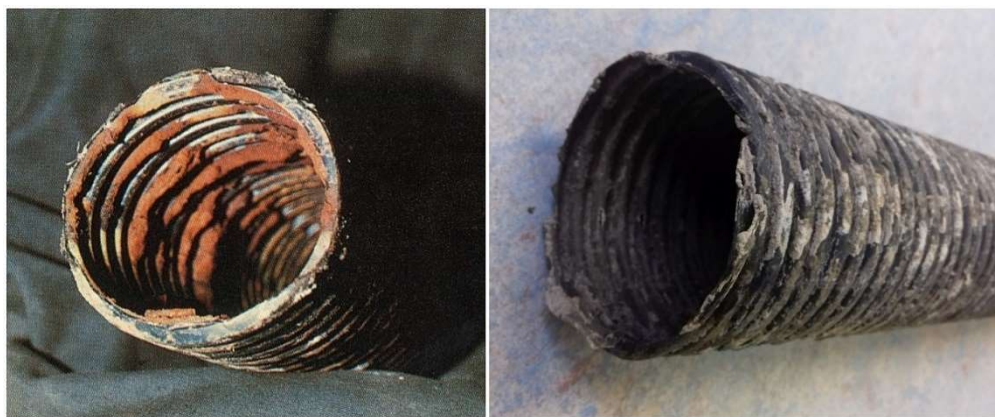
Érdekes tapasztalatokat szerzett MILE (1986) a Békéscsabai Május 1. Mgtsz területein folytatott vizsgálatok során, ahol réti-öntés, valamint öntés talajokon 4 évig alkalmazták a dréneken keresztüli vízvisszapótlást. Az eredmények biztatóak voltak, különösképpen az 1984-es aszály idején, amikor búza és a kukorica esetében terméstebbletet értek el, míg a zöldbab esetében nem, annak sekély gyökerező képessége miatt. Az évenként megismételt tavaszi és őszi talajvizsgálati eredményeik alapján megállapították, hogy a felszínhez közeli talajrétegben a Na^+ kationok káros mértékben felhalmozódtak, amely a nem megfelelő minőségű visszatáplált öntözővíz következménye lehetett.

MOLNÁR (1987) megfogalmazta a ma is helytálló megállapítását, miszerint az Alföldön a víztöbblet és a vízhiány egy éven belül is jelentkezhet. Kísérleteik során a Nádudvari Vörös Csillag Mgtsz 1200 hektárnyi területén végeztek dréneken keresztüli vízvisszapótlást. Tapasztalataik szerint az aszálykárok mérsékelhetők voltak, amelynek fő kritériumai a megfelelő mélylazítás, a drének tenyészidőszakon kívüli lecsapolása, valamint a megfelelő minőségű öntözővíz használata volt. Tanulmányukban ők is kihangsúlyozták, hogy a gyakorlatban a dréneken keresztüli vízvisszapótlás csak rövid ideig alkalmazható, ellenkező esetben a káros sók felhalmozódnak a talaj felsőbb rétegeiben.

3.3.4. A talajcsőhálózatok szükséges üzemeltetése és karbantartása, valamint ennek rendszerváltás utáni kérdései

A talajcső hálózatok kialakítását követően azokat üzemeltetni, illetve karbantartani kell, bár a felszíni vízrendezési megoldásokhoz képest ez nem követel meg állandó ellenőrzést. Ahhoz, hogy a drénhálózat funkcióképessége több évtizedig fennmaradjon, szükséges a karbantartási munkákat gondosan megtervezni és pontosan elvégezni. A drénhálózatok működtetésének legalapvetőbb szabálya, hogy a tél végi és tavaszi időszakban a befogadó csatornákat vízteleníteni kell annak érdekében, hogy a drénekből távozó, esetlegesen magasabb sótartalmú többlet vizet a csatorna fogadni tudja (ZSAKAROVSKY 1982). Ehhez szükséges a befogadó csatornák vizének megfelelő kormányzása a nagyobb víztestekbe. Ezt korábban a víztársulatok végezték, mára vízügyi feladat lett. A csatornák szintjének megtartásával, a dréncsővekben történő vízvisszatartással kettős működtetés is lehetséges, de a magas sótartalmú vizek visszatartása nem előnyös. A szakszerű vízpótlás, a nyári száraz időszakra történő vízvisszatartás a magasabb sótartalmú téli vizek elengedésével, majd a befogadóba kormányzott tavaszi csapadék összegyűjtéséből származó „friss” vizek megtartásával oldható meg legkörnyezetkímélőbb módon (MADARASSY 1983).

A talajcsőhálózatok üzemeltetésének fontos része az adott tábla talajának megfelelő állapotfenntartása, és az időszakosan előírt agrotechnikai beavatkozások alkalmazása. A mezőgazdasági területen végzett drénezés gyakorlati tapasztalatai alapján MADARASSY (1983) megállapította, hogy abban az esetben, ha a tervezés és a kivitelezés elég alapos volt, akkor a szívó és gyűjtőcsővekből álló hálózat állandó karbantartást nem igényel, ha a befogadók és műtárgyaik rendszeresen ellenőrizve, valamint tisztítva vannak. A befogadón elvégzendő karbantartási munkák legfőképp a mederprofil megtartását, iszaptalánítást és növényzetirtást jelentenek. A csőhálózatok esetében fontos a drénkifolyók állapotának és tisztaságának (eltömődés mentes) megtartása, valamint a perforációkat elzáró és csőfalon lerakódó kiválások (12. ábra) állapotjelenségeinek figyelemmel kísérése (TÚRI 2021).



12. ábra. Okkeresedés okozta kiválás szűrőzetlen dréncsővön (SOJAK ÉS IVARSON 1980) balra, kalcium-karbonát vagy mangán-oxidok kiválása dréncsővön, amely egy Csanytelek környéki drénezett területről származik, jobbra (Fotó: Túri N.)

A kiválások közül a legjellemzőbb az úgynevezett okkeresedés (vas-okker), amely a műanyag falú dréncsőveken fordul elő leginkább és a talajcső működésének hatékonyságát rendkívül rontja. Az okkeresedés a két vegyértékű vas kémiai oxidációja során jön létre, amely során oldhatatlan vas-hidroxid (okker) keletkezik, amely rétegenként a csőre rakodva egyre jobban befedi a csőfalat, és elzárja a cső perforációit (EGGELSMANN 1988). Az okkeresedés, valamint egyéb lerakódások kiküszöbölésére a talajcsövek átöblítése lehet megoldás, az iszappal való feltöltődés problémája pedig a drének öblítéses tisztításával (jet cleaning) oldható meg (BABICS 1989).

Tapasztalható, hogy a talajcsőhálózatok, mint a felszín alatti vízrendezés műszaki elemei nem feltétlen igényelnek rövid periódusú karbantartást, de a befogadó csatornahálózat annál inkább (TÚRI 2021).

A dréncsővek élettartamát tekintve, az egykori NSZK-ban (1986) végzett dréncső feltárás vizsgálatok (amelyek 17-25 éves talajcsövek feltárását és laboratóriumi vizsgálatát célozták) azt bizonyították, hogy a hullámos falú dréncsővek anyaga nem öregedett el, szilárdsági paramétereik megfelelőek voltak és a megfelelő karbantartás mellett még legalább ennyi ideig képesek funkcionálni (BOZÁN ÉS TÁRSAI 2016). EGGELSMANN (1988) szerint a lefektetett talajcsövek élettartamát számos tényező befolyásolja, mint például a dréncső anyaga, (amely kezdetben agyag, később műanyag volt), a csőhéjzat kialakítása (sima falú vagy flexibilis), a csövek gyártási technológiája, a szállítási és tárolási módja (törés, repedés, UV sugárzás hatása), a beépítési technológia, valamint a szabadföldi körülmények, amelybe a csöveket elhelyezték (talajtani adottságok, hidrológia). A csövek anyagán kívül a beépítési technológiát kiemelve kritikus szempont volt, hogy a talajcsőfektetés a megfelelő hőmérsékleti körülmények között történjen, elkerülendő a ridegség miatt kialakuló fizikai elváltozásokat, vagyis töréseket, repedéseket. Ha a megfelelő mértékadó terhelés érte a rendszert, amely annak üzemi funkcionálásához szükséges, a műanyag PVC csövek élettartama 40-50 évet is elérheti (EGGELSMANN 1988).

A gyakorlat számára fontos kérdés annak tisztázása, hogy ha viszonylag hosszú ideig nem kell karbantartani a csőhálózatot („elég” a drénezett táblán megfelelő agrotechnika alkalmazása mellett, a befogadók vízkormányzását és karbantartását az előírások szerint megoldani), milyen állapotban lehetnek ez egykor kivitelezett hálózatok jelenleg. TÚRI (2021) szerint, mára az esetleg használható állapotú drénhálózatok működésében/működtetésben a fő probléma forrása az, hogy az érintett területeken a területhasználók és gazdálkodók sokszor nincsenek tisztában azzal, hogy a területükön egykor talajcsővezetés történt, illetve sokan, ha tudnak is róla, nem minden esetben van motivációjuk ezek szakszerű használatba vételére. Jellemző példa, hogy a gazdálkodók a befogadó csatorna fenntartása közben nemcsak a befogadóban teszik tönkre a kiálló drénkifolyókat, hanem az eróziótól elvékonyodott

talajrétegek művelése során számtalan esetben fel is szakíthatják magukat a talajban fekvő dréncsöveket.

3.3.5. A talajcsövezés nemzetközi kutatási területei

A talajcsövezés alkalmazása, éghajlattól függetlenül a világ minden táján elterjedt gyakorlat, ahol olyan mély fekvésű területeket művelnek, amelyek időszakos víztöbblettel jellemezhetők. SZINAY (1983b) tanulmányában Európa országaira 1980-ban aktuális drénezési számokat közölt, miszerint Svédország 1 millió ha, az NDK 2,4 millió ha, Finnország 2,5 millió ha, az Egyesült Királyság 3,8 millió ha, Franciaország 4 millió ha, az NSZK 4,4 millió ha, Hollandia 0,7 millió ha, Magyarország pedig 0,04 millió ha drénezett területtel rendelkezett. Ebben már megmutatkozik, hogy mekkora volument értek el ezen vízrendezési beavatkozások (TÚRI 2021). Magyarország vonatkozásában HORNYIK (1984) talajtani adatokra alapozva ennek a területnek több mint 32 szerezés 1,3 millió hektárt említ hazánkban olyan területekként, amelyek igényelték volna ezeket a beavatkozásokat. Ebből a jelenlegi ismereteink szerint 0,15 Millió, vagyis 150 ezer hektár területen valósult meg a talajcsövezés (BABICS 1989, BOZÁN ÉS TÁRSAI 2016), bár HEGEDŰSNÉ ÉS SZALAI (1987) tanulmányukban körülbelül 300 ezer ha hazai drénezett területet említenek. A szerzők emellett kontinensenként is összesítették (2. táblázat), hogy azok mezőgazdasági területein hány millió hektár talajcsövezés történt, valamint mennyi azok további talajcsövezési igénye (HEGEDŰSNÉ ÉS SZALAI 1987). Abban az esetben, ha a 2. táblázat szerinti talajcsövezési igényt kielégítették, akkor 380 millió hektár, vagyis hazánk teljes területének negyvenszerese kerülhetett drénezésre. A tanulmány megemlíti, hogy Hollandiában a talajcsövezésre szoruló területek felszín alatti vízrendezése 1987 az új polderek kivételével már elkészült, így a meliorációs szolgáltatásra, vagyis a nem megfelelően üzemelő talajcsőrendszerek felújítására, karbantartására helyezik a hangsúlyt.

2. táblázat. A világ talajcsövezett, és talajcsövezést igénylő területeinek adatai 1987-ből. (HEGEDŰSNÉ ÉS SZALAI (1987) nyomán, szerk.: Túri N.)

A világ talajcsövezett és talajcsövezést igénylő mezőgazdasági területei (millió ha)				
Világrész	Terület	Mezőgazdasági terület	Talajcsövezett terület	Talajcsövezést igénylő terület
Európa (Szovjetunió nélkül)	473	230	38	41
Ázsia (Szovjetunió nélkül)	2677	1020	32	38
Afrika	2965	1010	2	5
Észak- és Közép- Amerika	2140	618	68	67
Dél-Amerika	1754	546	8	11
Ausztrália	843	517	1	2
Szovjetunió	2227	606	12	55
Összesen:	13079	4547	161	219

Az a tény tehát ismert, hogy a világon több millió hektárra becsülhető a talajcsövezett területek száma, azonban kérdéses, hogy ezek a több évtizede telepített drének hogyan szolgálhatják még a felszíni vízrendezési feladatukat. A talajcsövezés nemzetközi kutatási területeit tekintve két fő vizsgálati irányt fedezhetünk fel a szakirodalmakban, mint a (A) működő talajcső rendszerek kutatása az alkalmazott talajcső rendszerek üzemi módja (szabad kifolyású, kontrollált) szerint. A kutatók leginkább a (1) drének működési hatékonyságát vizsgálják a terméshozamon keresztül (JIANG ÉS TÁRSAI 2019), (2) vizsgálják a talajcsövekből távozó agrokemikáliák természetes vízfolyásokban jelentkező környezeti hatásait, valamint a drén vizek újrahasznosítási lehetőségeit (SHEDEKAR ÉS TÁRSAI 2021). (3) Értékelik a dréneken

keresztüli vízviisszapótlás hatásait (TOLOMIO ÉS BORIN 2019), valamint (4) szimulálják és modellezik dréneken keresztüli transzport folyamatokat azok hatásait (SINGH ÉS TÁRSAI 2006, LUO ÉS TÁRSAI 2010, JIANG ÉS TÁRSAI 2019).

BRANDYK ÉS TÁRSAI (1993) megállapították, hogy a dréneken keresztüli vízviisszapótlásnak hosszú távú működtetésének számos korlátja és hátránya van. Kísérleteik során számukra a fő problémát az jelentette, hogy a nyári szezonban, különösen aszályos időszakokban nem lehet a talajvízszintet, és egyben a kapilláris szintet a drének fölé emelni. SOJKA ÉS TÁRSAI (2020) DRAINMOD számítógépes szimulációkat végeztek a klímaváltozás kontrollált drénszerekre gyakorolt hatásának vizsgálatára. Szimulációik azt tükrözik, hogy kontrollált drénezés alkalmazásával és a tavaszi szezon kezdetén a drénvizek kiáramlásának blokkolásával lehetőség nyílik a víz visszatartására a talajban a későbbi száraz időszakokra. WANG ÉS TÁRSAI (2020) is a kontrollált drénezést vizsgálták, amely során 61 tudományos tanulmányt dolgoztak fel a témában majd meta-analízist végeztek. A kontrollált drénezést változó hatékonyságúnak találták. Megállapították, hogy a termés hozam átlagosan 0,11%-l nőtt, a dréneken keresztül távozó víz mennyisége 19,23%-al nőtt, míg az eltávozó ammónia és a nitrátok mennyisége 18,9%-al csökkent. TOLOMIO ÉS BORIN (2019) a kontrollált drénezés, valamint a szabad kifolyású drénezés hatását vizsgálta a talajvíz szintjének változásán keresztül különböző termőterületeken. Eredményeik azt mutatták, hogy a szabályozott talajcsövezés akár 69%-al is csökkentette a kifolyó víz mennyiségét a szabad elvezetésekhez képest. A talajcsövezés talajra gyakorolt jótékony hatásai mellett a környezetre negatív hatással is bírhat elsősorban a belőlük távozó agrokemikáliák révén, amelyet a talajcsövek a befogadó csatornába juttathatnak. SMITH ÉS TÁRSAI (2015) a talajcsövezett területekről származó foszforkiürülés mobilitásának jelentős növekedéséről számoltak be. Azokon a területeken, ahol a mezőgazdasági területek 50-80%-a talajcsövezett, kritikus lehet a vízrendszerbe jutó agrokemikáliák túlzott bemosódása. SHEDEKAR ÉS TÁRSAI (2021) becslése szerint az USA vízrendszereibe bekerülő nitrogén felesleg körülbelül 35%-a talajcsövezett területekről származik. KARÁSEK ÉS TÁRSAI (2015) megemlítette, hogy a lecsapolt területek elhelyezkedése sok területen nem teljesen ismert, és az egykor lecsapolt területek gyepeként is funkcionálhatnak, amelyeket a területhasználati változások miatt mára természetvédelmi területté nyilvánítottak. Javasolták, hogy a lecsapolt területeket állítsák vissza a természetközeli hidrológiai állapotba, hogy megakadályozzák a területek kiszáradását.

A kutatások másik csoportjában (B) a nem működő drének állapotfelmérését, detektálási (terepi, távérzékelés) lehetőségeit kutatják.

TLAPLÁKOVÁ ÉS TÁRSAI (2017) monokróm, valamint hőkamerás légifelvételken detektált talajcső nyomvonalakat, amelyet a talajnedvesség-különbség okozta felszíni hőmérséklet-különbségek idéztek elő. Megállapították, hogy a drének távérzékeléssel történő azonosításának feltételei az aktuális talajborítás típusától függenek. TLAPLÁKOVÁ ÉS TÁRSAI (2015) a felszínborítás három alaptípusát különböztették meg a legjobb beazonosítás érdekében. Ezek az (a) állandó gyepek, (b) zöld kultúrnövények és (c) növényzet mentes szántók felszíne. Az azonosítási módszert különféle agrotechnikai, növényfejlődési (fenofázisok) és csapadéparaméterekkel társították (TLAPLÁKOVÁ ÉS TÁRSAI 2015). KOGANTI ÉS TÁRSAI (2020) talajradart (Ground Penetrating Radar) alkalmaztak a felszín alatti talajcsövek észlelésére mezőgazdasági területeken. Eredményeik szerint a talajradarral végzett felmérésekkel lehetőség van a talajcsövek kimutatására, de azok sok esetben csak a rendelkezésre álló tervrajzaival együtt értelmezhetők. DJUROVIĆ ÉS STRIČEVIĆ (2004) egy újonnan telepített talajcső rendszert 10 évig monitoroztak. Arra a következtetésre jutottak, hogy a nem megfelelő karbantartás miatt a drének működési hatékonysága rövid időn belül, akár 10 év alatt a minimális szintre csökkenhet. Az általam felhozott néhány példa is jól szemlélteti, hogy a talajcsövezéssel kapcsolatos kutatások igen szerteágazók és az eredmények is általában terület specifikusan, a helyi környezetükben értelmezendők.

3.3.6. A talajcsövezés nemzetközi alkalmazási módjai, jó gyakorlatai

Kutatásom során világossá vált számomra, hogy más országok drénezési gyakorlatával ellentétben, hazánkban az egykor telepített drének jelenlegi alkalmazását vízelvezetési vagy vízpótlási célra számos tényező korlátozza. Ezek a tényezők mellett hazánkban a drénezés műszakilag nem fejlődött tovább olyan szintre, vagy már technikailag nincsenek meg a műszaki feltételei annak, hogy a drénket a vízháztartási helyzetekhez adaptív módon legyen lehetőség használni (BÍRÓ ÉS JÉCSÁK, 2018). A legjellemzőbb műszaki drén konstrukciókat a szabad kifolyású mező- és céldrének jelentik, amely a drének üzemeltetésének kontrollját hagyják figyelmen kívül. Bár megjegyzendő, hogy ezek nemzetközi alkalmazására is megvannak a jó gyakorlatok (GENTRY ÉS TÁRSAI, 1998, FUČÍK ÉS TÁRSAI, 2015). Kontrolláló műtárggyal rendelkező drének alkalmazása Magyarországon kísérleti területeken vagy tangazdaságokban eseti jelleggel történtek. Ezért az értékelésemben fontosnak tartom néhány „jó gyakorlat” összefoglalását.

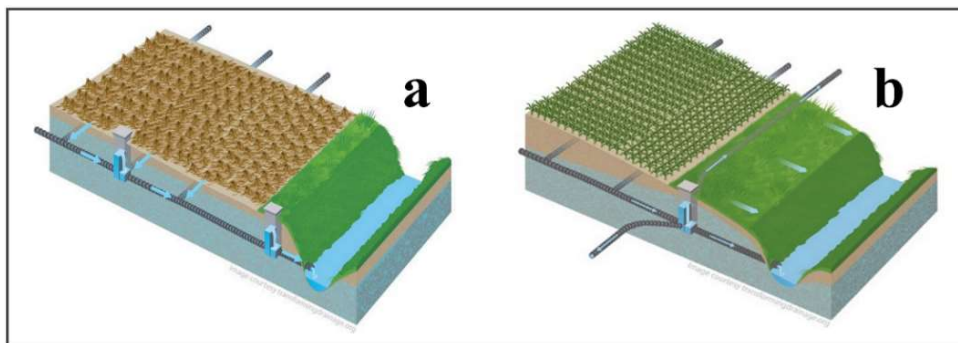
Az értékelés alapját képezi, hogy az adaptálást olyan mező- vagy céldrénezett területeken képzelem el, amelyek üzemeltetése és karbantartása optimális állapotot tükröz és megvan a gazdálkodói motiváció. A nemzetközi szakirodalomban a szabad kifolyású drének alkalmazásán kívül leggyakrabban a következőkben bemutatott három módszer kerül említésre, amelyek hazai adaptálásának lehetőségeit értékelem. A célom az általam megismert három fő legfontosabb technikai megoldás ismertetése volt.

(a) Kontrollált, vagy szabályozott drénezés (NASH ÉS TÁRSAI, 2015; NEGM ÉS TÁRSAI, 2017; SAADAT ÉS TÁRSAI, 2017)

A módszer alkalmazása során a talajcsövek keresztülfutnak egy mozgatható táblával rendelkező műtárgyon, amely a drének befogadójának fenntartási sávja mögött a táblában helyeznek el. A rendszer sajátossága, hogy a szabályozó műtárgyak elhelyezésük szerint a szívkra, de a legtöbb esetben egy főgyűjtőre helyezhetők el (13. ábra, a).

(b) Telített pufferzónás drénrendszer (DAVIS ÉS TÁRSAI, 2018; JAYNES ÉS TÁRSAI, 2018)

A módszer a kontrollált drénezés elvén alapul, ám a befogadóba haladó szívek nem csak a kontrolláló műtárgyakon haladnak keresztül, hanem a műtárgyakba futó oldalszívek segítségével emelik meg a kétfázisú talajzónát. Az eljárás azt a célt szolgálja, hogy megnöveli a drénken keresztül levezetendő vizek tartózkodási idejét a talajban, ezzel jelentősen csökkenthető a felszíni befogadókba kiáramló nitrát formák és nem hasznosult tápanyagok mennyisége az által, hogy a növényeknek marad ideje azok felvételére és hasznosítására (13. ábra, b).

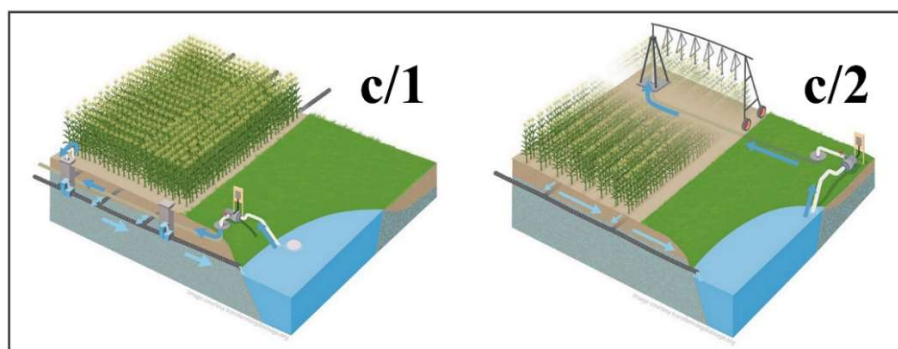


13. ábra. A talajcső hálózatok fejlett alkalmazási módszerei (a,b)
(Forrás:transformingdrainage.org, szerk.: Túri N.)

(c) *Drénvíz visszaforgatásos (újrahasznosító) rendszerek* (BAULE ÉS TÁRSAI, 2017; HAY ÉS TÁRSAI, 2017; REINHART ÉS TÁRSAI, 2019)

A rendszer alkalmazása során a drénekből elfolyó vizet mederben tározzák, majd szivattyú közbeiktatásával felszín alatti nyomóvezetéken keresztül visszavezetik a vizet a dréncsövek végéig, hogy az gravitációs úton újra távozhasson. Cél, hogy a telített zóna szintje mesterségesen visszaduzzasztott legyen a szabályozó műtárgyak által (14. ábra – c/1).

A drén elfolyóvíz visszaforgatás másik lehetősége, amely során a dréneken elfolyó vizeket mederben tározzák, azonban a talajba nem helyeznek el szabályozó műtárgyakat. A tározott vizet ezt követően szivattyú segítségével nyomóvezetéken egy fix vízellátási helyre, hidránsra vezetik, ahonnan a vizet körforgó öntözőgéppel (center pivot) esőszerű öntözéssel juttatják vissza a növények számára (14. ábra – c/2).



14. ábra. A talajcső hálózatok fejlett alkalmazási módszerei (c/1, c/2).
(Forrás:transformingdrainage.org, szerk.: Túri N.)

3.4. Felkészülés a szélsőségekre, a kárjelenségek mérséklési lehetőségei

Napjainkban az emelkedő átlaghőmérséklet, a csökkenő fagyos napok száma, a szélsőséges/szeszélyes csapadékeloszlás egyre inkább növeli a mezőgazdasági területeink aszály- és belvíz-érzékenységet (BIHARI ÉS TÁRSAI 2018), miközben a mezőgazdaságilag művelt területeink talajvízviszonyai is jelentős változást mutatnak.

Az extrém csapadékesemények szempontjából MADARASSY (1983) DVORÁK (1979) nyomán a csapadékesemény ideje és intenzitása szerint csapadékterhelési kategóriákat különböztetett meg. Ilyenek például a hosszú és rövid idejű állandó/változó intenzitású csapadékok, melyek természetesen más és más mértékben terhelik a vízelvezető rendszereket. Ebből következtethetünk arra, hogy a belvizek megjelenésének kockázata a tenyészidőszakban is megnövekedhet, ami jelentős gazdasági kárral járhat. Napjainkban a rövid idejű nagy intenzitású csapadék beszivárgása veti fel a legtöbb kérdést, ugyanis a kisebb beszivárgás miatt a felszíni lefolyás szerepe növekedhet (MUNTEAN ÉS TÁRSAI 2015). Ekkor, a megfelelő agrotechnika és a felszín alatti vízrendezés hiányában, a felesleges vizek mélyebb rétegekbe történő beszivárgása nem következik be.

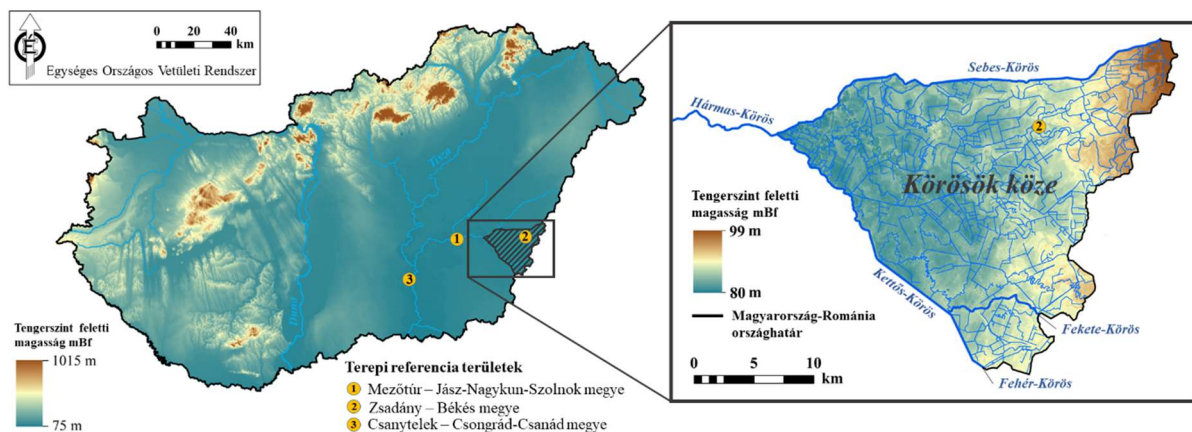
A jelenleg alkalmazott kárkövető szemlélet (aszály- és belvízkár kifizetések) és magatartás helyett, a preventív megoldások (művelési ág váltás, a vizek helyben tartása, árokszűrőzéssel kombinált sekély drénezés, mélylazítás, vakonddrénezés, céldrénezés, komplex melioráció) létjogosultságának értékelése jelenthet előrelépést. Azt szükséges szem előtt tartanunk, hogy a Ezzel egyidejűleg pozitív externáliaként várhatóan a földtulajdon is felértékelődne. Ahhoz, hogy a mezőgazdasági termelés biztonsága fenntartható legyen, nem elég gazdálkodói (üzemi) szinten elvégezni a szükséges beavatkozásokat, hanem nagyobb léptékű operatív (térégi) megoldások is szükségessé válnak (PÁLFAI, 2004). A mezőgazdasági területek okszerű vízgazdálkodásának, valamint az éghajlathoz való alkalmazkodó vízháztartás szabályozásának kérdése egyre inkább égető, amelynek megvalósításában szerepet játszat a drének alkalmazása a megfelelő feltételek mellett.

4. A VIZSGÁLT TERÜLETEK

A vizsgálatba vont mintaterületek az Alföld délkeleti részének négy kistáján (Békési-sík, Körös menti sík, Kis-Sárrét és Dél-Tisza völgy) helyezkednek el (DÖVÉNYI, 2010). A térinformatikai vizsgálatokat elsősorban a Kettős- és Sebes-Körös között elhelyezkedő Körösök közí mintaterületen végeztem, majd további terepi kutatásokat három különböző adottságú referencia területeken (Mezőtúr, Zsadány, Csanytelek) folytattam, kiemelve ez utóbbiak eltérő elhelyezkedéséből adódó jellemzőit, valamint a talajcsövezési munkákkal kapcsolatos érintettségüket (15. ábra). A referencia területek esetében egy-egy talajcsövezett táblát és befogadóját vizsgáltam, de mind a három területről elmondható, hogy azok közvetlen környezetében is drénezett területek találhatók, amelyek a kutatásom kezdetén a helyszíni szemle részét képezték.

A kutatásom ideje alatt az említett területeken kívül helyszíni szemlét tartottam olyan drénezett területeken is, amelyekről kollégáktól, ismerősöktől szereztem tudomást. Ezek a területek a Csongrád-Csanád megyei Felgyőn és Ópusztaszeren, valamint a Békés megyei Örménykúton találhatók. E helyszíni bejárások során készített fényképeket a dolgozat illusztrációként használtam fel. Ez alapozta meg a végül vizsgált táblák kiválasztásának lehetőségét.

Ebben a fejezetben fontosnak tartottam a referencia területek kezelőivel végzett interjúk során elhangzott információk ismertetését is, így a területeken zajló mezőgazdasági tevékenységről, valamint a területek kezeléséről valósabb képet mutathatok be. A terepi referencia területek közül a mezőtúri esetében részletes terepi vizsgálatokat végeztem. A zsadányi és csanyteleki területeken többször ismételt helyszíni szemlét, valamint helyzetértékelést hajtottam végre. A referencia területeken évente ismételt helyszíni szemlék során tett megfigyeléseim lehetőséget adnak arra, hogy értékeljem az egyes referencia területeken bekövetkezett változást.



15. ábra. A kiválasztott mintaterület és a referencia területek elhelyezkedése
(Szerk.: Túri N.)

4.1. Körösök köze mintaterület

A vizsgált terület 1200 km² kiterjedésű, Békés megyében 1166 km², Hajdú-Bihar megyében 33,6 km²-en terül el. A terület Magyarország és Románia határán fekszik, a Sebes-Körös, a Kettős-Körös és a Fehér-Körös folyók között, a Körös menti sík (60%), valamint a Kis-sárrét (40%) kistájak területén (SOMOGYI ÉS MAROSI 1990, DÖVÉNYI 2010). A táj igen változatos geomorfológiájú, amelyet a Körös folyó egykori folyóhátai és medrei tarkítanak, ezek gyakran mélyedéseket képeznek a megművelt táblákon. A terület adottságaiból adódóan az ilyen mélyedések vízelvezetését potenciálisan szükséges elvégezni, mivel ezeket a területeket érintik

leginkább a belvízi elöntések, illetve e területeken a művelési ág váltásának szükségessége is felmerülhet.

A területen a vízszabályozási munkálatok első említése az 1740-es évekre tehető, ám rendszeressé csak az ezt követő három évtizeddel váltak. A munkálatok nagy volumenét az is bizonyítja, hogy a 26 ezer km²-es vízgyűjtő területből 16,4 ezer km² területet érintettek a szabályozási feladatok (DÓKA 1997). A 16. ábra az első katonai felmérésen szemlélteti, hogy a szabályozások előtt a terület jelentős részét víz borította. Jól láthatók a szabályozatlan Körösök akkori meanderei, amelyek később nyílt vizű morotvaként maradtak meg a területen.



16. ábra. A Körösök köze mintaterület Magyarország Első Katonai Felmérésén (1782-1785) (Szerk.: Túri N., az alaptérkép forrása: Arcanum)

A földhasználatra jellemző, hogy a mezőgazdaságilag művelt területek aránya magas (88%), ezen belül pedig a szántók kiterjedése közel 67,8%, ezek jóval az országos átlag feletti arányok. A gyepek 11,9%, az erdők területaránya 8,14%. Az éves csapadékmennyiség SOMOGYI ÉS TÁRSAI (1990) kataszterében 560-590 mm, amely mára 500-550 mm-re csökkent (BIHARI ÉS TÁRSAI 2018). Az estenként károsan jelentkező víztöbblet mellett a területen egyre gyakoribb aszályok jelentik mára a mezőgazdasági termelés korlátait. A Pálfa-féle aszályindex (PAI) területi értékei 8 feletti (erősen aszályos). 1931–2015 között a súlyosan aszályos évek 26-30 esetben fordultak elő (CSORBA 2021). A talajvíz mélysége változó, általában 0,5-5,5 m, szezonális ingadozással. A mintaterület a Körös-vidéki Vízügyi Igazgatóság (KÖVIZIG) működési területére esik.

A Körösök köze területének előzetes vizsgálata két fő részből állt: (1) megvizsgálni, hogy a területen mennyire jellemző a belvizek megjelenése, valamint hogy (2) mekkora kiterjedésű talajcsövezéssel érintett terület válogatható le, amelyekre elvégezhetők az általam alkalmazni kívánt térbeli vizsgálatok.

A mintaterület kiválasztásának szempontjai a következők voltak:

- A terület 1990 előtt a nagyüzemi felszín alatti vízrendezési (talajcsövezés) beruházások frekvenciált területe volt.

- A terület több mint 70%-án előfordult már belvíz elöntés.
- A terület jellemzően kötött, korlátozott beszivárgású és alacsony vízáteresztőképességű talajokkal rendelkezik.
- A Körösköz területének jelentős része művelt mezőgazdasági terület, ahol a belvíz, vagy az aszály a legnagyobb gazdasági kárt okozhatja.
- Az elemzésekhez szükséges különböző adatsorok kielégítő hosszúságban és minőségben álltak rendelkezésemre.

4.2. Mezőtúr referencia terület

A terepi referencia területek közül a részletesen vizsgált talajcsövezett terület földrajzilag a Békési-sík kistájon, közigazgatási szempontból pedig a Jász-Nagykun-Szolnok megyei Mezőtúron található (lásd 15. ábra). Az egykori komplex meliorációs beruházások kapcsán Békés megyei érintettségű: az egykori Dózsa MGTSZ (Szarvas) kezelésébe tartozott. A mintaterület és környékének üzemi meliorációs tervét 1987 áprilisában az AGROBER Békés megyei tervezői irodája készítette, majd a békés megyei székhelyű KÖVIZIG elvi vízjogi engedélyével a kiviteli tervek alapján a beruházás két ütemben 1988-ban, valamint 1989-ben valósult meg. A vizsgálatához elengedhetetlen meliorációs tervcsomagokat a leírtak okán a Békés Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság Vízikönyvi és Vízvédelmi Okirattárában volt lehetőségem átvizsgálni. A kivitelezett meliorációs művek, valamint mező- és céldrének vízjogi üzemeltetési engedélyt csak 1994-ben kaptak, vagyis 28 éve üzemelnek, üzemelhetnek. A referencia terület kiválasztásának főbb szempontjai között szerepelt, hogy a terület meliorációs tervcsomagjai rendkívül sok információt tartalmaztak a kutatáshoz, fontos szempont volt, hogy a terület kezelője engedélyezte a területen folyó vizsgálatokat, valamint a terület Szarvas városhoz elérhető távolságban helyezkedik el, amely tényező a monitorozás szempontjából igen lényeges volt (TÚRI 2021).

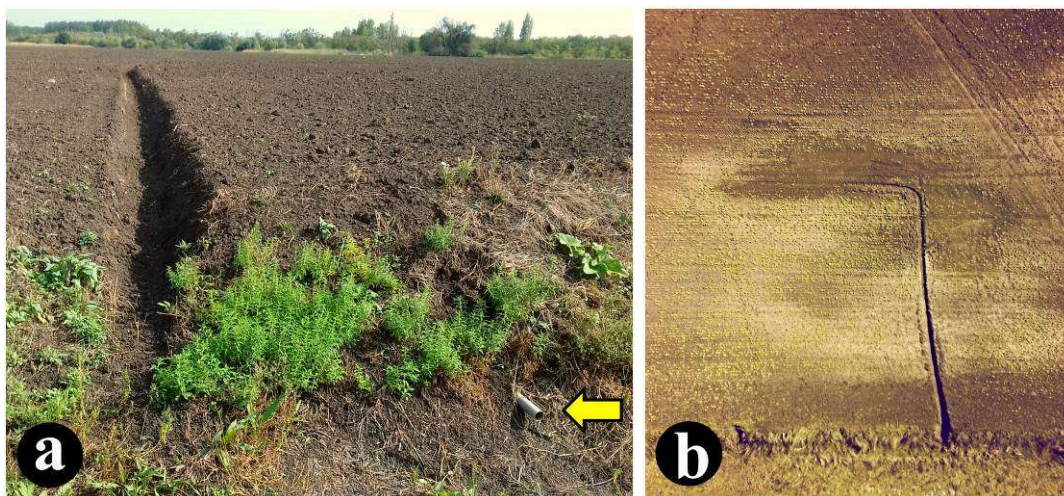
A kiválasztott táblán a vízrendezési munkák kivitelezésére az I. ütemben került sor, a tábla kiterjedése 182 ha. A talajcsövezés megvalósítása során a tábla két oldalán nyílt gyűjtős meződrének, míg a táblán belül öt zárt gyűjtős céldrén lett kialakítva (17. ábra).



17. ábra. A Mezőtúr referencia terület talajcsövezési térképe (Túri 2021)

A táblán telepített drének hossza 33,2 kilométer, számuk 137 db. Az általam vizsgált Mezőtúri II. sz. csatorna mentén a 65 mm átmérőjű hullámos falú dréncövek telepítési távolsága 20 m, telepítési mélységük 85-120 cm között változik. A terület az egykori vízrendezés ellenére jelenleg is belvízzel veszélyeztetett, amelyet az elérhető légifelvételek, valamint a területen található belvízlevezető vápák (5-7 db) is bizonyítanak (TÚRI 2021). A vápák a belvizek elvezetése céljából évente kerülnek kialakításra a táblán. Ténylegesen belvizes

évek esetében igen súlyos problémaként jelentkeznek, hogy a vízerózió több köbméter talajt hord le a területről a felszíni vápákon keresztül a befogadó csatornába, ezzel előidézve annak feltöltődését (18. ábra).



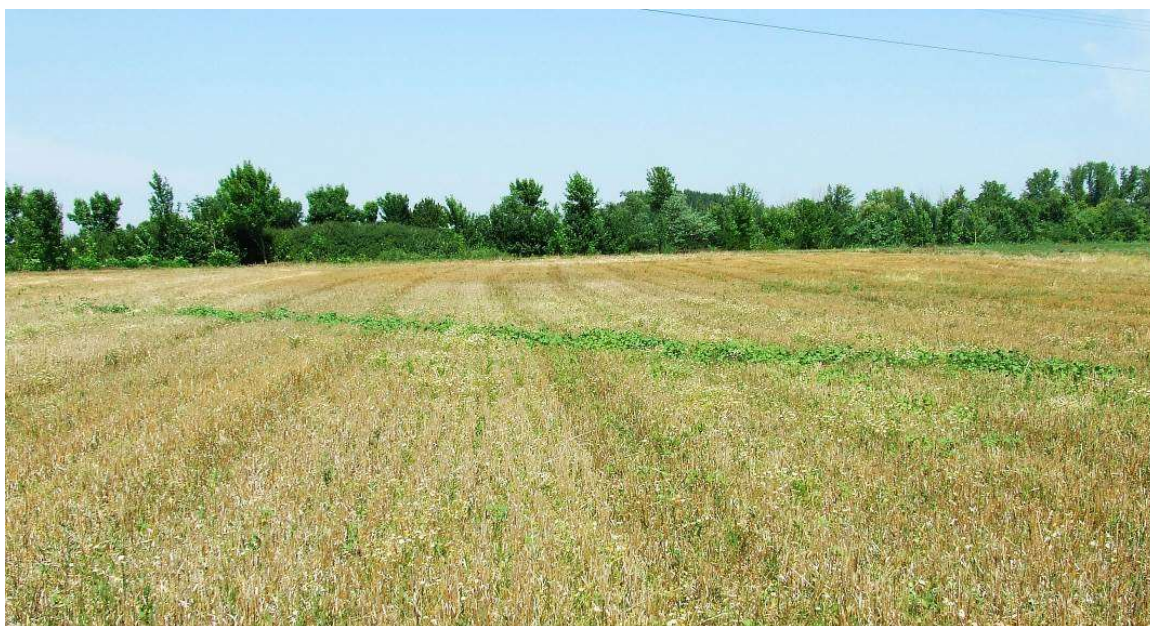
18. ábra. Belvíz elvezetés céljából behúzott vápák alkalmazása a bevált gyakorlat a többlet vizek megszüntetésére (a). A területen lévő drének (sárga nyíl) feltételezhetően nem szolgálják kellően ezt a célt. Drónos légifotó vápával lecsapolt belvízfoltról (b) a referencia területen 2021 márciusában (Fotók: Túri N.)

A terület kezelőjével végzett interjú során elhangzott, hogy a referencia területen és környező drénezett táblákon a közelmúltban is voltak törekvések a drén kifolyók állapotának megőrzésére, illetve felújítására. A drénkifolyók befogadójául szolgáló földmedrű csatornák állagromlása, valamint a csatorna menti gondatlan növényzetirtás miatt azonban ez nem tartott hosszú távon. A helyszíni szemlék során azt tapasztaltam, hogy a csatorna menti növényzet irtása következtében (kaszálassal, égetéssel) a még ép drénkifolyó csövek jellemzően mechanikai sérülést szenvednek, egyre fogatkoznak (TÚRI 2021). Jelenleg a területen szántóföldi növénytermesztés folyik, jellemzően őszi búzát termeszteneek öntözetlen körülmények között. 2020-ban takarmányborsó volt a területen, amelyet csévéldobos öntözőgépekkel öntöztek. A helyszíni szemlék során a talaj felszínének beszívargási viszonyairól sokat elárult, hogy a túlóntözés esetében a felszínen nyílt vízfelületek, felületi vízeróziós nyomok jelentek meg.

4.3. Zsadány referencia terület

A zsadányi terület Békés megyében található a Kis-Sárrét kistáj területén. A 121 hektáros területen 1989-ben fejeződtek be a talajcsővezési (meződrén) munkálatok, amely során a kezelt táblán 15 km dréncső került lefektetésre, 20 méteres szívótávolsággal. A referencia terület kiválasztásának fő szempontja volt, hogy a terület a Körösök közén található, valamint a területen megfigyelhető jelenség volt a dréncsővek feletti növényzeti különbség, amely a drének jelenlétét bizonyította (19. ábra). Az első helyszíni szemle során ennek ellenére a csatornába futó drénkifolyók nem voltak megfigyelhetők. A zsadányi terület esetében a terület kezelőjének nem volt tudomása arról, hogy a területén felszín alatti vízrendezési művek találhatóak (!), ugyanakkor a terület műveléséről, valamint a belvízzel való tapasztalatairól hasznos információkat adott át. A gazdálkodó szerint a belvíz megjelenése jellemző a táblán, de annak tartósságát a tábla menti csatorna vízkormányzásával szabályozni tudják. A terület vízmentesítését általában csak olyan mértékben teszik, hogy az év későbbi részében a talaj megmaradó vízkészlete, valamint a lehulló csapadék ki tudja elégíteni a termesztett növények vízigényét. A kezelő szakmaiságát bizonyítja, hogy a belvíz veszély csökkentése céljából egy évben olajretket termesztettek a területen, amely gyökérzete képes 120 cm mélyre is lehatolni,

és áthatolni a talaj tömörödött rétegein is. A terület kezelője szerint a következő évben a szokásoshoz, valamint a környező táblákhoz képest mérsékelt belvízkár jelentkezett.



19. ábra. Gyomnövények és árvakelések által kirajzolt vonalak a dréncsövek feletti felszínen a zsadányi referencia területen (Fotó: Túri N., 2017)

4.4. Csanytelek referencia terület

A csanyteleki terület Csongrád–Csanád megyében, a Dél-Tisza völgy kistáján, a Tisza folyó alacsonyártéri területén található. A 70 hektáros területen 1987-ben fejeződtek be a meződrénezési munkálatok, amely során 28,8 km dréncső került lefektetésre, 20 méteres szívótávolsággal. A referencia terület kiválasztásának egyik fő szempontja volt, hogy a terület meliorációs tervdokumentációja rendkívül részletes, valamint családi kötődésemnek köszönhetően a területen és környékén kiemelkedő a helyismertem. A referencia terület környezetében további 500 hektár drénezett terület található. A terület egykori kezelője elmondta, hogy a teljes alacsonyártéri terület drénezését kettős működtetésűre alakították ki, amely során, a magas ártéren futó Alsó-főcsatornából tervezték kiépíteni a tápcsatornát a rendszer működtetéséhez, ám az összeköttetés soha sem valósult meg. Az alacsony ártéri területen kiépültek a megfelelő infrastruktúrák is, mint például a meliorációs szivattyúállás és műtárgyai. További problémaként jelentkezett, hogy a terület néhány tulajdonosa nem kívánt részt venni a rendszer komplex üzemeltetésében, ezzel ellehetetlenítve a rendszer akkori hatékony, de már csak lecsapolási célú működtetését. A konkrét referencia területen az általam tett helyszíni szemlék során csemegekukorica, valamint napraforgó volt a termesztett növénykultúra. A referencia területen az utóbbi két évben öntözésfejlesztést hajtottak végre, amely során, a területen a meliorációs szivattyú helyreállítását követően esőszerű öntözés került kialakításra. A lineár öntözőgép tápcsatornája megegyezik a meződrének befogadójával, viszont a drénkifolyók helyreállítása elmaradt (20. ábra). Mindez meglepő, ugyanis az öntözésfejlesztések mind a múltban, mind pedig a jelenben magába foglalják a felszíni és a felszín alatti vízrendezést is egyaránt.



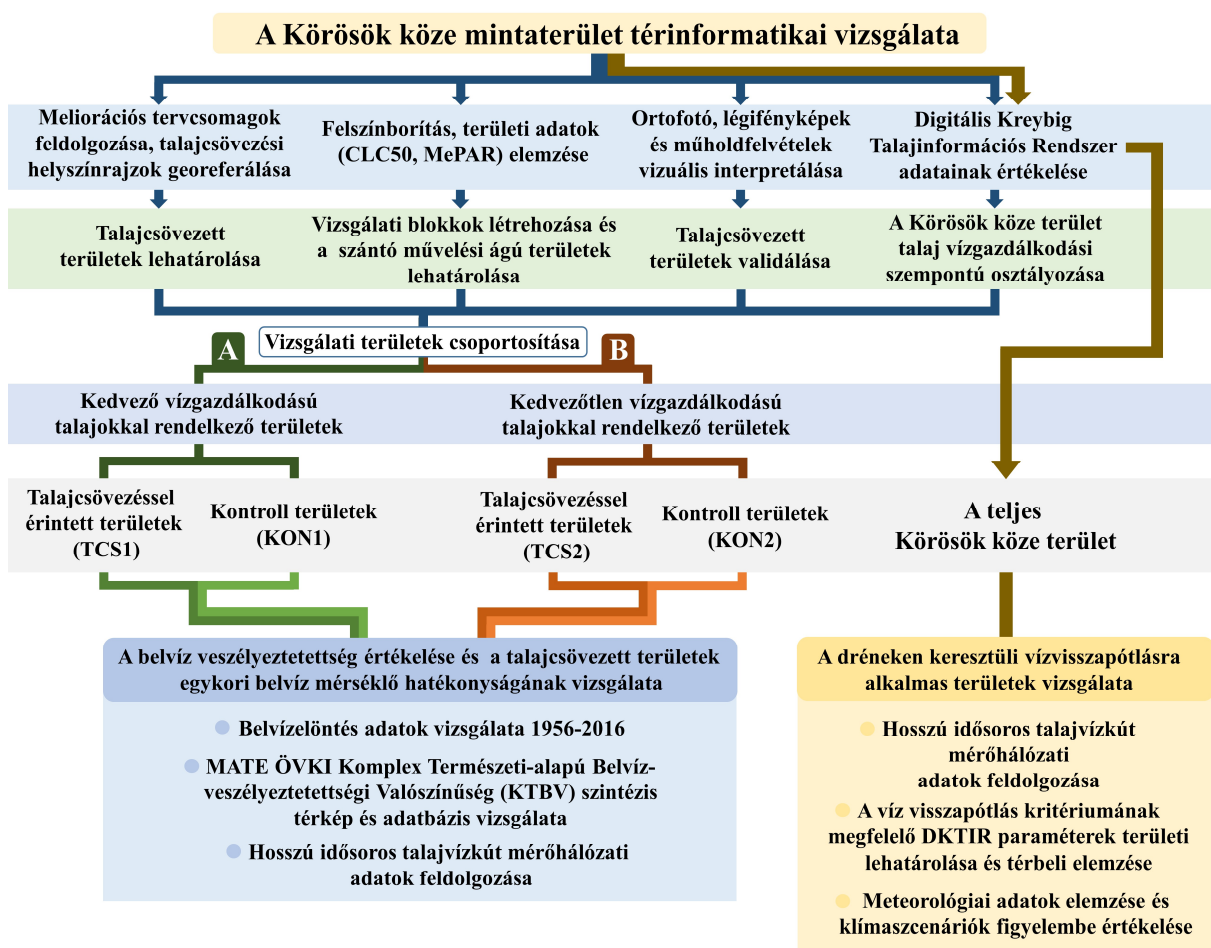
20. ábra. A csanyteleki referencia terület rekonstruált meliorációs szivattyúja, valamint a drénezett területre kiépített esőszerű öntözés (Fotók: Túri Norbert, Túri Kitti Viola)

5. ANYAG ÉS MÓDSZER

A talajcsövezés témájával foglalkozó kutatásom során, vizsgálataimat több lépcsőben és perspektívában végeztem el. Térinformatikai, valamint terepi vizsgálatokat végeztem annak érdekében, hogy értékeljem az egykori talajcsövezés eredményességét, vizsgáljam a dréneken keresztüli víz visszapótlás lehetőségeit, valamint meghatározzak olyan feltételrendszereket, amelyek a drénezés hazai vonatkozásában iránymutatók lehetnek.

5.1. A Körösök köze mintaterület térinformatikai vizsgálatai

A fejezetben összefoglalom a Körösök köze mintaterület, valamint a referencia területek elővizsgálatahoz felhasznált adatbázisokat, valamint az alkalmazott módszereket. A 21. ábra szemlélteti a Körösök köze területére rendelkezésemre álló és felhasznált adatbázisokat, valamint az alkalmazott kiértékelési folyamatokat, amelyek két fő kérdés megválaszolását szolgálták, mint (1) a talajcsövezéssel érintett területek belvíz mérséklő hatékonyságának kimutatása, valamint (2) a dréneken keresztüli víz visszapótlásra alkalmas területek meghatározása.



21. ábra. A felhasznált adatbázisok térinformatikai elemzésének folyamatábrája
(Szerk.: Túri N.)

5.1.1. Felszínborítási és területi adatok

A mintaterület felszínborítás viszonyainak értékeléséhez a több évben publikált Corine Land Cover Felszínborítottság adatbázist (CLC2000, CLC2006, CLC2012) használtam fel. Az adatbázis használatának célja az volt, hogy elkülönítsem a jelenleg szántó művelési ágba tartozó területeket, ahol potenciálisan a drének alkalmazása indokolt. A különböző években publikált

felszínborítottság térképek szerint a szántó művelési ágba tartozó területek aránya minimális változást mutatott, így a CLC hazánkra adaptált Nemzeti nagyfelbontású CORINE felszínborítási adatbázis (CLC50 – BÜTTNER ÉS TÁRSAI 2004) térinformatikai állományát használtam fel, amelyet a Lechner Tudásközponttól (a FÖMI jogutódja) szereztem be. Az adatbázisból a 2111 kóddal rendelkező (nagyábrás szántóföldek), a 2112 kóddal rendelkező (kistáblás szántóföldek), valamint a 2121 kóddal rendelkező (állandóan öntözött szántó területek) területi lefedettsége szerint kategorizáltam a Körösök köze mintaterületet. A kategórián kívül eső területek nem képezték a vizsgálatok tárgyát.

A felszínborítás szerinti osztályozás mellett, a vizsgálandó területi egységek meghatározását végeztem el, amelyhez az online elérhető Mezőgazdasági Parcella Azonosító Rendszer (MePAR) térképes adatbázisát használtam fel annak érdekében, hogy a térinformatikai környezetben fix, nem változó terület határu objektumként vizsgálható egységeket, vagyis blokkokat hozhassak létre. A MePAR meghatározása szerint „a fizikai blokk a művelés szempontjából összefüggő, több éven keresztül állandó, a terepen azonosítható határokkal rendelkező földterület. A blokkok a több éves forrásadat alapján láthatónak és stabilnak értékelt határok mentén jelölik a terület alapú támogatásra jogosult mezőgazdasági terület valós funkcionális egységeit. Egy fizikai blokkban általában több mezőgazdasági parcella/tábla van, és területét több gazdálkodó is művelheti. A fizikai blokkon belül különböző mezőgazdasági hasznosítások is lehetnek.” (<https://mepar.mvh.allamkincstar.gov.hu/>). A leírás pontosan tisztázza a talajcsövezett területek vizsgálatának nehézségeit, miszerint egy több évtizede meződrénezett nagy táblán több, időben változó kezelés, művelési ág is előfordulhat, így fixen vizsgálható terület egységekként a MePAR adatbázist felhasználva hoztam létre a vizsgálatra szánt vektor poligonokat ArcMap szoftverkörnyezetben.

5.1.2. Meliorációs tervdokumentációk

A Körösök köze a hazai talajcsövezési beavatkozások kiemelt területének számított, így az első feladatomból volt a mintaterületre fellelhető meliorációs tervdokumentációk áttekintése. A meliorációs tervcsomagokat (22 db) a Békés Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság Vízikönyvi és Vízvédelmi Okirattárában vizsgáltam át. A békés megyei hatósági lefedettségnek köszönhetően a feldolgozott tervcsomagok között szerepeltek a zsalányi és mezőtúri terepi referencia területek meliorációs tervcsomagjai is. A csanyteleki referencia terület meliorációs tervcsomagja az egykori csanyteleki Egyetértés MGTSZ archivált irattárában volt megtalálható. A meliorációs tervcsomagok tartalma általában sematikus, részei a műszaki leírás, talajcsövezési helyszínrajzok; talajtani szakvélemény; a csatornák és kezelő utak ábrázolt, illetve írott hossz és keresztmetszvényei; műtárgy kimutatások és műszaki rajzaik; a talaj humusz- és karbonát-tartalom kartogramok; talajvíz kartogramok; valamint a talajcsövek írott hossz szelvényei. A tervcsomagokban megtalálható volt az iratjegyzék is, amely dátumra pontosan tartalmazza a meliorációs beruházás lefolyásának minden engedélyes lépését és a kapcsolódó határozatokat elvi vízjogi engedély, vízjogi létesítési engedély, vízjogi üzemeltetési engedélyek, átadás-átvételi jegyzőkönyvek (TÚRI 2021). Az átadás-átvételi jegyzőkönyv, valamint a vízjogi üzemeltetési engedély megléte kulcs fontosságú annak megállapítására, hogy egy-egy talajcső hálózat valóban kiépült és üzemeltethetővé vált (BOZÁN ÉS TÁRSAI 2016).

A meliorációs tervcsomagokból történő adatgyűjtést követően, a részletes és átnéztes talajcsövezési helyszínrajzok térinformatikai feldolgozását végeztem el (ArcMap, georeferálás). Az alaptérképen (FÖMI 0,5m/pixel felbontású ortofotó, 2005) beazonosítottam, valamint vektorizáltam a referencia területeket, valamint azokat a mezőgazdaságilag művelt táblákat, táblacsoportokat, amelyek meliorációval, azon belül is talajcsövezéssel érintettek a Körösök közén. Ezek a lehatárolt terület egységek képezték a vizsgálni kívánt blokkokat.

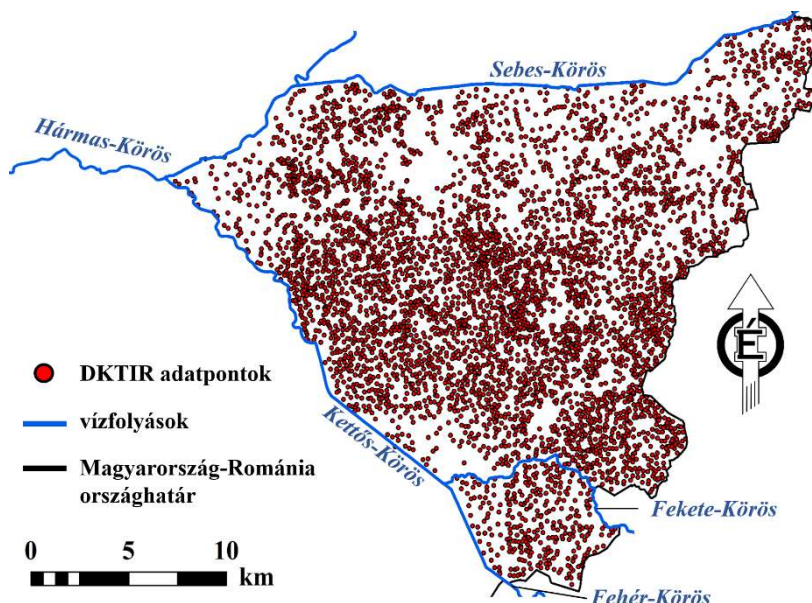
5.1.3. Légi- és műholdfelvételek

A talajcsövezett területek beazonosításával párhuzamosan, különböző időpontokból származó légifelvételek vizuális interpretációját is elvégeztem, VERŐNÉ (2010) útmutatója

alapján. A kiértékelés célja, a talajcsővezés felszínén felfedezhető nyomainak keresése volt a légifelvételeken (TLAPÁKOVÁ ÉS TÁRSAI 2017, TÚRI ÉS TÁRSAI 2018). Az első körben áttekintett légifelvételek a 0,5 m/pixel terepi felbontású, 2000, 2005 és 2007 évekből származó ortofotók voltak, amelyeket a Budapest Főváros Kormányhivatala Földmérési, Távérzékelési és Földhivatali Főosztályról szereztem be. A légifotó kiértékelés továbbá az olyan online elérhető térképi és légifotó adatbázisokra is kiterjedt, mint a www.fentrol.hu internetes oldalon elérhető archív légifelvételek, amelyeket az Állami Földmérési és Térképészeti Hivatal állított elő. A Körösök köze, valamint a referencia területek esetében a Google Earth Pro szoftver 'történelmi képek' funkciójának alkalmazásával, a különböző időpontokban elérhető légifelvételeket is vizuálisan interpretáltam

5.1.4. Talajtani adatok

A minta és a referencia területek talajtani viszonyainak részletes térinformatikai vizsgálatához a Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszer (DKTIR, PÁSZTOR ÉS TÁRSAI 2010) labor-, valamint terepi eredményeinek adatait dolgoztam fel, amelyet az ATK Talajtani és Agrokémiai Intézete (TAKI) biztosított számomra (22. ábra). A talajtani adatok vizsgálatának célja volt azon paraméterek vizsgálata, amelyek meghatározzák a drénezhetőséget, valamint a drének keresztüli vízvisszapótlás lehetőségeit. A talaj vízgazdálkodási tulajdonság szerinti kategorizálása a DKTIR adatbázisban már szereplő paraméter volt, ám az adatbázisból vizsgált talajparaméterek figyelembe vételével alkalmaztam őket.



22. ábra. A felhasznált DKTIR adatpontok a Körösök közén (Szerk.: Túri N.)

A tervezési időszakban telepített drének vízpótlási célú üzemeltetése igen szigorú szabályrendszer szerint történhetett meg, amelyet az egykori Mezőgazdasági és Élelmiszerügyi Minisztériumának Országos Vízügyi Hivatala által kiadott „Útmutató a talajcsőrendszerek kettős működtetése feltételeinek meghatározásához” című közleményében szabályozta (OVH 1986). A rendelkezésre álló adatbázisok ugyan nem fedik le a teljes kritériumrendszert, de olyan főbb paramétereket tudtam vizsgálni, mint például a sótartalom, textúra, valamint a kapilláris vízemelő képesség, amelyek az adatbázisban kielégítő minőségben álltak rendelkezésre. Ehhez kapcsolódóan vizsgáltam még a mintaterület talajvíz viszonyait is, amelyet a későbbiekben ismertetek.

A vizsgálat lépései az alábbi szempontok szerint történtek. A talajtani adatok, illetve az adatbázisban meglévő talajvízgazdálkodási kategóriák alapján (Várallyay 1982) elkülönítettem vizsgálati csoportokat (A, B). Megkülönböztettem kedvező vízgazdálkodási tulajdonságú

talajokon lévő talajcsövezett területeket (TCS1), valamint kedvező vízgazdálkodási tulajdonságú talajokon lévő kontroll területeket (KON1), ami az „A” vizsgálati csoportot jelentette. A „B” vizsgálati csoportba tartoztak a kedvezőtlen vízgazdálkodási tulajdonságú talajokon lévő talajcsövezett területek (TCS2), valamint a kedvezőtlen vízgazdálkodási tulajdonságú talajokon lévő kontroll területek (KON2).

Vizsgáltam továbbá, hogy milyen talajtípusok találhatók a Körösök közén, milyen talajok jellemzik a vizsgálandó csoportokat. Különböző talajmélységekben elemeztem, hogy milyen sótartalom, illetve kapilláris vízemelő képességű állapotokkal jellemezhetőek a talajok, illetve mely területek alkalmasak drénezésre, vagy dréneken keresztüli vízvisszapótlásra.

A talajtani adatpontok (4976 db) térinformatikai feldolgozása során a különböző vizsgált talajparaméterek nem minden adatpontban rendelkeztek teljes adattartalommal. Ennek megfelelően az adott vizsgálati paramétert teljesen tartalmazó adatpontok kerültek leválogatásra és elemzésre. A vizsgálatból kizártam azon területek adatpontjait (kivéve a bufferként használt szomszédos adatpontokat), amelyeket a CLC50 adatbázis alapján nem minősítettem a szántók kategóriájába. Ezzel a 18. ábrán látható vizsgálható pontok száma tényezőnként változó mértékben lecsökkent, valamint a területi homogenitásuk is megváltozott. Annak érdekében, hogy területileg összehasonlítható térinformatikai rétegeket hozhassak létre, a paraméterenként leválogatott adatpontokból, az adatpontok távolságával arányos (IDW) interpolációt hajtottam végre (RIES 1993). Annak érdekében, hogy az egyes paraméterek egyes interpolált rétegei, illetve azok fedése rangsorolható legyen, a mintaterületet, egymástól azonos távolságban elhelyezett rácshálóban elhelyezett pontokban (fishnet) újrámintáztam, majd újra osztályoztam. A folyamat eredményeként az egyes vizsgálható rétegekben lehatárolt paraméterek 1-es értéket kaptak, a kieső területek pedig 0-t. Több réteg összesítésével az összeadódott értékek szerint, a nagyobb értékű adatpontok jelentették az adatpontban található paraméterek átfedését pl. meghatározott sótartalom értékek különböző rétegekben.

5.1.5. Talajvíz adatok

A talajvízkút mérőhálózati adatsorok a MATE ÖVKI Komplex Természeti-alapú Belvíz-Veszélyeztetettségi térképezéséből származtatott adatbázisból kerültek leválogatásra, amelyek az Országos Vízügyi Főigazgatóság normalizált havi talajvízkút adataiból származnak (3. táblázat). A talajvízkút adatok előkészítése során, a felszínre vonatkoztatott talajvízszintek létrehozását végeztem el. A vizsgálathoz felhasznált talajvízszint értékek az egyes kutak esetén a mért talajvízszintek, valamint az egyes kutakhoz tartozó kútkiállások különbségéből adódtak. A talajvíz adatok felhasználásával célom volt a Körösök köze mintaterületen meghatározni azokat a területeket, ahol tartósan a felszín közelében van a talajvíz szintje, valamint lehatárolni azon területeket, ahol a talajvíz olyan mélységben található a tenyészidőszakban, hogy ott a dréneken keresztüli vízpótlás ezen tényező szempontjából biztosított lehet. A mintaterületre és környékére eső 27 talajvízkút adatsorát MS excel majd térinformatikai, valamint ArcMap szoftverkörnyezetben dolgoztam fel 1980 és 2018 között.

3. táblázat. A talajvíz vizsgálatokhoz felhasznált talajvízkutak jellemzői (Szerk.: Túri N.)

Talajvízkút törzsszám	Település	Koordinát a (EOVx)	Koordinát a (EOVy)	Vízügyi Igazgatóság
2653	Szeghalom	187739	816244	TIVIZIG
2656	Komádi	187130	835250	TIVIZIG
2661	Berekböszörmény	194328	849911	TIVIZIG
2783	Gyoma	177880	785800	KÖVIZIG
2788	Csárdaszállás	170773	793806	KÖVIZIG
2789	Dévaványa	179890	796430	KÖVIZIG
2790	Mezőberény	165080	799920	KÖVIZIG
2793	Körösladány	182478	803764	KÖVIZIG
2794	Békés	163150	809390	KÖVIZIG
2795	Békés	165690	815130	KÖVIZIG
2796	Vésztő	177470	818470	KÖVIZIG
2799	Vésztő	181965	824173	KÖVIZIG
2800	Zsadány	174720	832460	KÖVIZIG
2802	Zsadány	180470	839860	KÖVIZIG
2803	Geszt	174380	842820	KÖVIZIG
2804	Biharugra	183720	844040	KÖVIZIG
2815	Okány	174880	825930	KÖVIZIG
2819	Doboz	151200	814300	KÖVIZIG
2821	Doboz	156980	817980	KÖVIZIG
2822	Gyula	147090	821200	KÖVIZIG
2825	Nagygyanté	171110	831930	KÖVIZIG
2834	Dévaványa	185410	799710	KÖVIZIG
2981	Méhkerék	161900	833150	KÖVIZIG
3457	Csökmő	189417	823617	TIVIZIG
3859	Békés-Vízesfás puszta	166020	820070	KÖVIZIG
4034	Sarkad	156976	830952	KÖVIZIG
4038	Gyomaendrőd	181364	788475	KÖVIZIG

A vizsgálat lépései az alábbi szempontok szerint történtek:

- A mintaterület talajvíz viszonyainak értékelése szempontjából MS excel szoftverkörnyezetben adatértékelést hajtottam végre. Azt vizsgáltam, hogy 2010–2018 között a Körösök köze talajvíz szintjei mennyire térnek el a megelőző közel három évtized átlagától (1980–2009).

Az adatértékelés során vizsgáltam továbbá, hogy a feltöltődési és tenyészidőszakokban mikor jelentek meg -1,5 illetve -0,5 méternél sekélyebb talajvízszintek (TV) a Körösök közén 1980 és 2018 között. Ehhez a feladatrészhez MS excelben ketté választottam a vízkészlet feltöltődési (november-április), valamint vízkészlet kiürülési tenyészidőszakokat (május-október). A bontást követően az adatsorokon belül numerikus kódokkal jelöltem az alábbiak szerint:

TV < -1,5 m → 0 kód

-1,5m < TV < -0,5 m → 1 kód

-0,5m < TV < 0 m → 2 kód

- A vizsgálat következő lépésében összesítettem, hogy a kategorizált talajvízszintek közül a -1,5 méternél sekélyebb talajvízszintek a teljes vizsgálati időszakban (1980 és 2018) milyen gyakorisággal tartózkodott a Körösök köze területére eső talajvízkutakban:

$$\frac{\text{-1,5 méternél sekélyeb talajvízszintekkel rendelkező hónapok száma}}{\text{összes vizsgált hónap száma}} * 100 = \text{a vizsgált talajvízkút sekély talajvízszintű időszakának aránya}$$

- A talajvízkút adatok kiértékelését követően az eredmények térbeli eloszlásának vizsgálatához a talajvízkutakhoz tartozó földrajzi EOV koordináták felhasználásával ArcMap szoftverkörnyezetben adatpont réteget hoztam létre. A létrehozott adatpontokból az adatpontok távolságával arányos (IDW) interpolációt hajtottam végre.

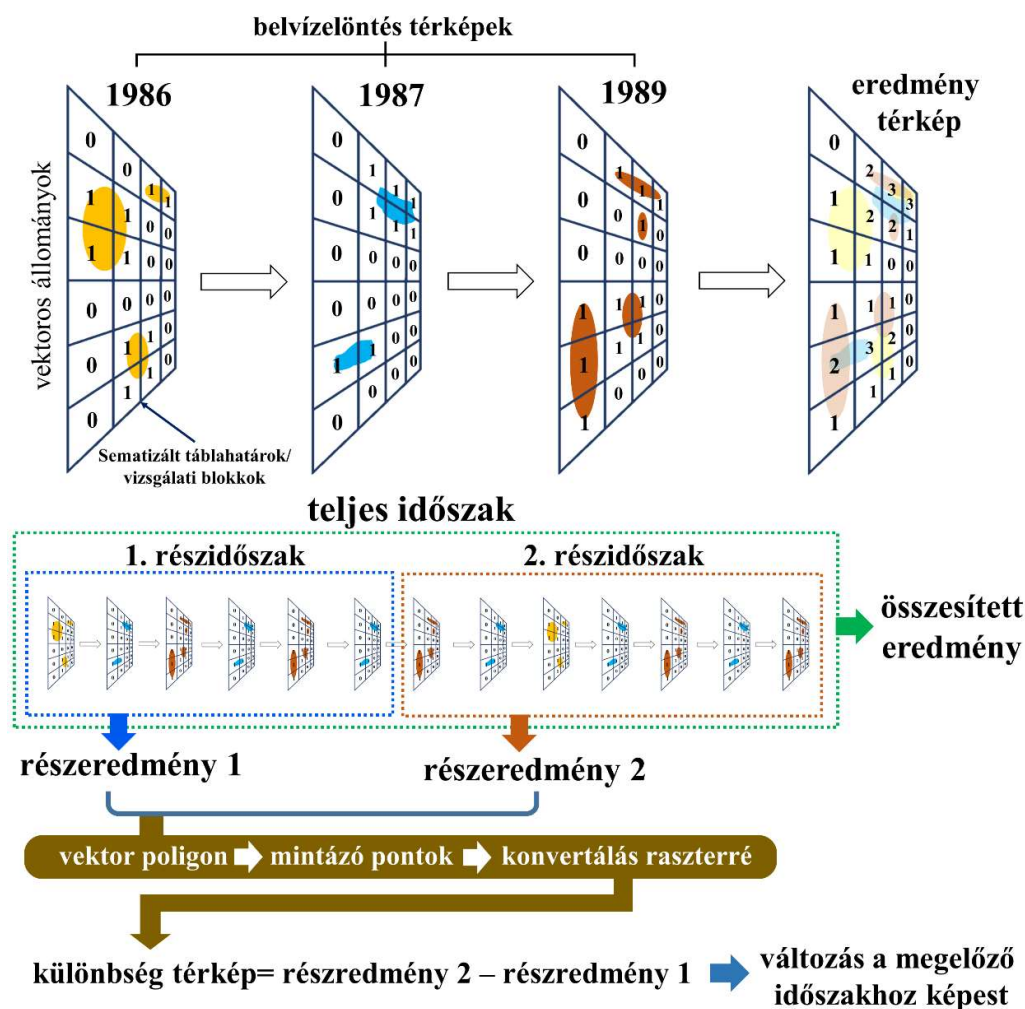
Az interpolált térképet ezt követően újraosztályoztam, amely során két osztályt hoztam létre annak megfelelően, hogy melyek azok a területek, amelyeket jellemzik, vagy nem jellemzik a sekély ($TV > -150$ cm) talajvízszintek. Erre a 15%-os sekély talajvízszint megjelenési gyakoriság feletti területeket kijelöltem ki.

- A talajvízkút adatsorok térinformatikai elemzése arra is kiterjedt, hogy a 2009 és 2018 közötti tíz éves időszakban megvizsgáltam, hogy egymáshoz viszonyítva hogyan változtak a havi talajvízszintek a mintaterületen (10 év * 12 hónap = 120 db interpolált (IDW) térkép generálása).

5.1.6. Belvívelőntés adatok

Vizsgálataim során, a mintaterületen előforduló belvívelőntések térbeli és időbeli megjelenésének vizsgálata kiemelt szerepet kapott, ugyanis e tényező vizsgálatán keresztül kívántam megállapításokat tenni a talajcsövezés hatékonyságáról.

A belvívelőntés adatok, a Körös-vidéki Vízügyi Igazgatóság (KÖVIZIG) papír alaptérképen regisztrált térképeinek digitalizálásából létrehozott, jórészt vektorizált térinformatikai állományként álltak rendelkezésemre a MATE ÖVKI származtatott adatbázisából. A vektoros állományok az 1956 és 2016 közötti időszakból tartalmaztak belvívelőntéseket, amelyek 22 belvizes év térképes adatait jelentették. A belvívelőntések adatbázisát a különböző időszakokban történő megjelenési gyakoriságok értékeléséhez használtam fel a talajcsövezett és nem talajcsövezett kontroll területeken. A belvívelőntések térinformatikai vizsgálatának módszerét a 23. ábra szemlélteti.



23. ábra. A belvívelőntés gyakoriság vizsgálatának, valamint a szakaszokra bontott értékelésének folyamata (Szerk.: Túri N.)

A belvíz előntés adatok felhasználásánál megemlítenő, hogy a belvíz foltok terepi megfigyelése, valamint regisztrációja a papír alapú térképen szubjektív a felmérést végző személyre nézve. Az ábrán ennek megfelelően sematikusán ábrázoltam, hogy nem konkrétan a belvízfoltok által lefedett terület kiterjedését, hanem a belvízzel érintett blokkon regisztráltam, ha érintett volt az adott évi belvízelöntési adatok alapján.

A belvízelöntési térképek egy belvizes évben általában egyszer, a belvíz maximális kiterjedése idején kerülnek rögzítésre a terepi megfigyelők által. Ez esetben kedvező tényező, ugyanis a vizsgált év minden érintett blokk attribútumába regisztrálni tudtam azok belvízi érintettségét.

Ezt követően a vizsgált blokkokon regisztráltam a belvizek megjelenését, különféle vizsgálati időszakokat jelöltem ki az összehasonlítások érdekében. Ennek célja az volt, hogy értékeljem a talajcsövezéssel érintett (TCS1, TCS2), valamint nem érintett kontroll (KON1, KON2) táblákon, hogy egy időszaki bontási határhoz képest hogyan változott a belvizek gyakorisága.

Az egyes blokkok belvízzel való érintettségének vizsgálat lépései az alábbi szempontok szerint történtek:

- Első körben a teljes időszakban (1956 és 2016 között) értékeltem az egyes vizsgálati blokkok összes belvízzel való érintettségének a számát a Körösök közén. Ezzel lehetőségem nyílt értékelni, hogy az egyes blokkok a vizsgált 60 év alatt hányszor voltak belvízzel érintettek (PÁLFAI 1986,1993 NYOMÁN), így rangsorolhatóvá váltak a területek:

$$\frac{\text{teljes vizsgálati időszak évei}}{\text{belvízzel érintett évek száma}} = \text{belvíz visszatérés gyakorisága}$$

- A teljes időszakon kívül különbség térképek létrehozásával azt vizsgáltam, hogy hogyan alakultak az egyes blokkok belvíz előntései a Körösök közén az 1990 előtti és utáni időszakokban: 1965–1989/1990–2015.
- A vizsgált időszakok blokkon belüli különbségeinek meghatározásának egyik lehetősége, térinformatikai környezetben kívüli adatkiértékeléssel végezhető el. Térinformatikai környezetben maradván a különbségtérképek előállítását raszteres állományok felhasználásával valósítható meg. E lehetőségnek megfelelően a vektoros eredmény térképekből raszter állományt hoztam létre (ArcMap, layer to raster). A calculate raster funkció futtatásával a különböző időszakokat reprezentáló raszter térképek közül, az újabb időszak eredményeiből kivontam a megelőző időszak eredmény raszterét, így létrejött a különbség térkép. A különbség térképen piros és kék színskála alkalmazásával ábrázoltam, a pozitív és negatív eltéréseket egy-egy blokk belvízzel való érintettségének számában.
- A két részre osztott vizsgálati időszak mellett, a következő 10 éves időszakokban is vizsgáltam, hogy hogyan alakultak az egyes vizsgálati terület blokkok belvíz előntései a Körösök közén: 1960–1969, 1970–1979, 1980–1989, 1990–1999, 2000–2009, 2010–2016.

5.1.7. MATE ÖVKI Komplex Természeti-alapú Belvíz-veszélyeztetettség Valószínűség (KTBV) szintézis térkép

A KTBV térkép (BOZÁN ÉS TÁRSAI 2019, LABORCZI ÉS TÁRSAI 2020A) felhasználásával értékeltem, hogy az állandó és változó természeti tényezők alapján milyen a vizsgálatba vont drénezett és nem drénezett kontroll területek belvíz-veszélyeztetettsége. A vizsgálat arra is kiterjedt, hogy az egyes veszélyeztetettségi kategóriák által lefedett területek területi eloszlását értékeljem. Céлом volt továbbá meghatározni, hogy mely belvíz-veszélyeztetettségi értéktől indokolt a talajcsövezési beavatkozások alkalmazása.

A KTBV szintézis térkép digitális térképezési módszertan két fő elemcsoportot különít el:

- *környezeti segédváltozók*, amelyek ok-okozati (fizikai, képződését meghatározó etc.) vagy indikatív kapcsolatban levő változók (az elemzéshez felhasznált változókat (37) egyenrangú rezidumként kezeltük és tényezőcsoportokba szervezve),
- *térképezendő változóra vonatkozó referencia adatok* (előntési térképekből szerkesztett normalizált előntésgyakorisági térkép).

A meghatározott 6 fő tényezőcsoport a következő: hidrometeorológiai, domborzati, talajtani, földtani, talajvíz és földhasználati tényezőcsoport. A térképezendő változóra vonatkozó referencia adat kétféle formában állhat rendelkezésre: pont (szerű) mérések, illetve térképi adatok formájában. Ez utóbbi eset visszavezethető az előzőre oly módon, hogy véletlenszerű pontmintavétellel megmintázásra kerül a referencia térkép. Mivel a felhasznált térképet nem tekinthetjük azonosnak a terepi valósággal (minden térkép valamilyen térbeli becslés eredménye), ezért a mintavételt és az annak alapján elvégzett modellezést több realizációban szükséges elvégezni, ez akár 100, esetleg akár több száz is lehet. Minden egyes pontthalmazt egy referencia adatsornak felfogva elvégeztük a térbeli modellezést, azaz azt a hibrid adatbányászati és geostatisztikai elemből álló összefüggésvizsgálatot, ami lemodellezi a térképezendő változó és a felhasznált segédváltozók közti kapcsolatot.

A belvíz-veszélyeztetettségi térképezés során, a szintézistérkép előállításához, a Random Forest (RF) módszer került alkalmazásra, amelynek során a determinisztikus rész becslése véletlen erdővel (RF) történik, amit a rezidumok térbeli kiterjesztését szolgáló krigelés (OK) egészít ki (BOZÁN ÉS TÁRSAI, 2018). A módszer több döntési fa által adott előrejelzéseket kombinálja. A végeredmény a sokszoros futtatások összedolgozása révén alakul ki, és nem hajlamos a szélsőséges értékek levágására, mint például a regressziós krigelés. A véletlen erdő osztja az osztályozó és regressziós fák hasznos tulajdonságait, de azokhoz képest pontosabb eredményekre képes és kevésbé érzékeny a túlparaméterezésre. Előnye továbbá, hogy kevésbé homogén adatok kezelésére is képes. A szintézis térkép a belvíz-veszélyeztetettséget az előntési valószínűség szerint kategorizálja: nem veszélyeztetett 0–20%, mérsékelten veszélyeztetett 20–40%, közepesen veszélyeztetett 40–60%, erősen veszélyeztetett 60–80% és igen erősen veszélyeztetett 80–100%.

5.1.8. Meteorológiai adatok

A meteorológiai adatok adatelemzését annak érdekében végeztem el, hogy megállapítsam, hogy a Körösök közén az országos viszonyokhoz képest hogyan alakul a havi átlaghőmérséklet és havi csapadékösszegek, elő fordulnak-e szélsőséges körülmények. A Körösök közére és buffer területére eső mérőhálózati települések esetében az Országos Meteorológiai Szolgálatról származtatott havi csapadékatlag és havi átlaghőmérséklet adatait használtam fel az 1980–2018 terjedő időszakból. Az adatok a következő településekről származtak: Berettyóújfalu, Békéscsaba, Szeghalom, Debrecen, Karcag, Mezőhegyes, Nyírlugos, Orosháza, Szarvas és Túrkeve.

A csapadék adatokat három fő szempont szerint vizsgáltam:

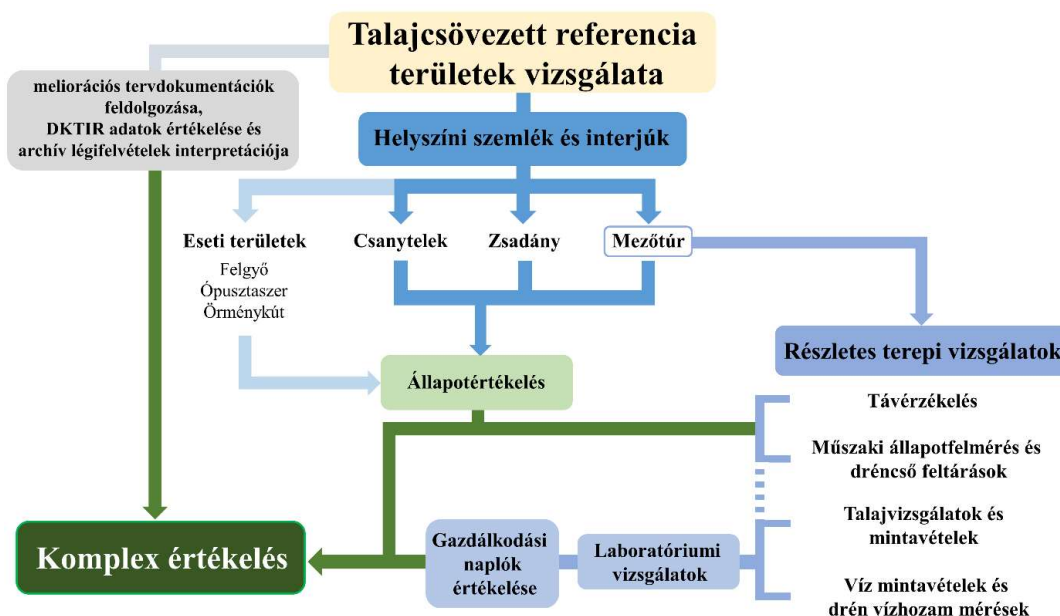
- A havi csapadékösszegek eltérése a sokéves (30 éves) átlagtól, összehasonlítás az országos viszonyokkal,
- A havi középhőmérséklet eltérése a sokéves (30 éves) átlagtól, összehasonlítás az országos viszonyokkal,
- A Körösök közének csapadékösszegei a tenyészidőszakban 1980–2018,
- A Körösök közének csapadékösszegei a feltöltődési időszakban 1980–2018,
- A Körösök közének 1980–2018 közötti csapadékösszegének százalékos eltérése a 30 éves átlagtól a tenyészidőszakokban,
- A Körösök közének 1980–2018 közötti csapadékösszegének százalékos eltérése a 30 éves átlagtól a feltöltődési időszakokban.

A meteorológiai adatok közül, a csapadék adatok elemzésénél arra fókuszáltam, hogy a Körösök közén a tenyészidőszakokban mikor volt extrém csapadékhiány, illetve mikor volt a téli feltöltődési időszakokban túl sok csapadék. A mintaterület csapadék adatainak elemzéséhez ennek megfelelően 1980 és 2018 között külön választottam a tenyészidőszakokat (május–október), amikor általában kiürülnek egy-egy terület vízkészletei, valamint külön választottam a feltöltődési időszakokat (november–április), amikor főként csapadék útján visszapótlódik a vízkészlet.

Az adatfeldolgozás során meghatároztam, hogy a vizsgált időszakokban mennyi volt a területre hulló csapadékösszeg egy-egy időszakban. Ezt követően a 39 feltöltődési, valamint 39 tenyészidőszak eredményeit értékeltem olyan szempontból, hogy az átlagos csapadékösszegekhez képest mikor keletkezett rendkívül sok csapadék a feltöltődési időszakokban, amelyek esetében nagy valószínűséggel belvizes évről beszélhetünk. Az átlagos csapadékösszegek tenyészidőszakban történő vizsgálata során pedig azt figyeltem meg, hogy mikor volt jóval az átlag alatt a csapadék összeg, amely viszont már arra enged következtetni, hogy a megelőző feltöltődési időszakban volt-e lehetőség a vízkészletek kellő utánpótlódása.

5.2. Terepi vizsgálati módszerek a referencia területeken

A terepi vizsgálatokra kiválasztott talajcsővezett referencia területeken a mezőgazdasági tevékenység a legjelentősebb, így a helyszíni bejárások és a műszaki állapotfelmérés mellett, az alkalmazott mintavételi, valamint kiértékelési módszerek főként a talaj- és vízvizsgálatokból tevődtek össze. A komplex értékelés érdekében ezeket távérzékelési adatgyűjtéssel egészítettem ki. A referencia területeken alkalmazott vizsgálati módszereket az alábbi 24. ábrán szemléltetem.



24. ábra. A talajcsővezett referencia területek komplex értékelésének folyamata
(Szerk.: Túri N.)

A kutatásom kezdetén a referencia területek kiválasztása során mélyinterjúztatást végeztem annak érdekében, hogy előzetes képet kapjak a talajcsővezés témakörében olyan személyektől, akik egykor részt vettek a tervezésben és a kivitelezésekben, valamint jelenleg drénezett területeket művelnek (4. táblázat).

4. táblázat. A kutatás során meghallgatott mélyinterjú alanyok

Interjú alany		Interjú indoklása és témája
Licskó Béla	Építőmérnök, vízrendezési szakmérnök, távérzékelési szakértő	Az egykori VITUKI és jogutódjának munkatársa, valamint az egykori ARGOS Távérzékelési és Filmstúdió távérzékelési menedzsere. Munkássága során részt vett meliorációra szoruló területek előzetes és utó-légifelvételében. Az interjú során egykor drénezett területek légi felvételezéséről, illetve az abban az időben nagy volumenű drénezésen átesett területekről beszéltünk pl. Vargahosszai belvízöblözet meliorációja a Körösök közén.
Fabó István	Ügyvezető igazgató (Körös-Aqua Kft., Szarvas)	A cég profiljába tartozik a mezőgazdasági drénezés tervezése és kivitelezése, amelyben az ügyvezető úrnak több évtizedes tapasztalata van. Az interjú során a Szarvas környéki drénezési tapasztalatairól kérdeztem, amely során említésre került a megtekintett Örménykúti drénezett terület.
Tóth Imre	Ügyvezető (GEOMARK Mezőgazdasági Termelő, Kereskedő és Szolgáltató Korlátolt Felelősségű Társaság, Szarvas)	A mezőtúri referencia terület, valamint a környező 1000 hektárt meghaladó drénezett terület a Kft. kezelésében van. Az interjú témája a Mezőtúr referencia terület története, valamint jelenlegi kezelési gyakorlati kérdései voltak.
Tóth József	Igazgatóság elnöke (Csanyteleki Agrárszövetkezet)	Az elnök úr az agrárszövetkezet jogelődjénél a csanyteleki Egyetértés MGTSZ-nél részt vett a csanyteleki referencia terület, valamint környező területeinek drénezési munkálataiban. Az elnök úr ismertette az egykori kivitelezés, és üzemeltetés körülményeit.

5.2.1. Helyszíni szemlék és állapotfelmérés a referencia területeken

A 24. ábrán feltüntetett helyszíni szemlék során az esetileg vizsgált területeken (Felgyő, Ópusztaszer, Örménykút) egy-egy alkalommal, a három fő referencia területen évente több alkalommal is végeztem megfigyeléseket, a kutatásom alatt eltelt öt évében (2017–2022). Ez lehetőséget adott arra, hogy a referencia területeken változásokat figyeljek meg, amelyeket a területek bemutatásánál korábban ismertettem.

A helyszíni szemlék és terepbejárások elsődleges célja volt, hogy szemrevételezéssel megállapításokat tegyek a talajcsövezett terület három fő eleméről, mint (1) a befogadó csatorna, a (2) dréncsövek látható részeinek a meződrén szívvók, vagy céldrén főgyűjtők kivezetései, valamint (3) a mezőgazdasági terület domborzati, agrotechnikai és növénytermesztési viszonyai.

5.2.2. A befogadók terepi megfigyelése

A talajcsövezett területek mentén futó befogadó csatornák, a drének üzemeltetésének szempontjából a nyári időszakban a vizek visszatartását (első sorban öntözési céllal), míg téli időszakban a mezőgazdasági tábla többlet vizeinek, vagy más abba becsatlakozó felszíni elvezető rendszeren érkező vizek befogadását szolgálja. A vizsgált befogadók üzemi vízszintje és aktuális vízkormányzása tehát meghatározó fontosságú. Ezen üzemeltetési tulajdonságokat figyeltem meg elsőként.

A referencia területeken vizsgált földmedrű csatornák felmérése során továbbá a csatorna meder feltöltődését, a rézsű esetleges elváltozásait, valamint a csatorna partél mentén kialakult hosszanti formák esetleges jelenlétét is kerestem.

A befogadó csatornák terepi megfigyelésének utolsó eleme volt a csatornában található növényzet fajösszetételének és denzitásának szubjektív értékelése. A mederben található túl sűrű növényzet elősegíti a meder hosszú távú feltöltődését, mindemellett csökkenti a rézsűbe futó drén kivezetések láthatóságát, amely a csatornafenntartás szempontjából azért kritikus,

ugyanis a csatornák növényzet mentesítése során azok fizikai sérülésének kockázata igen magas. A megrongálódás, megsemmisülés kockázatát tovább növeli, ha olyan vegetáció található a mederben, amely évente többszöri eltávolítást igényel, így minden alkalommal a kezelők gondosságán múlik a drénekifolyók épen maradása. Földmedrű csatornák mentén előfordulhat fás szárú vegetáció jelenléte, amelyek környezetében ugyan jellemző, hogy alacsonyabb a növényzet sűrűség, azonban a fák gyökérzete fizikai hatást gyakorolhat a dréncsövekre elmozdítva azokat a telepítési helyükről, emellett a gyökerek behatolhatnak a drénekbe esetleges elzáródásukat okozva (TLAPÁKOVÁ ÉS TÁRSAI 2017). Összességében a befogadó megfigyelésével az volt a célom, hogy megállapítsam, hogy az alkalmas-e a drénekből elfolyó vizek befogadására majd tovább vezetésére a felszíni elvezetőrendszeren keresztül, illetve hogy ennek van-e gátló tényezője a területen.

5.2.3. A drének, drén kifolyók terepi megfigyelése

Ahogy azt a 24. ábra is szemléltette, a helyszíni szemle előtt fontos az adott terület egykori meliorációs tervdokumentációjának megismerése. A drének pontos helye a részletes talajcsövezési helyszínrajzokban, valamint a talajcsövek írott hosszszelvényei című mellékletben található meg. Egy talajcsövezett terület esetében a drének terepi megfigyelése, valamint azok detektálásának lehetősége két fő részre bontható.

Első körben azt vizsgáltam, hogy (1) a drén kifolyók, azok maradványai, vagy maguk a perforált dréncsövek – amelyek változó hosszban tovább folytatódnak a talajban –, észlelhetők-e a befogadó csatornák rézsűjében.

A drének jelenlétének megfigyelésének másik módja volt, hogy (2) a vizsgált területek felszínén, vagy az azon lévő növényzetben olyan, elváltozásokat kerestem, amelyek a felszín alatt húzódó drének jelenlétével hozhatók összefüggésbe. Ilyen elváltozások, egy növénykultúrán belüli fejlődési, vagy színében látható (klorofill tartalom) különbségek, amelyeket eltérő vízellátottság okozhat (TLAPÁKOVÁ ÉS TÁRSAI 2017).

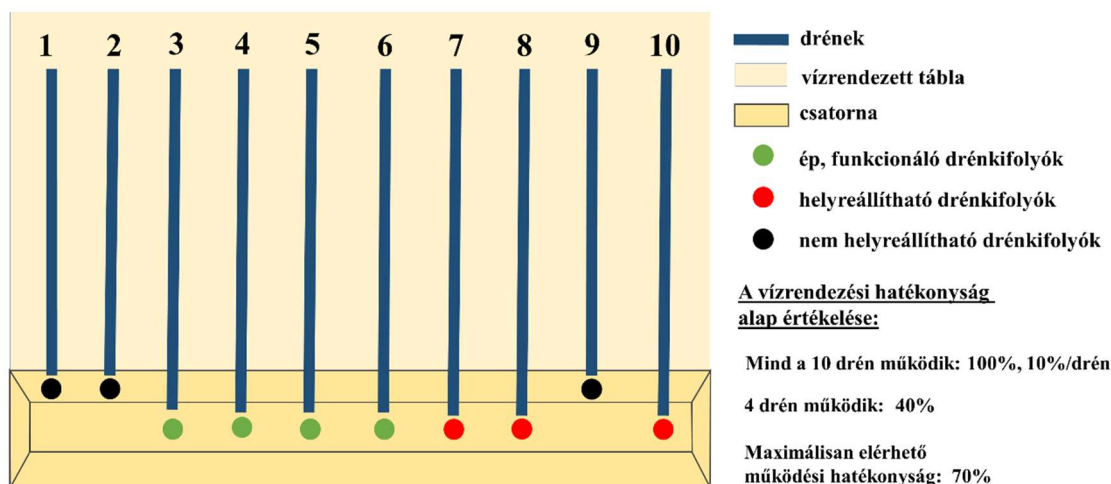
A Mezőtúri terület részletes vizsgálatát megkezdve azon drének esetében, amelyeknek nem volt látható nyoma a rézsűben, hanem abban eltemetődve helyezkedtek el, egy kb. 80 cm hosszú nem hajlékony fém szondával, valamint emberi földmunkával volt lehetőségem elvégezni. Tekintve, hogy a nyílt gyűjtős mező drének befogadójául szolgáló Mezőtúr II. csatorna 1 km hosszú, valamint a tervdokumentációban található 46 db dréncső kifolyóból 5 db volt látható, a detektáláshoz kollégáim segítségét kértem. Az egykori telepítéssel kapcsolatosan már a helyszínen megmutatkozott, hogy a drének tényleges telepítési távolsága eltérő lehet a tervekben szereplőkhöz képest. A talajcsövek helyzetének meghatározása mellett azok helyét a csatorna partélen, valamint a csatorna mellett húzódó beton elemekből álló műúton is megjelöltem annak érdekében (2. melléklet), hogy a felmérést követő drónos légi felvételeken is vizuálisan interpretálhatóak legyenek (TÚRI 2018).

A dréncsövek helyét a terepi jelzések mellett A-GPS, GLONASS, GALILEO, BDS műholdadat vevővel rendelkező hordozható eszközzel is pontként rögzítettem, amely a térinformatikai feldolgozás során a vizsgálathoz elfogadható pontosságúnak bizonyult. A drének helyzetének alternatív módja azok felett RTK megbízhatóságú pontok felvétele, azonban a feltárás időpontjában nem állt rendelkezésemre ilyen eszköz. Megjegyzendő, hogy a vizsgálataim szempontjából nincs jelentősége a mm pontos detektálásnak.

5.2.4. A mezőgazdasági terület domborzati, agrotechnikai és növénytermesztési viszonyainak megfigyelése

A referencia területek domborzati viszonyainak szempontjából elsőként azt vizsgáltam, hogy vannak-e olyan talajművelésből adódó potenciális mélyedések, mélyvonulatok, amelyekben a belvíz összegyülekezhet. A megfigyelés során a vízerózióra érzékeny területrészeket is kerestem, mint például a lejtők, vagy a belvízzel veszélyeztetett területekre jellemző felszíni vágák megléte. Az agrotechnika elemei közül elsősorban a jellemző öntözési gyakorlatokat és azok kivitelezését, eredményességét figyeltem meg. A növénytermesztés

aspektusából a termesztett növényeken esetlegesen látható vízellátottságbeli és fejlődésbeli különbségeket szubjektív módon figyeltem meg, amelyet a következőkben ismertetésre kerülő drónos légifelvételével egészítettem ki. A drének vízlevezetési hatékonyságának közelítő értékelésére, azok terepi megfigyeléséből származó állapotinformációk felhasználása szükséges (25. ábra).



25. ábra. Meződrének vízlevezetési-hatékonyság meghatározásának sematikus ábrája
 (Szerk.: Túri N.)

A mezőtúri referencia terület esetében:

- Összes tervekben szereplő dréncső száma: 46 db
- Összes tervekben feltárt dréncső száma: 42 db
- Nem detektálható/nem helyreállítható dréncsövek száma: 4 db
- Ép, működő drénkifolyók száma: 5 db
- Az egyes dréncsövek részaránya az elvezetésben: 2,17% (100/46)
- Az ép dréncsövek működésben kivett részaránya: 8,68% (2,17*5)
- Elérhető maximális hatékonyság a dréncsövek műszaki paramétereinek szempontjából: 89,88%

5.3. Részletes terepi vizsgálatok a Mezőtúr referencia területen

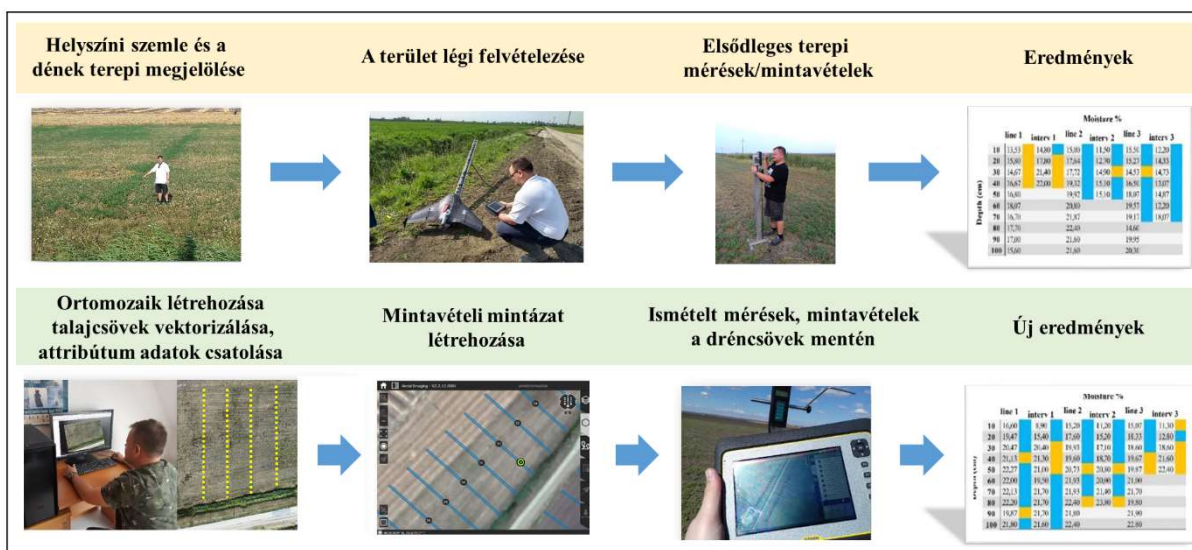
5.3.1. Távérzékelési módszerek

A referencia területek komplex értékelésére mára elterjedten alkalmazható technikai lehetőséget adnak a pilóta nélküli légi járművek, közismertebb néven drónok. A referencia területek közül a mezőtúri területen volt lehetőségem légifelvételést végezni. A drónos légi felvételezésekkel a drénhálózat azonosításának és feltérképezésének módszertani lehetőségeit vizsgáltam. A drónos légifelvételeket továbbá digitális felszínmodell és ortomozaik előállítására is felhasználtam. A kutatásom során összesen kilenc drónos légi felvételezési eseményt hajtottam végre a mezőtúri vizsgálati helyszínen. A légifelvételéseket egy Trimble UX5 HP merevszárnyú drónnal (36 megapixeles (RGB + NIR (piros, zöld, kék + közeli infravörös) Sony Alpha 7 kamera), valamint egy DJI Phantom 4 típusú forgószárnyas drónnal (12 megapixeles RGB (piros, zöld, kék) + NGB (közeli infravörös, zöld, kék)) végeztem. A felvételezés során, a felszínen esetlegesen látható talajnedvesség különbségeket kerestem, amelyek segítségével azonosítani lehetne dréncsövek elhelyezkedését a megfelelő működésük esetén (VERMA ÉS TÁRSAI 1996, NAZ ÉS BOWLING 2008, 2009). A felvételezések során a növényzettel borított felszínen a felületi reflektancia különbségeket a három csatornás (RGB; NGB) kamerákkal sikerült észlelnem, azonban korábbi tapasztalatok alapján a növényzet esetében a multispektrális vagy hőkamerás felvételek pontosabb eredményeket adhatnak, mint

a monokróm kamerák (TLAPÁKOVÁ ÉS TÁRSAI 2017). A vizsgálataim ilyen irányú kiegészítéseként a Szegedi Tudományegyetem Geoinformatikai, Termézet- és Környezetföldrajzi Tanszékének munkatársai is végeztek légi távérzékelést. A felvételezés során multispektrális és hőkamerát (senseFly S. O.D. A / Parrot Sequoia+ / senseFly Deut T kamera) alkalmaztak egy fix szárnyú eBee senseFly drónon, annak érdekében, hogy a vizsgált terület spektrális és hőmérsékleti különbségei alapján is vizsgálható legyen a drének detektálhatósága.

A légifelvételek fotogrammetriai feldolgozását Trimble Business Center, valamint Pix4D szoftverekben végeztem el, amelyekben létrehoztam az egyes repülési időpontok valós és hamis színes ortomozaik képeit. A létrejött képeket ArcMap térinformatikai szoftverben vizsgáltam tovább, amely során Normalizált Vegetációs Index (NDVI) és Zöld Normalizált Vegetációs Index (GNDVI) index térképeket hoztam létre, amelyek alapján a légifelvételen látható különbségek számszerűsíthetővé válnak.

A mezőtúri terület első légi felvételezését a terepen megjelölt drének légifotón való rögzítése céljából végeztem el. A képekből előállított ortomozaik képet a geokorrigált részletes talajcsövezési helyszínrajzzal kombinálva térinformatikai szoftverkörnyezetben elkészítettem a mezőtúri terület térben elhelyezett vektoros állományát. A vektoros állományt ezt követően GPS modullal rendelkező hordozható eszközökkel a terepen is bejárható. A drének nemcsak pontszerűen, hanem a vonalvezetésük szerint is visszakereshetők a terepen, amely lehetőséget nyújt ismételt mintavételek elvégzésére, valamint ez a módszer megalapozza egy digitális adatbázis, kataszter elkészítését is (TÚRI ÉS TÁRSAI 2019). A módszer alkalmazhatóságát egy Trimble Yuma 2 terepi (MS Windows 7) táblagépen, valamint az azon futtatott Delair Aerial Imaging szoftverrel teszteltem a talajmintavételezések során (26. ábra).



26. ábra. A talajcsövezett területről készült vektoros állományok felhasználhatósága a mintavételezésben (TÚRI ÉS TÁRSAI 2019)

5.3.2. Műszaki állapotfelmérés és dréncső feltárások

A mezőtúri területen található drének állapotát nyomán az arra alkalmas (telepítéshez képest minimálisan elmozdult) dréncső kifolyók vagy rézsűben feltárt dréncsövek esetében endoszkópos kamerával felmértem. TLAPÁKOVÁ ÉS TÁRSAI (2017) csőkamerás drénvizsgálatai nyomán cső elmozdulásokat, illesztési hibákat, torzulásokat, kiválásokat és növényi vagy állati maradványok nyomait kutattam. Az endoszkóp képeit állítható fényerejű, öt méteres hatótávolságú és 800x600 pixeles felbontású, vízálló csőkamera segítségével készítettem. Az endoszkópos kamerafelvételeken azt figyeltem, hogy a csövek perforáció eltömődött-e, azokon keresztül beszívárogthat-e a talajvíz és a talajnedvesség. SOJAK ÉS IVARSON (1980)

nyomán továbbá fontos szempont volt a különféle üledékek és ásványi kiválások (pl. vasokker vagy mangán-oxid) megfigyelése a hullámos falú csövek belső felületén. A dréncsövek kivezető szakaszának vizsgálata során anyag- és üledékmintákat is gyűjtöttem a csövekben található szennyeződések azonosítására. Az üledékek mennyiségének ellenőrzése azért volt kulcs fontosságú, mert nagy mennyiségük esetén befolyásolják a dréncsőbe bejutó víz hosszanti irányú mozgását magán a csövön.

A mezőtúri referencia területen a dréncső állapotfelmérés kiegészítéséhez, az egyik dréncső felett talajszelvényt nyitottunk a táblán belül. Ezen kívül gépkezelő szakember segítségével gépi rézsűfeltárást is végeztünk öt dréncső felett, amellyel bebizonyosodott, hogy a 30 éve telepített lefolyócső perforációi még mindig vízáteresztők, annak ellenére, hogy azokon védőszűrőzést nem találtunk.

5.3.3. Talajvizsgálatok és mintavételek

A mezőtúri terepi vizsgálatok során a talajtípus leírására, illetve az egyes talajrétegekben található kiválások jellemzésére talajszelvényt nyitottunk egy talajcső felett. A talaj hidraulikus vezetőképességének meghatározására (k-tényező) a nyitott talajszelvény falából 0–130 cm, két minta ismételtsben hét mélységben bolygatatlan talajmintákat gyűjtöttem.

Az alacsony k-tényezővel rendelkező talajréteg akadályozhatja a víz mélybe szivárgását, és a talajcsövek elérését. A hidraulikus vezetőképesség meghatározásának lényege, hogy átszivárgás mérőbe helyezett mintavételi patronban található kétfázisú talaj egységnyi keresztmetszetén a hidrosztatikus nyomás hatására egységnyi idő alatt átszivárgott víz mennyiségét mérjük. A mérés másik részét képezi a mintavételi patronok, telített, valamint vízmentes tömegének mérése (KEVEINÉ ÉS FARSANG 2002, GRAY ÉS MILLER 2004). Drénezett területeken az egyes talajrétegek hidraulikus vezetőképességének ismerete lehetővé teszi a vizsgált terület talajcsöveinek működőképességének becslését, valamint meghatározni a szükséges agrotechnikai beavatkozásokat. A hidraulikus vezetőképesség ismeretében azt is értékeltem, hogy a vizsgált területen a drének szívótávolsága az aktuális talajviszonyoknak megfelelően tudná-e biztosítani a víz levezetését a talajból. Köttött talajok esetében a k-tényező mértékegységét centiméter/nap-ban szokták megadni, vagy vizsgált talajrétegeinek k-tényezője olyan alacsony volt, hogy mértékegységüket mm/nap-ban fejeztem ki.

A talaj mechanikai összetételének és a vízben oldható sótartalmának meghatározásához fűrt talajmintát vettünk. A fűrt talajmintákat három talajcső felett, valamint három dréncsővek közti területen (0–100 cm mélységből, 10 centiméterenként), valamint a vizsgált terület drénezetlen kontroll területén vételeztük. Mivel a fűrt talajmintavételezésre 2019 augusztusában került sor, az adatok kiértékelése során figyelembe kellett venni, hogy a nyári időszakban a talaj nedvességtartalmának felfelé történő irányultság a jellemzője, elsősorban a fokozott párolgás miatt. A laboratóriumi minta előkészítést és vizsgálatokat a lehetőségeimhez és jogosultságaimhoz mérten, a MATE ÖVKI Környezetanalitikai Vizsgálólaboratóriumában az ott dolgozó kollégák szakmai irányítása mellett végeztem. Arany-féle kötöttség, az összes oldott sótartalom, valamint a talajkolloidok felszínén adszorbeált Ca, K, Mg, Na ionok analízisét a vonatkozó hazai laboratóriumi vizsgálati szabványok szerint végeztük (MSZ-08-0205:1978), úgymint a talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságainak vizsgálatát (MSZ-08-0206-2:1978), a talaj egyes kémiai tulajdonságainak vizsgálatát (pH-érték, szódában kifejezett fenolftalein lúgosság, vízben oldható összes só, hidrolitos (γ^1 -érték) és kicserélődési aciditás (γ^2 -érték)). Ezek mellett a talaj kicserélhető kationjainak minőségi és mennyiségi meghatározása szabványt is követtük (MSZ-08-0214-2:1978). A kicserélhető talajkationok mennyiségi és minőségi meghatározása AAS lángfotometriával történt. A mély talajrétegekben vagy a talajfelszín közelében felhalmozódott sótartalom arányának és ionösszetételének, mennyiségének, valamint a sók mozgási irányának meghatározása ismételt méréseket követelt meg.

5.3.4. *Víz mintavételek és drén vízhozam mérések*

A mezőtúri vizsgálati helyszínen öt talajcsőkifolyó elfolyó vizéből és az egy km hosszúságú befogadó csatorna három pontjából történt vízmintavétel. A két vízminta típus szerinti elkülönítéssel lehetőségem nyílt a drénekből a befogadó vízbe kerülő tápanyagok és agrokemikáliák mennyiségi és minőségi vizsgálatára, amelyek kockázatot jelenthetnek a környezetre.

A drénvizek mennyiségének jellemzésére, azok vízhozamát is meghatároztam. Az általam alkalmazott egyszerű módszer szerint adott térfogatú mintavevő edény térfogatának és feltöltődési idejének hányadosával liter/óra (l/h) mértékegységben tudtam megadni a dréneken kifolyt víz mennyiségét. Az elfolyó víz vízhozama és kémiai összetétele alapján meghatároztam a káros sók befogadó csatornába jutásának mennyiségét, amelynek vízminta anyag tartalma mg/l és a vízhozam l/h szorzatából adódott. A mintázható drének vízhozama a mintavételkor erősen ingadozó volt, a legnagyobb mért vízhozam 18-22 l/h volt, de voltak kisebb vízhozamú (6,5-7,5 l/h) lefolyócsövek is, amelyek a mintázhatóság határán vannak.

Összehasonlításképpen LENDVAI ÉS AVAS (1983) 1800 l/h vízhozamú mintákat vettek drénekből kísérleteik során. Megjegyzendő azonban, hogy ez a mérési eredmény csak a mintavétel időpontjára jellemző állapotot tükrözi, a pontosabb becslésekhez több időpontban mintavétel ismétlés szükséges. A területen tapasztaltak szerint megállapítottam, hogy az ismételt vízminta vételnek több gátló tényezője merülhet fel egy talajcsövezett területen, például nincs elfolyó víz a drénkifolyókban; a drénkifolyó víz alatt van vagy nem megközelíthető; illetve ha a drénkifolyó megrongálódik. A mezőtúri területen vízmintákat csak a téli-tavaszi időszakban volt lehetőségem gyűjteni ugyanis ebben az időszakban működtek a drének. Ennek megfelelően erre az időszakra lehet megállapításokat tenni, különösen arra, hogy a tél folyamán távozik-e felesleges só, tápanyag vagy lebegőanyag a talajból a dréneken keresztül, kihangsúlyozva a lefolyók kilúgozó szerepét.

A vízmintákat a MATE akkreditált Környezetanalitikai Vizsgálólaboratóriumában elemezték. A vizsgált paraméterek a következők voltak: pH érték, EC (talaj elektromos vezetőképessége), bikarbonát, karbonát, ammóniumion, ammónium-nitrogén, nitrát ion, nitrát nitrogén, nitrit, nitrit nitrogén, összes nitrogén, ortofoszfát ion, ortofoszfát vagy száraz foszfát, összes foszfát anyag, összes oldott anyag, összes lebegő szilárd anyag, klorid, szulfát, kalcium, magnézium, kálium és nátrium (*Szabványok: 3. melléklet*).

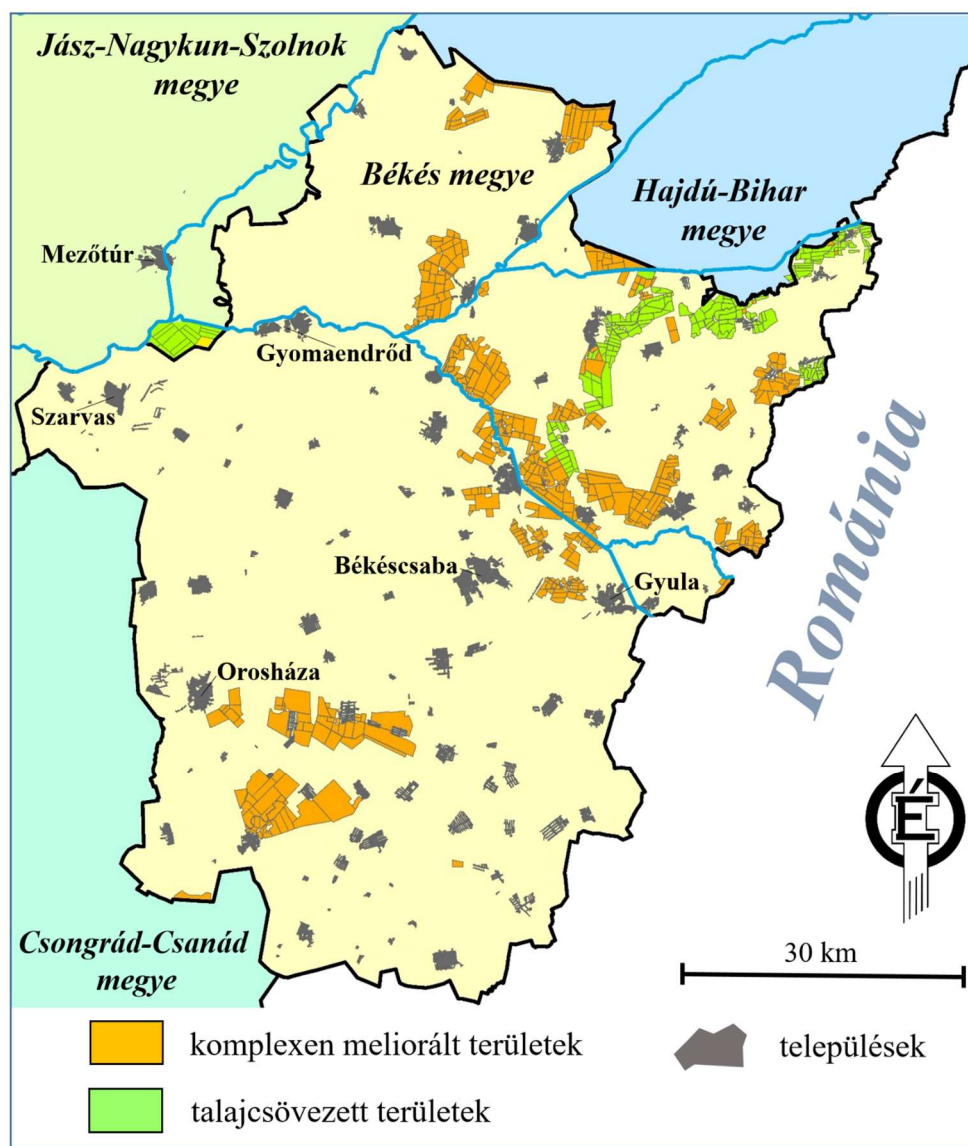
A talaj és vízminták laboratóriumi vizsgálatának pontosabb értékelésére a mezőtúri terület gazdálkodási naplóit is megigényeltem a gazdálkodótól, aki 2016 és 2021 között szolgáltatott adatokat számomra. A napló évekre bontva tartalmazta, hogy milyen növénykultúra volt a területen, valamint hogy milyen talajerő visszapótlás történt a területen.

6. EREDMÉNYEK

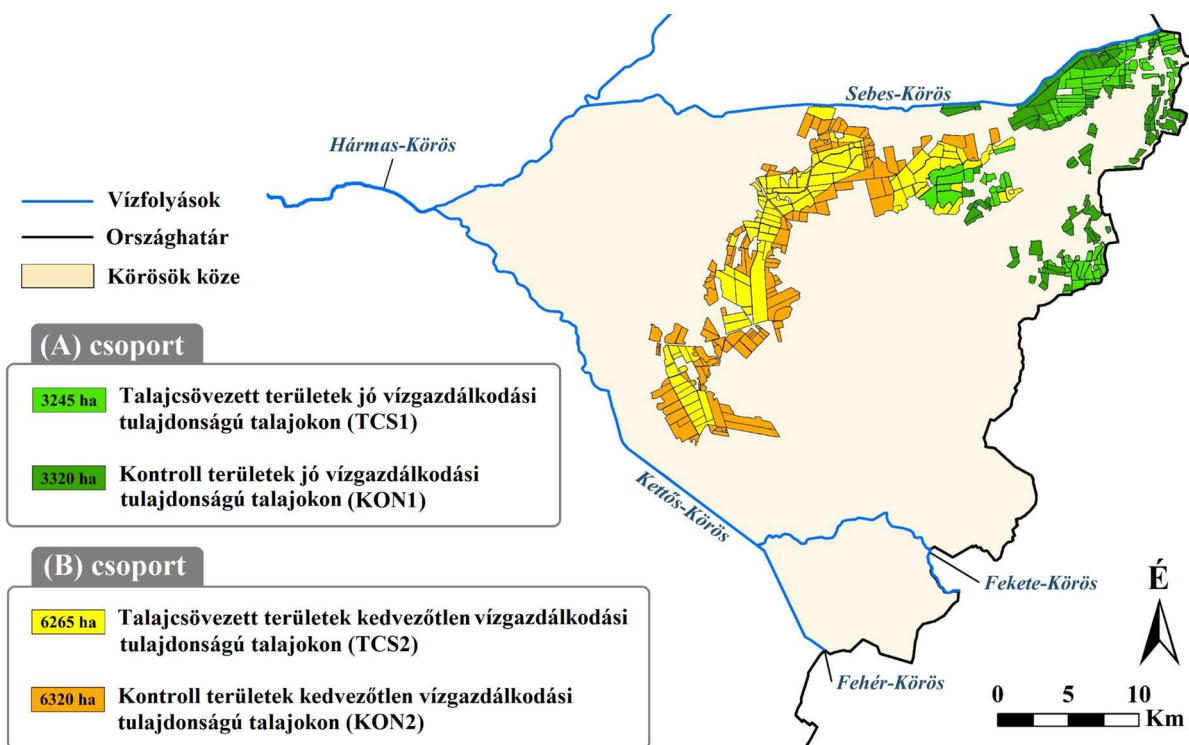
6.1. A Körösök köze mintaterület térinformatikai vizsgálatának eredményei

6.1.1. Az előzetes adatfeldolgozás eredményei

A Békés Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság Vízikönyvi Okirattárból származó talajcsövezési helyszínrajzok alaptérképre történő georeferálásával 53.000 ha komplexen meliorált területet válogattam le Békés megyében (lásd. 27. ábra), amelyből 14.300 ha felszín alatt vízrendezett (talajcsövezett) terület. Az elérhető adatok alapján elmondható, hogy a talajcsövezett területek elsősorban a Körösök közére koncentrálódnak a megyén belül (9510 ha), amely egyben indokolta a mintaterületként történő kijelölését. A mintaterület kiválasztása után azon belül vizsgálati csoportokat jelöltem ki (A, B) annak érdekében, hogy a talajcsövezett és kontroll területeket olyan kritérium szerint is vizsgálhassam, hogy azok jó vízgazdálkodási tulajdonságú „A”, vagy kedvezőtlen vízgazdálkodási tulajdonságú „B” talajokon helyezkednek el (28. ábra).



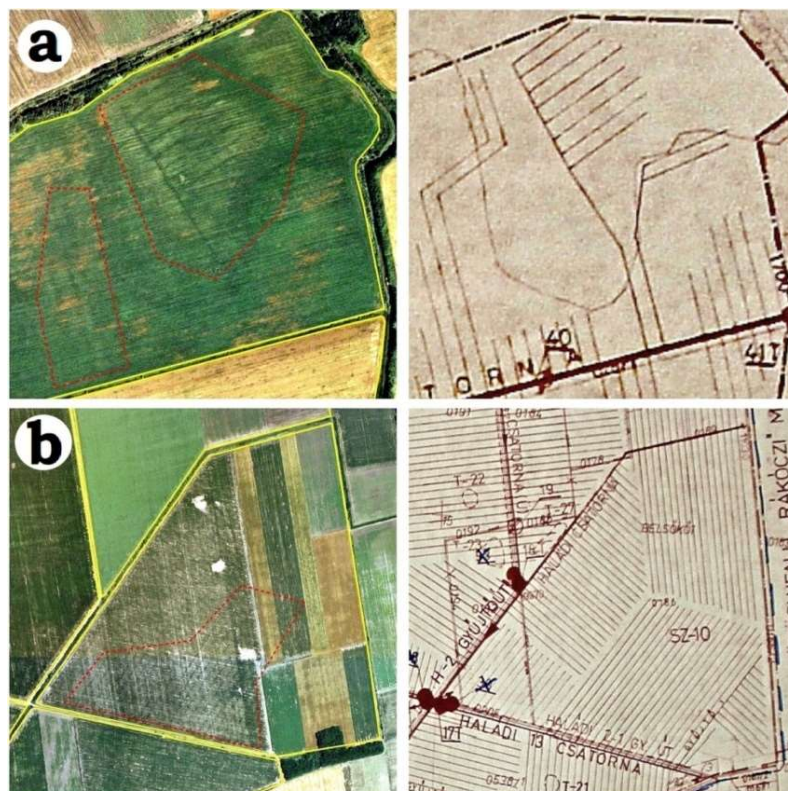
27. ábra. Békés megye komplexen meliorált és talajcsövezett területeinek térképe
(Szerk.: Túri N.)



28. ábra. A kijelölt vizsgálati csoportok, valamint a talajcsövezett és nem talajcsövezett (kontroll) terület egységek (TÚRI ÉS TÁRSAI 2022)

6.1.2. A távérzékelte felvételek vizuális interpretálásának eredményei

A térképes dokumentációk ortofotóra történt georeferálása, valamint az összegyűjtött légifelvételek vizuális interpretációja során TLAPÁKOVÁ (2017) kutatási eredményeihez hasonlóan lehetőségem volt talajcsövezéssel érintett területek lehatárolására, majd tervdokumentációkkal történő validálására. 1212 hektár olyan területet határoltam le, amelyeken a talajcsövezési helyszínrajzokon ábrázolt talajcsövek nyomvonalait, az azokkal megegyező vonalas mintázatban kimutatta a vegetáció, vagy a növényzet mentes talajfelszín spektrális különbségei (29. ábra).



29. ábra. Részletes talajcsövezési helyszínrajzzal validált talajcső nyomvonalak (a: céldrén Zsadányban, b: meződrén Körösújfalu közelében), (TÚRI ÉS TÁRSAI 2018)

A feltételezett talajcső nyomvonalak pontosabb validációjának két fő módja van: (1) felkutatni, hogy a területhez létezik-e meliorációs tervcsomag és azon belüli részletes talajcsövezési helyszínrajz (29. ábra) vagy (2) a terepi feltérési munka elvégzése. A validáció elvégzése azért is fontos, ugyanis a drének nyomvonalához hasonló vonalvezetés a felszínen egyéb esetekben (pl. mezőgazdasági művelés nyomai) is megfigyelhetők. A drénezési helyszínrajzok hiányában a talajcső nyomvonalak részben validálhatók olyan módon, hogy a légifelvételen lemérjük a párhuzamos vonalak távolságát és a vonalak között mért távolságok állandóságát értékeljük. Ha a vonalak közti távolságok 15 m, 20 m, 25 m körül mérhetők, akkor már jó eséllyel a talajcsövek nyomairól beszélhetünk (30. ábra).

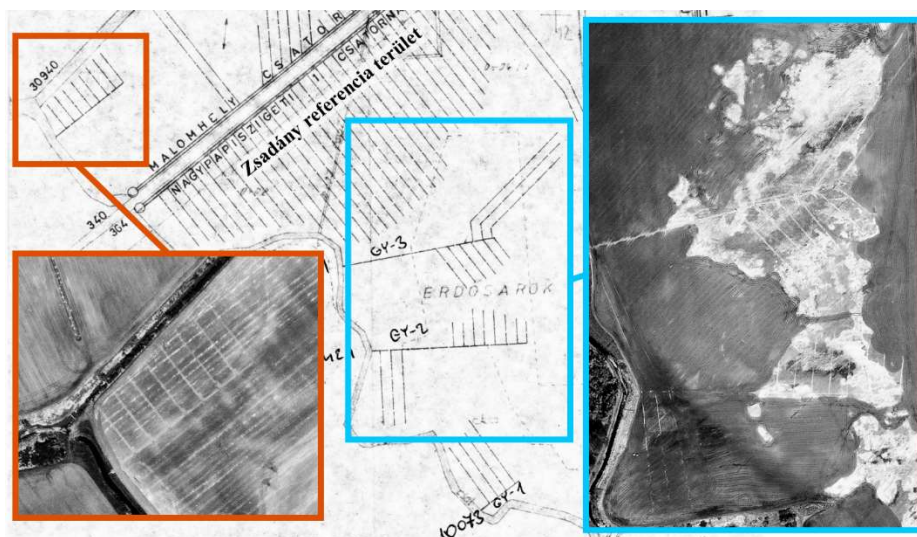


30. ábra. Légifelvételen megjelenő távolságméréssel validált (15 m) dréncső nyomvonalak Kunszentmárton közelében. A nyílt talajfelszínen megjelenő dréncső nyomvonalak folytatása megfigyelhető a növényzettel borított területen is. (TÚRI ÉS TÁRSAI 2018)

A vizsgálatok során, LICSKÓ (2017) leírása alapján archív légifényképeken detektáltam, majd tervdokumentációval validáltam olyan céldréneket Zsadány környékén, amelyek a

telepítésüket megelőző két évben végzett ároknyitások drénezés okozta talajbolygatásának nyomait tükrözték a nyílt talajfelszínen (31. ábra).

Az ároknyitással végzett drénezés detektálhatósága növényzetmentes talajfelszínen, a beavatkozást követően több évig kimutatható, ha a bolygatott talaj felső és alsóbb szintjei eltérő színnel és tónussal jellemezhetők. A drénárok nyitással keveredett talajsávok által kirajzolt nyomvonalakat egy meződrénezett örménykúti területen is sikerült kimutatnom a telepítés évét követő kettő (2014), valamint egy hat évvel később (2018) készült Google Earth által szolgáltatott műholdfelvételen (4. melléklet). A mellékletben látható talajcsövek meglétét terepi validációval igazoltam az örménykúti területen.



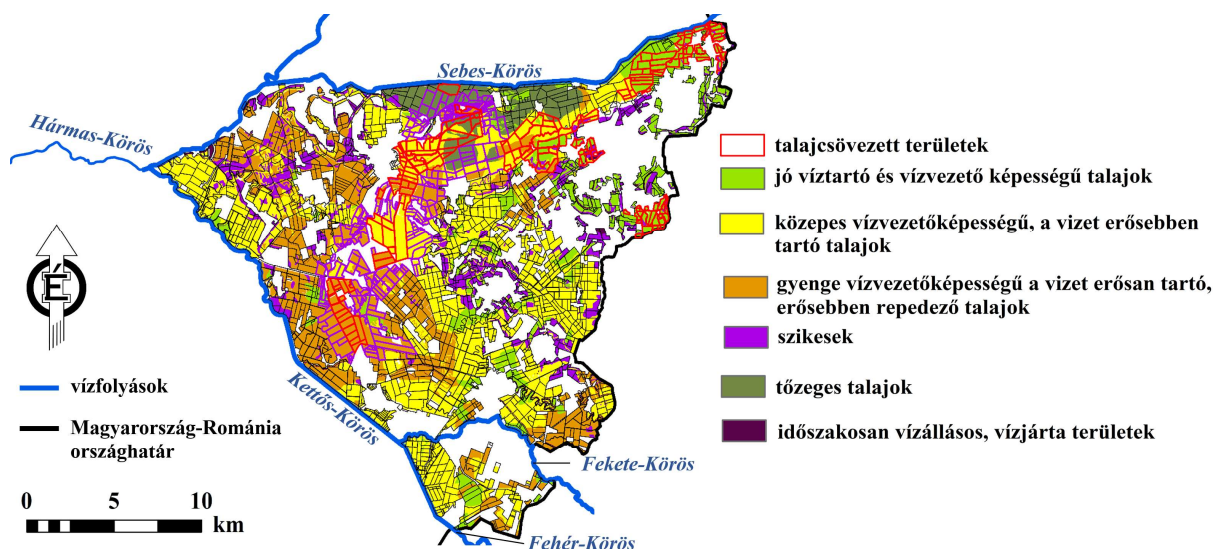
31. ábra. A zsádányi referencia terület és környékében látható talaj bolygatási nyomok a drénezést követően 1987. áprilisában

(Szerk.: Türi N., légifotók: 0,25m/pixel fotótérkép, www.fentrol.hu)

6.1.3. A drénezést befolyásoló talajtani viszonyok

A talajcsövezés elnevezéséből is adódik, hogy a talaj, mint termesztési közeg vízgazdálkodási tulajdonságainak műszaki beavatkozások útján történő javítását célozza. A talajcsövezés nem csupán a vízzel túltelített talajok víztelenítését, hanem egyes esetekben szabályozott körülmények biztosításával, a talajvíz megfelelő szinten tartását vagy a talaj vízkészletének visszapótlását is szolgálta. A Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszer (DKTIR) adatainak térinformatikai feldolgozásával lehetőségem nyílt a Körösök köze területének több szempontú talajtani elemzésére. Céлом volt a vízelvezetés, valamint a drének keresztüli vízvisszapótlás lehetőségeinek, talajtani feltételeinek megállapítása.

Először lépésként a DKTIR adatbázist felhasználva, elkülönítettem a Körösök közének talajait azok vízgazdálkodási tulajdonság attribútumai szerint, amelyek a VÁRALLYAY-féle (1982) csoportosítást tükrözték (32. ábra). Zöld színnel jelöltem a jó víztartó és vízvezetőképességű talajokat, amelyek a talajcsövezett területek 27,8%-án fordultak elő. A teljes területet (szántó művelési ágú területek) nézve, a Körösök közének 13%-án vannak ilyen tulajdonságú talajok, amelyek kedvező vízvezető- és víztartó képességük szerint leginkább alkalmasak a drénezésre. A 32. ábrán továbbá citromsárga színnel jelöltem azokat a területeket, amelyek víztartó és vízvezetőképességük szerint közepesen teljesítenek, így feltételesen alkalmasak talajcsövezésre. Ezeken a talajokon már rendkívül fontos a megfelelő agrotechnika alkalmazása a kedvező talaj vízforgalom elérése érdekében. Ezek a talajok, a Körösök közének nem talajcsövezett szántó területeinek 40%-án fordulnak elő. A talajcsövezéssel érintett területen képviselt arányukat tekintve ez 37,4%. Ezen eredmények alapján elmondható, hogy a Körösök köze szántó területeinek közel felén talajcsövezésre alkalmas talajokat találunk a vízgazdálkodási tulajdonságaikat nézve.

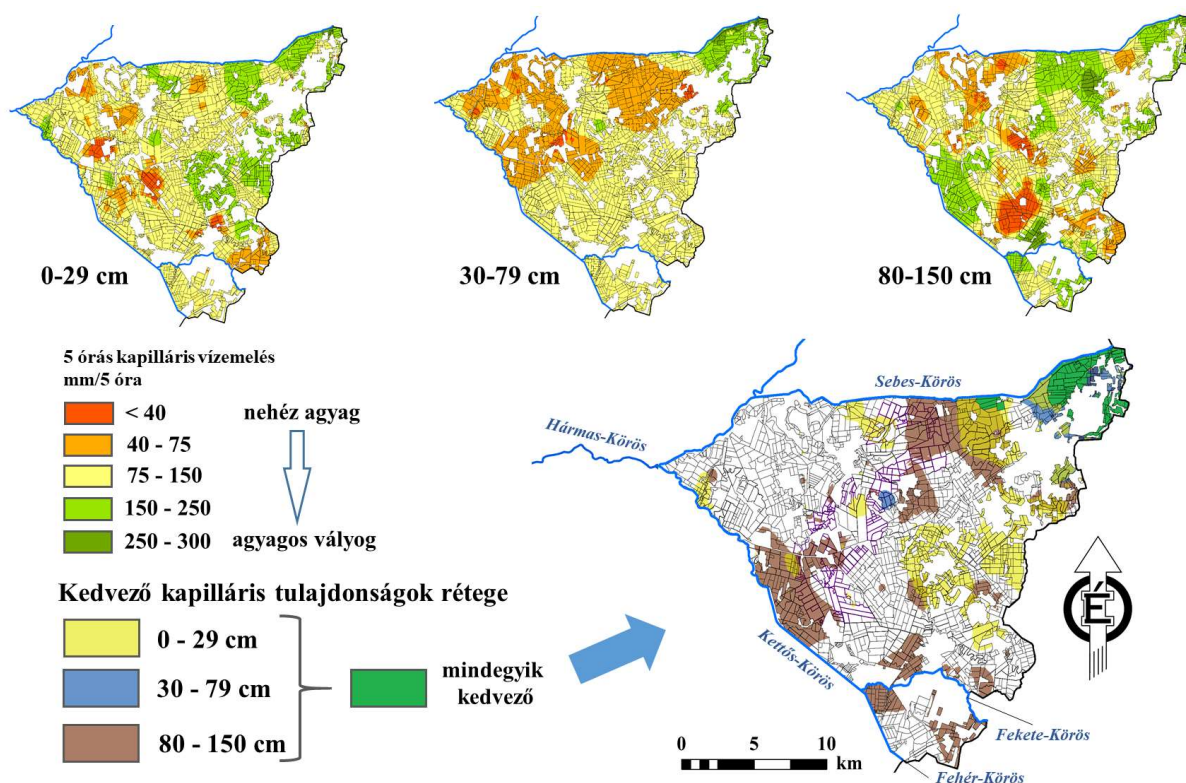


32. ábra. A Körösök köze talajainak vízgazdálkodási tulajdonság szerinti osztályozása a DKTIR adatok alapján (Szerk.: Túri N.)

A DKTIR adatbázis előnye, hogy az adatpontok tartalmaztak olyan attribútumokat, amelyek alapján kategorizálni tudtam, hogy a vizsgált talajparaméterek, azok melyik talajmélységet reprezentálják. Az adatbázis kezelését követően olyan adatpont állományt hoztam létre, amelyek egységesen tartalmaztak adatot, minden vizsgálni kívánt talajmélységből. A számomra érdekes vizsgálati mélységet első sorban a 0 és -150 cm mélység jelentette, amely mélység intervallumba a talajcsövek jellemző telepítési mélységei esnek. Ezzel a leválogatással ugyan csökkent az adott paramétereket tartalmazó vizsgálatba bevonható pontok száma, de egy egységesen, több mélységben is teljes adattal rendelkező pontréteg jött létre. Ezek a pontrétegek alkalmasak voltak tematikus, különböző mélységeket reprezentáló interpolált (IDW-Inverse Distance Weighted inverz távolságsúlyozás) térképek létrehozására.

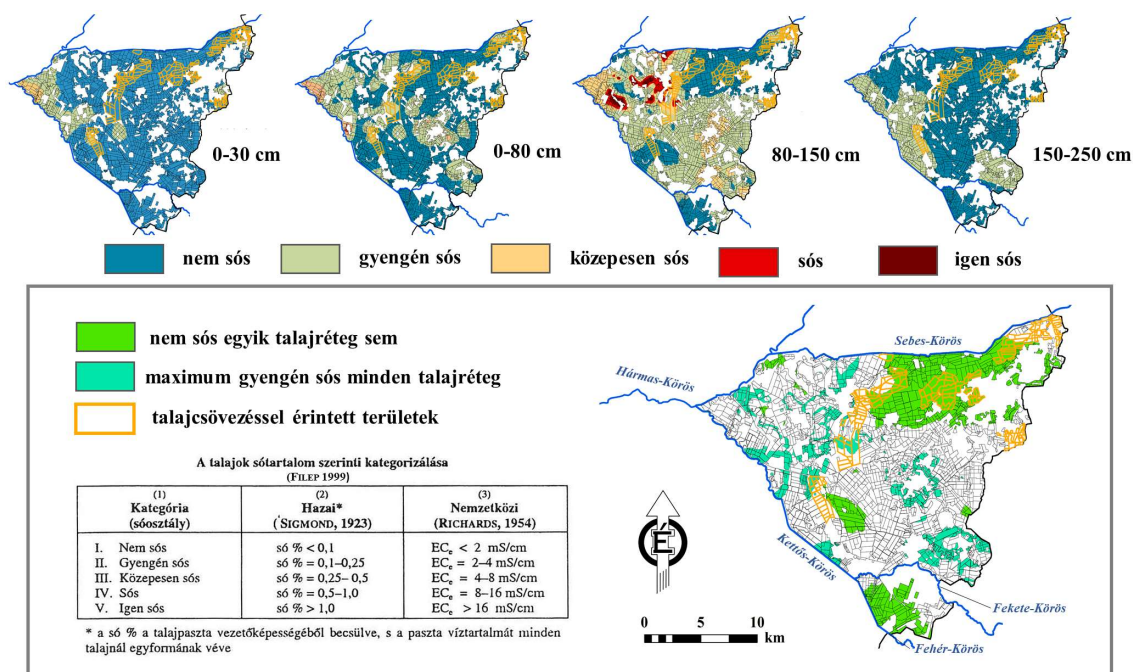
A talajcsövek vízlevezetésre vagy víz visszapótlásra való alkalmazása igen nagymértékben múlik a talajok kapilláris vízemelési tulajdonságaitól. A kapilláris vízemelési tulajdonságok a DKTIR adatbázisban mm/5 óra mértékegységben voltak meghatározva. A Körösök közén azon területek lehatárolása volt a célom, amelyeken a kapilláris vízemelési tulajdonságok kedvezőek vagyis 150 mm/5 óra értéknél nagyobbak. A vizsgálati mélységeket a következőkben határoztam meg: a 0-29 cm vagyis a felszín közelében, 30-79 cm vagyis a drének és a felszín közötti mélységben, valamint 80-150 cm, amely azon mélység, amelyben a drének általában előfordulhatnak.

Az eredményeket osztályozva összesítést végeztem a talajok drénezésre való alkalmassága szempontjából. Az eredmény térképeken alkalmazott színekódolást egységesítettem, amellyel a különböző mélységtartományokat reprezentáló interpolált térképeken az azonos színnel jelölt területek, ugyan azt az információtartalmat (kapilláris vízemelési határérték) hordozták. A térinformatika lehetőségeinek köszönhetően az interpolált térképek összekapcsolásával lehatároltam azokat a területeket, amelyek kategorizálják, hogy a Körösök közének taljai melyik mélység kategóriákban rendelkeznek kedvező, 150 mm/5 óra értéknél nagyobb kapilláris vízemelési tulajdonságokkal (33. ábra). Az ábra szemlélteti, hogy a mintaterület mely részei azok, amelyek 0–29 cm-en (homoksárga), amelyek 30–79 cm-en (kék), amelyek 80–150 cm-en (barna) vagy minden talajszintjükben (piros) kedvező kapilláris emelési tulajdonságokkal bírnak. A térképen látható vegyes színek láthatósága a rétegek metszéséből adódik, pl. a zöldes árnyalat jelzi, hogy abban az esetben 0–79 cm mélységben is (0–29 cm + 30–79 cm) kedvezőek a talajszintek kapilláris tulajdonságai.



33. ábra. A mintaterület talajainak kapilláris vízelelési tulajdonságai a különböző mélységekben a DKTIR adatbázis alapján (Szerk.: Túri N.)

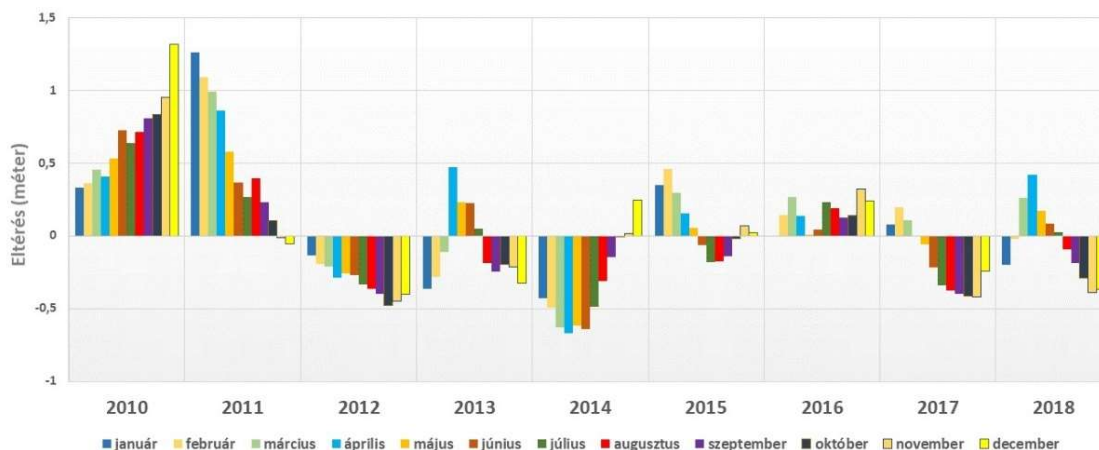
A mintaterület talajainak kapilláris vízelelési tulajdonságainak vizsgálata mellett, az egyes talajrétegek sótartalom szerinti osztályozását is elvégeztem, ugyanis ez szintén meghatározza a dréneken keresztüli vízelvezetés, vagy a dréneken keresztüli víz visszapótlás lehetőségeit, de ez utóbbit különösen. FEHÉR (1983) a sótartalom kritériumaként a mélyben sós talajrétegeket említi kizáró okként, azonban én több rétegben is vizsgáltam a sók jelenlétét annak érdekében, hogy azokat a területeket határoljam le, amelyek rétegeiben a FILEP-féle (1999) kategóriák, valamint a SIGMOND-féle (1923) osztályozás szerint a nem sós (só%<1), és gyengén sós (só%= 0,1–0,25) kategóriákba esnek. A sótartalom vizsgálatokat 4 mélységi intervallumra (0–30 cm, 0–80 cm, 80–150 cm, valamint 150–250 cm) végeztem el. Az eredményösszesítő térképen (34. ábra) osztályozás után különböző színekkel jelöltem, hogy mely területek azok, amelyek talajainak egyik rétegében sem található káros sósóbblet, valamint melyek azok, amelyek a legmagasabb sótartalmuk esetén is gyengén sós kategóriába esnek. Véleményem szerint a két osztály igen jól lehatárolja azokat a területeket, amelyek talajainak sótartalma nem korlátozza a dréneken keresztüli vízvisszapótlás lehetőségeit a talajtani feltételrendszer szerint (34. ábra).



34. ábra. A mintaterület talajainak sótartalom szerinti csoportosítása a különböző mélységeken elemezve a DKTIR adatbázis alapján. (Szerk.: Túri N.)

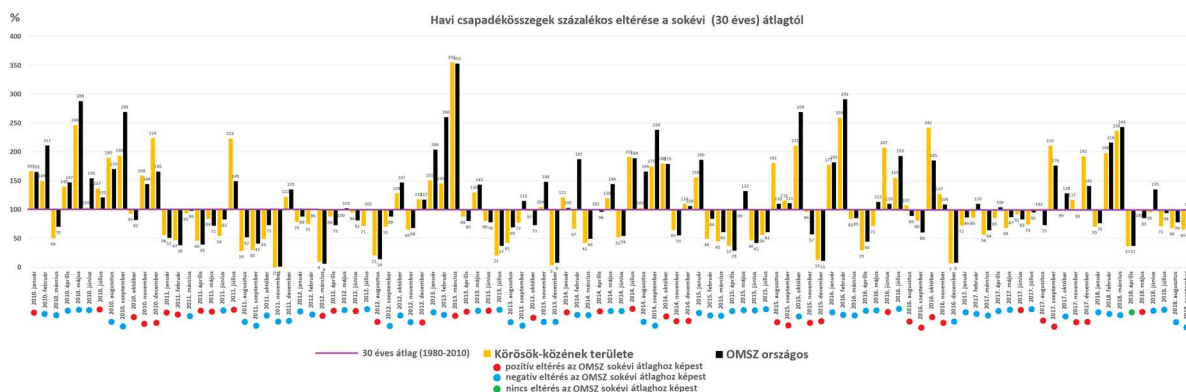
6.1.4. A mintaterület talajvíz és meteorológiai viszonyai

A rendelkezésemre álló talajvízszint adatsorok esetében előfeldolgozást végeztem. Az egyes hónapok esetében vizsgáltam, hogy a 2010–2018 között a területre jellemző átlagos havi talajvíz szintek hogyan alakultak a megelőző közel 30 éves (1980–2009) időszakhoz képest (35. ábra). Az összehasonlíthatóság érdekében az egyes hónapokat évente azonos színezéssel prezentáltam. A 35. ábra jól szemlélteti a 2010–2011 közötti extrém talajvízállású téli vízkészlet feltöltődési időszakot, amikor mértékadó árvízi és belvíz események jellemezték hazánk síkvidéki területeit. Ebben az időszakban, a 2010 decemberi, valamint 2011 januári átlagos talajvíz szintek, a sokéves átlagnál megközelítően másfél méterrel magasabb szintekkel voltak jellemezhetők. 2010 rendkívüli csapadékú év volt, majd 2011 az egyik legszárazabb. A havi átlagos talajvíz szintek ekkor fokozatosan közelíteni kezdtek a megelőző három évtized átlagaihoz. Jól megfigyelhető az is, hogy ezt az extrém hidrológiai állapotot követően, már a következő, 2012-es évtől a talajvíz szintek sokéves átlagnál mélyebben tartózkodása vált jellemzővé. A 30 éves átlaghoz illeszkedő talajvíz szintek ritkán jelentek meg a vizsgált időszakban.



35. ábra. A havi átlagos talajvíz szintek eltérése a 30 éves átlagtól a 2010–2018-as időszakban (Szerk.: Túri N.)

A komplexebb értékelés érdekében a 2010–2018 időszakra vizsgáltam a havi csapadékösszegek eltérését is a megelőző időszak 30 éves átlagához képest. A 36. ábrán színkóddal jelöltem, hogy a 2010–2018 között mely hónapokban volt pozitív (piros kör), vagy negatív (kék kör) az eltérések a havi csapadékösszegek a sokéves átlaghoz képest. Csupán egy esetben (2018. április) fordult elő hogy a havi csapadékösszeg nem tért el a sokéves átlagtól, amely zöld kör jelölést kapott. A vizsgált időszak csapadék összegeit igen nagymértékben jellemzik a szélsőségek. A sokévi átlag körüli értékekkel jellemezhető időszak a 2017 első félévében, valamint 2018 késő tavaszi- kora nyári időszakában volt jellemző.

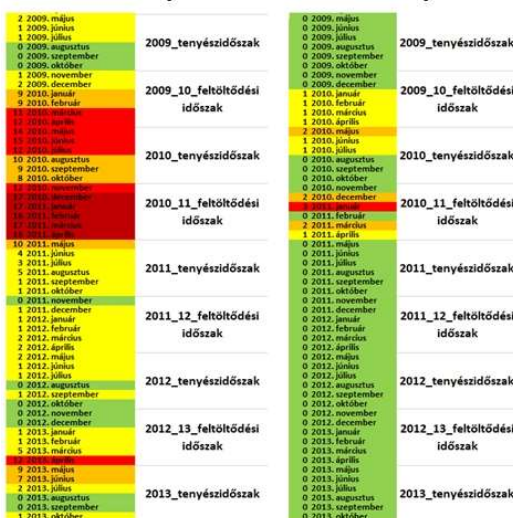


36. ábra. A 2010 és 2018 közötti időszak havi csapadékösszegek eltérései a sokéves átlagtól a Körösök közén (Szerk.: Túri N.)

Az adatelemzés során azt is vizsgáltam, hogy a téli feltöltődési időszakokban, valamint a nyári tenyészidőszakokban hogyan változtak a talajvíz viszonyok (37. ábra).

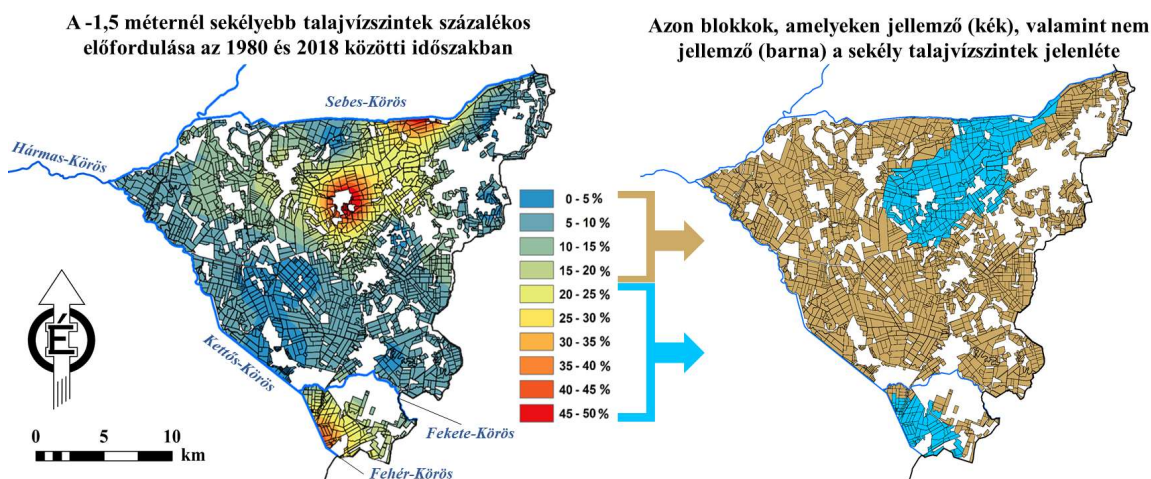
A vizsgálat során 1980 és 2018 között a havi átlagokon keresztül azt is vizsgáltam, hogy a tenyész- és vízkészlet feltöltődési időszakokban lehatároljam azokat a periódusokat, amikor a talajvízszintek 150 cm, vagy 50 cm mélységben tartózkodtak a területen (37. ábra). A téli feltöltődési időszak sekély talajvízszintjeinek vizsgálata azért fontos, ugyanis akkor (1) megjelenhetnek talajvíz eredetű belvizek, másrészt (2) talajvízszint süllyesztés lenne indokolt, még ha ezt a téli időszak szabályos üzemeltetési körülményei nem is feltétlen teszik lehetővé. Az eredmények szerint a mértékadó belvizes évektől eltekintve a sekély talajvízszintek egyre kevésbé jellemzőek, a területen.

1980-2018 0-150cm talajvízszintek 0-50cm talajvízszintek



37. ábra. A feltöltődési és tenyészidőszakok magas talajvíz szintjei 1980–2018 között (Szerk.: Túri N.)

A rendelkezésemre álló talajvízkút adatsorok előfeldolgozását követően az attribútum adatokat csatolva talajvízkút adatpontokat generáltam ArcMap szoftverkörnyezetben. Az adatpontokból IDW interpolációs eljárással létrehoztam a vizsgálati rasztert, amely szemlélteti, hogy a Körösök közén mely területek azok, amelyeket tartósan sekély, vagyis 1,5 méternél magasabb talajvíz szintek jellemeznek 1980 és 2018 között, valamint hogy ezek milyen területi előfordulási arányt reprezentálnak (38. ábra). A területeken extrém csapadékos években, olyan mértékben is megemelkedhetnek a talajvízszintek, hogy potenciálisan talajvíz eredetű belvizeket okozzanak.



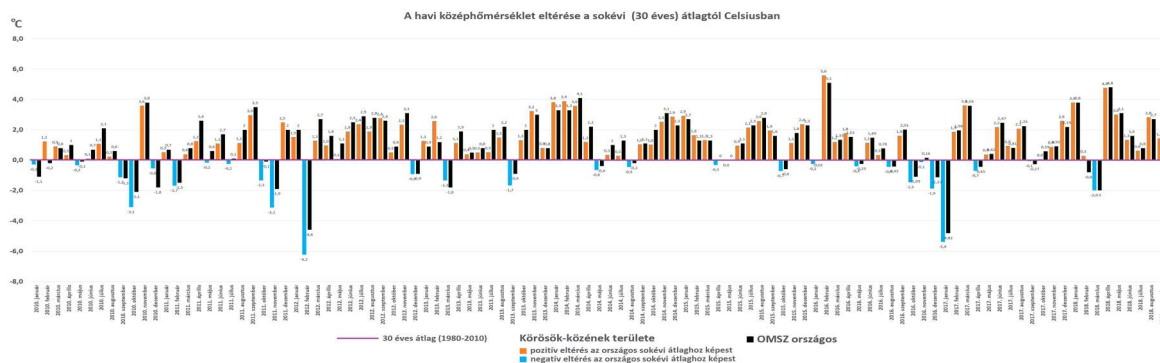
38. ábra. A Körösök közének sekély talajvíz viszonyainak területi eloszlása (Szerk.: Túri N.)

A 38. ábrán jól látható, hogy A sekély talajvízszintekkel jellemezhető területek 16400 ha szántó területet érintenek amely a Körösök köze szántó területeinek 20%-a. A -150 cm-nél sekélyebb talajvízszintű területekből 3510 ha talajcsövezett terület. A talajcsövezett területek 36%-án a magas talajvízszint potenciálisan meghatározó tényező lehet a belvizek kialakulásában.

6.1.5. A mintaterület meteorológiai viszonyai

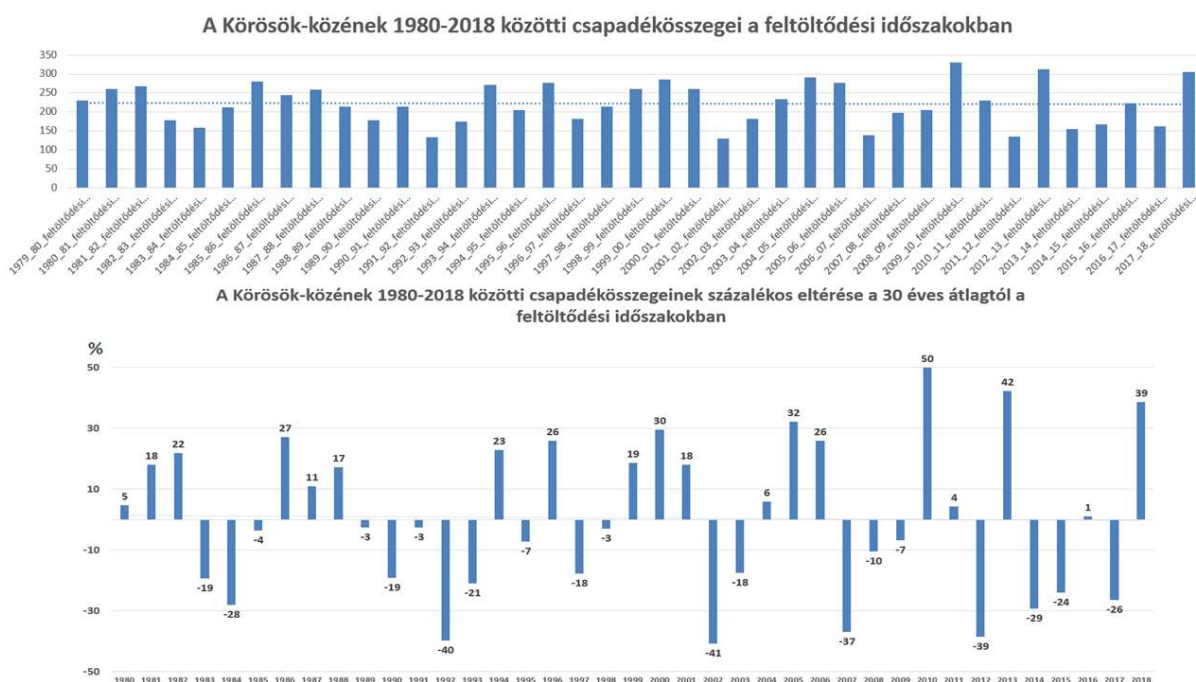
A havi középhőmérsékletek változása a Körösök közén

A mintaterület havi középhőmérsékleti viszonyainak értékelése igen egyértelmű képet tárt elem. A 39. ábra jól szemlélteti, hogy a 2010–2018-as időszak legnagyobb részében pozitív havi hőmérsékleti eltérések tapasztalhatók az országos 30 éves átlagos hőmérséklethez képest. A pozitív hőmérsékleti eltérések évszaktól függetlenül jellemzik a területet, amely a felszíni párolgási viszonyok növekedését indukálja. Azt is megfigyeltem, hogy mind a pozitív, mind a negatív eltérések 2016-os évtől igen nagy kilengéseket mutatnak, szélsőségesek.



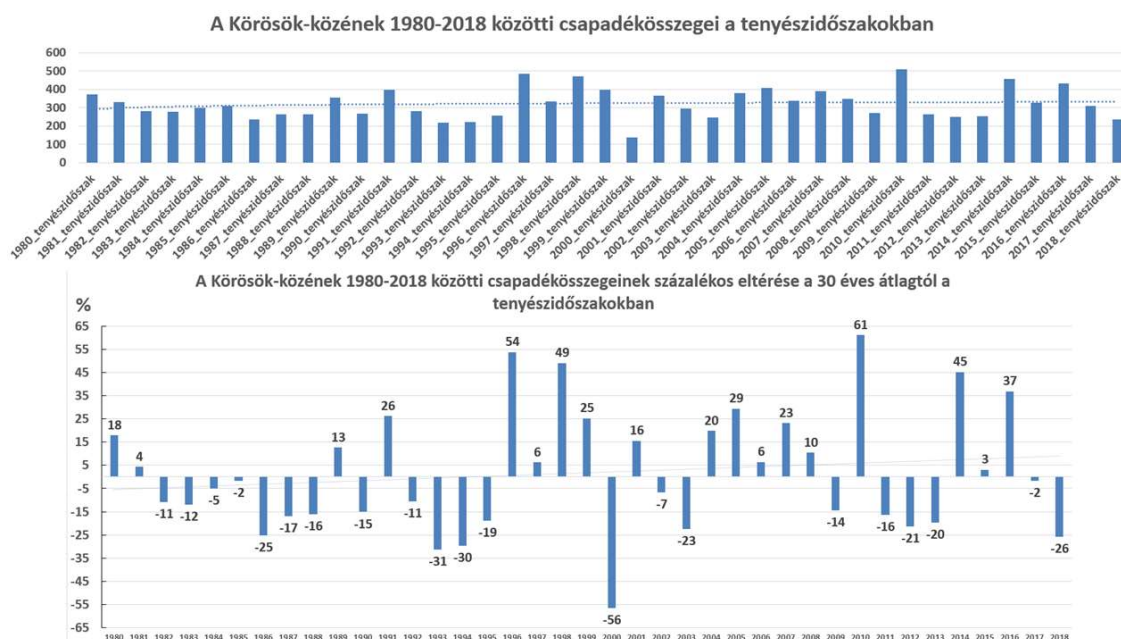
39. ábra. A 2010 és 2018 közötti időszak havi középhőmérsékletének eltérései a sokéves átlagtól a Körösök közén (Szerk.: Túri N.)

Számomra a fő kérdés az volt, hogy hosszabb időtávot tekintve (1980–2018) a csapadék mikor volt túl sok, vagy mikor túl kevés a területen. Ez a nézőpont szerint téli feltöltődési, valamint a nyári (vízkészlet kiürülési) időszak csapadékösszegeit vettem viszonyítási alapnak (40. ábra).



40. ábra. Az 1980 és 2018 közötti feltöltődési időszakok csapadékösszegei, valamint azok százalékos eltérése a sokévi átlagtól (Szerk.: Túri N.)

A 41. ábra jól mutatja, hogy a diagramra illesztett trendvonal (pontozott) szerint, a feltöltődési időszakok csapadékösszegei csak minimális eltérést mutatnak a teljes időszakban. Azonban ha az ezredfordulótól nézzük a csapadékösszegek alakulását, akkor az látszik, hogy az évek közel felén a csapadékösszeg alul maradt a sokéves átlagtól.



41. ábra. Az 1980 és 2018 közötti tenyészidőszakok csapadékösszegei, valamint azok százalékos eltérése a sokévi átlagtól (Szerk.: Túri N.)

A tenyészedőszak csapadékösszegei és a lehullott csapadék időbeli eloszlása jelentősen befolyásolja a növénytermesztés sikerességét. A rossz szerkezetű talajokon a hirtelen lehulló csapadékok hamar belvizet okozhatnak, ám azok károkozó hatásának mértéke az érintett területen termesztett növények fenofázisától is függ. A tenyészedőszak csapadékösszegeinek ismeretében, meghatározható, hogy az adott termesztett növénykultúra vízigényét az a csapadékösszeg képes-e kiszolgálni.

A legtöbb Magyarországon termesztett növénykultúra dinamikus vízigénye, amely az a vízmennyiség, amely a növény zavartalan fejlődését biztosítja 400 mm körül mozog. A növényzet vízigényének kielégítése szempontjából még megemlítendő, hogy természetű területenként változó, valamint lehatárolható egy kritikus időszak, amely során az egyes termesztett növénykultúrák megkövetelnek egy bizonyos mennyiségű talajból felvehető vízmennyiséget (SZALÓKI 1989). A mintaterület tenyészedőszakban lehullott csapadékösszegei trendszerűen növekedést mutatnak az időszakokat nézve, ám a trend emelkedését egyes extrém csapadékos évek csapadékösszegei idézhetik elő (41. ábra).

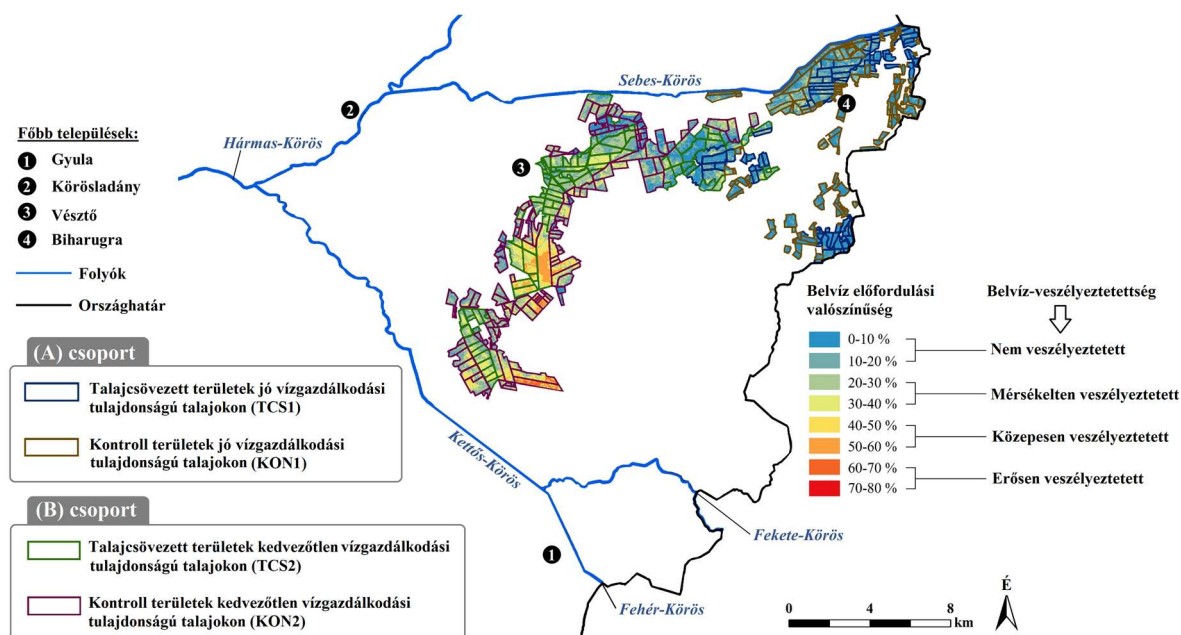
Érdekes képet mutat a 1999–2000 évek nagy belvizei után tapasztalható 56%-os deficit a tenyészedőszakban lehullott csapadék összegekben. Az ezredforduló után általánosságban mondható, hogy +30% és -30% eltérés között mozognak a csapadékösszegek. Extrém csapadékos tenyészedőszak 2010, 2014 valamint a 2016-os évek voltak, amikor kialakulhattak olyan tavaszi, kora nyári belvizek, amikor a többlet víz levezetését segíthették volna működő, szakszerűen üzemeltetett és karbantartott drének. A levezetés, azonban felveti a kérdést, hogy az aszályos években, mint például a csapadékos 2010 után következő 2011 csapadékhiányos évben jelentkező aszályt kompenzálta volna-e a nem elvezetett vízzel maradó magasabb talajnedvesség.

6.1.6. Belvíz viszonyok a Körösök közén

A belvíz-veszélyeztetettség a területen

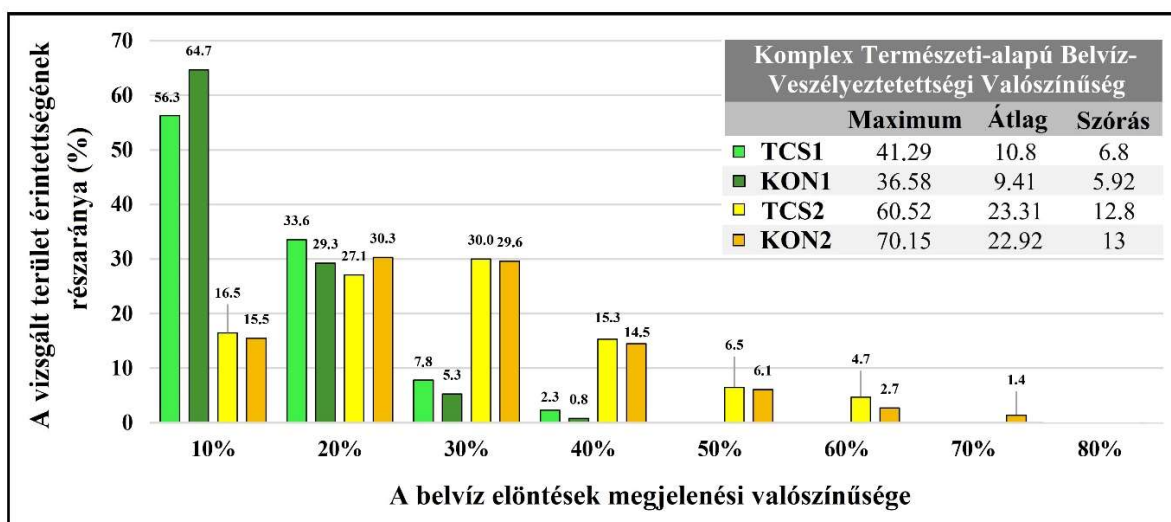
A Komplex Természeti-alapú Belvíz-veszélyeztetettségi Valószínűség (KTBV) szintézis térkép elemzését több vizsgálati szempont szerint végeztem el. Vizsgáltam, hogy a Körösök közének valamint Magyarország síkvidéki szántó területein hogyan alakul a belvíz veszélyeztetettség. Megállapítottam, hogy a Körösök közén található szántó területek természeti tényezőkön alapuló belvíz-veszélyeztetettség valószínűsége átlagosan 21%, míg Magyarország síkvidéki szántó területein ez 15%. A mintaterület extrém veszélyeztetett kategóriába eső (70% feletti) területei a Körösök köze szántó területeinek csupán 2%-án fordulnak elő.

A belvíz-veszélyeztetettség alakulását talajcsővezett, valamint a kontroll területeken az 42. ábra szemlélteti.



42. ábra. A Körösköz terület belvíz-veszélyeztetettségi térképe a MATE ÖVKI Komplex Természeti-alapú Belvíz-Veszélyeztetettségi térképe alapján (Szerk.: Túri N.)

A kedvező vízgazdálkodási tulajdonságú területek (A csoport) talajcsővezetett (TCS1), valamint kontroll (KON1) területeire leginkább a 10–20% belvíz előfordulási valószínűség jellemző, amely a KTBV besorolás szerint nem számít veszélyeztetettnak (43. ábra). A területre jellemző maximális előfordulási valószínűség alapján, amely 41%, a belvíz-veszélyeztetettség közepes kategóriát ér el. A kedvezőtlen vízgazdálkodási tulajdonságú területek (B csoport) talajcsővezetett (TCS2) és kontroll (KON2) területek nagy része mérsékelten belvíz-veszélyeztetett (20–30% előfordulási valószínűségű). A KON2 területek esetében a 70% feletti belvíz veszélyeztetettségi valószínűség érték is megjelenik (43. ábra).



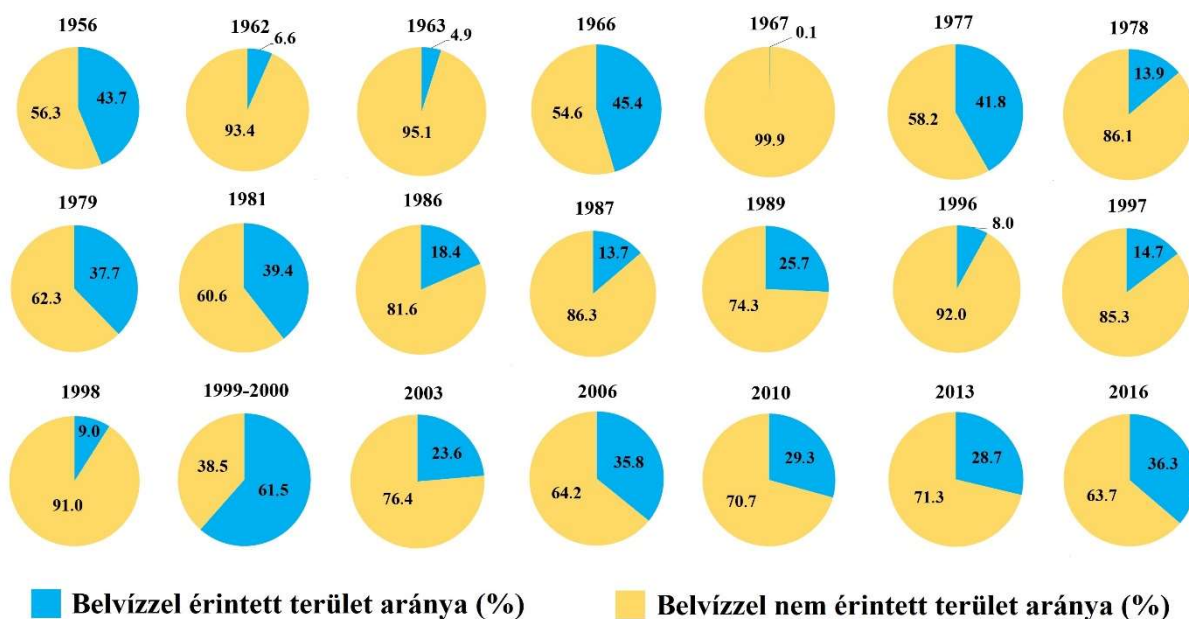
43. ábra. A belvívelöntések előfordulásának valószínűsége a vizsgált TCS1, TCS2, KON1, KON2 területeken (Szerk.: Túri N.)

A mintaterületre elkészített talajcsővezetési kataszterem és a Komplex Természeti-alapú Belvíz-veszélyeztetettségi Valószínűség (KTBV) szintézis térkép elemzése alapján megállapítottam, hogy a Körösök közének a kedvező vízgazdálkodási tulajdonságú drénezett területeire a legnagyobb arányban (a terület 56,3%-a, 1826 ha) a 10%-os belvívelöntés előfordulási valószínűség, míg a kedvezőtlen vízgazdálkodási tulajdonságú drénezett területeire a

legnagyobb arányban (a terület 30%-a, 1879 ha) a 30%-os belvívelöntés előfordulási valószínűség a jellemző.

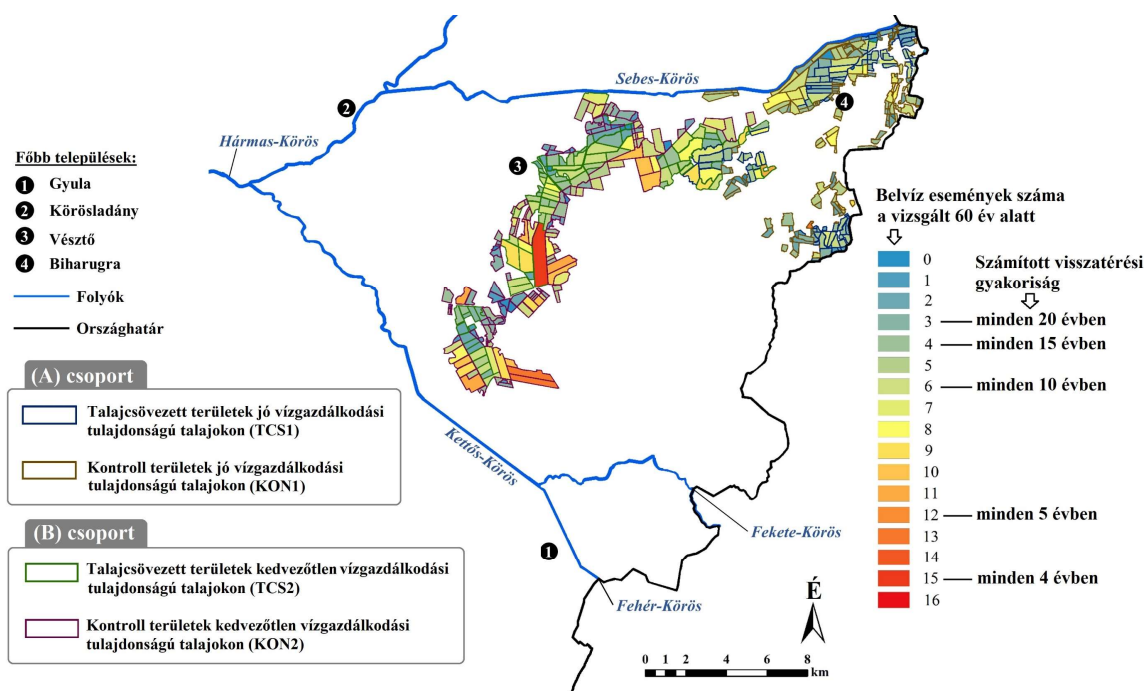
A belvíz-gyakoriság alakulása

A Körösök köze belvíz elöntésekkel érintett, valamint nem érintett területeinek arányait a 44. ábra mutatja be. A vizsgált 60 évből 22-ben történtek elöntési esemény, amely átlagosan a területek 25%-át érintette. Az 1999 és 2000 évek elöntés adatai egybevonva álltak rendelkezésünkre, tekintve hogy a belvíz szélsőség megszakítás nélkül volt jelen ebben az időszakban. Megfigyelhető, hogy az 1999–2000 nagy belvizes időszak után a belvívelöntésekkel érintett területek aránya közel azonos mértékben jelentkeztek (44. ábra). Az ezredforduló nagy belvizes árvizes időszaka annyira tartós volt, hogy a talajok jelentős degradációt és szerkezetromlást szenvedhettek.



44. ábra. A belvíz által érintett és nem érintett területek százalékos aránya a Körösök közén (Szerk.: Túri N.)

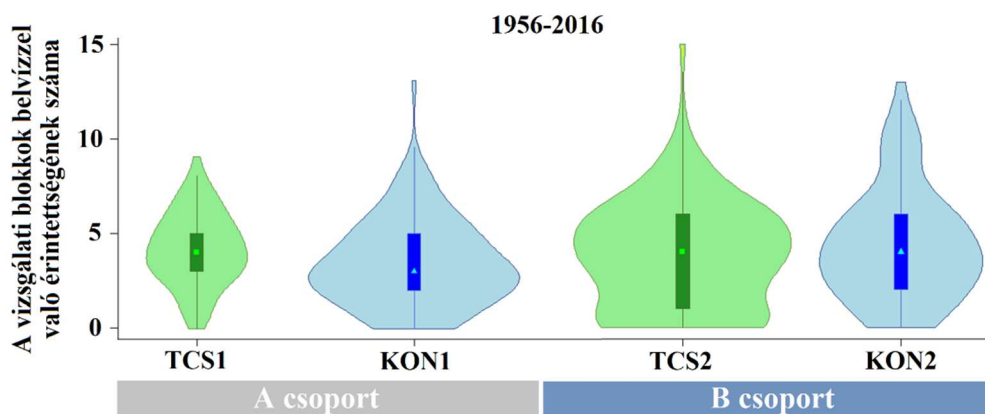
A belvízgyakoriság tekintetében a vizsgált 60 év alatt a legtöbbet elöntött vizsgálati blokkok 15-16 alkalommal voltak érintettek a területen, amelyek átszámolva minden 4. évben történt elöntést jelentenek (45. ábra).



45. ábra. A vizsgált blokkok elöntés gyakoriságai a teljes 60 évre vonatkozóan (Szerk.: Túri N.)

A teljes vizsgált időszak (1956–2016) belvíz elöntés viszonyai

A 46. ábra szemlélteti, hogy az (A) csoportban a kontroll területeken található blokkok belvizzel való érintettsége kevésbé jellemző, mint a drénezett területeken. A (B) csoport területeinek esetében az átlagosan közel azonos belvíz elöntésekkel jellemezhetők a talajcsövezett és kontroll területeik, sőt az (A) csoport drénezett területeinek elöntési átlagaihoz közelítenek.

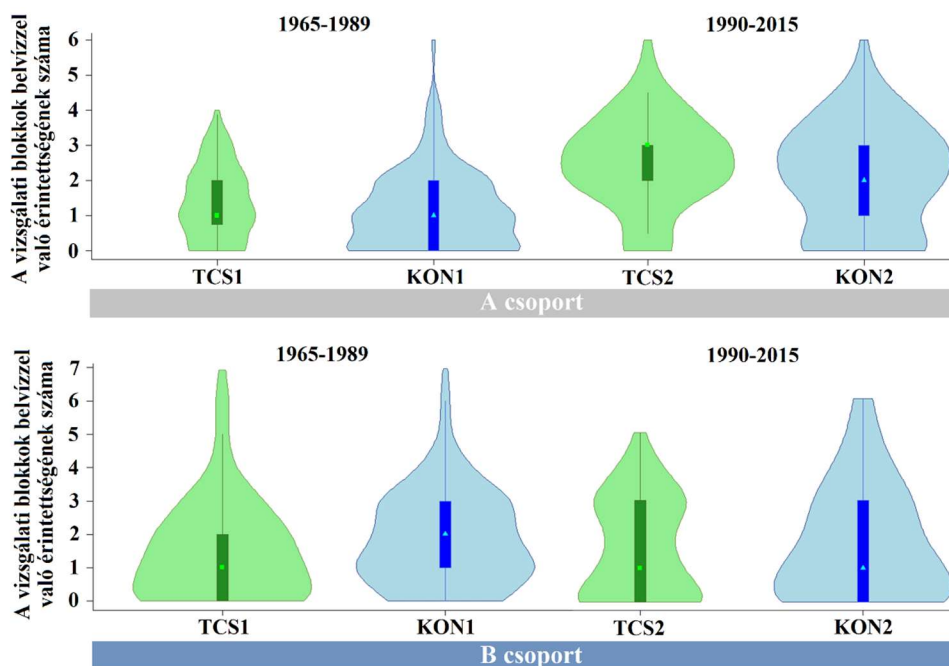


46. ábra. A vizsgált csoportok blokkjain előforduló belvíz események számai az 1956–2016 közötti időszakban (Szerk.: Túri N.)

Az (A) csoportban található blokkok maximális belvizzel való érintettsége 9 alkalom volt. A (B) csoport blokkjai, amelyek kedvezőtlen vízgazdálkodású talajokon találhatóak a 60 év alatt 10-15 elöntés is előfordult az egyes vizsgált blokkokon. A vizsgált időszak alatt belvizzel nem érintett területek részaránya a kontroll területeken magasabb, mint a talajcsövezett területek esetén. A (B) csoportban ennek az ellenkezője volt megfigyelhető, az elöntés nélküli blokkok vizsgálata során, vagyis a kedvezőtlen vízgazdálkodású talajokon végzett drénázás hatékonysága kimutatható.

Az 1990 előtti és az 1990 utáni időszakok belvíz elöntés viszonyai

Az egyes csoportokba tartozó blokkok belvizeseménnyel való érintettségének értékeit a 47. ábra mutatja be. Az (A) csoport területeinek elöntési számai azt mutatják, hogy 1990 után a vizsgált csoport drénezett területeinek belvizzel való érintettsége jelentősen megnövekedett, a megelőző időszakhoz képest. Míg 1990 előtt az elöntéssel való érintettség átlagosan megközelítően ugyan akkora volt a TCS1 és KON1 területeken, addig 1990 után a kontroll területeken jelentkezett kevesebb elöntés.



47. ábra. A belvíz előfordulások száma az 1965–1989 és 1990–2015 időszakokban
(Szerk.: Túri N.)

A (B) csoportban 1990 után a drénezett és kontroll területek átlagosan azonos mértékben voltak belvizzel érintettek. 1990 előtt a (B) csoport kontroll területein kétszer annyi elöntés jelent meg, mint a csoportba tartozó drénezett területek esetében. Az eredmények szerint tehát a drénezett területek belvíz mérséklő hatása egy alap állapotba csökkent.

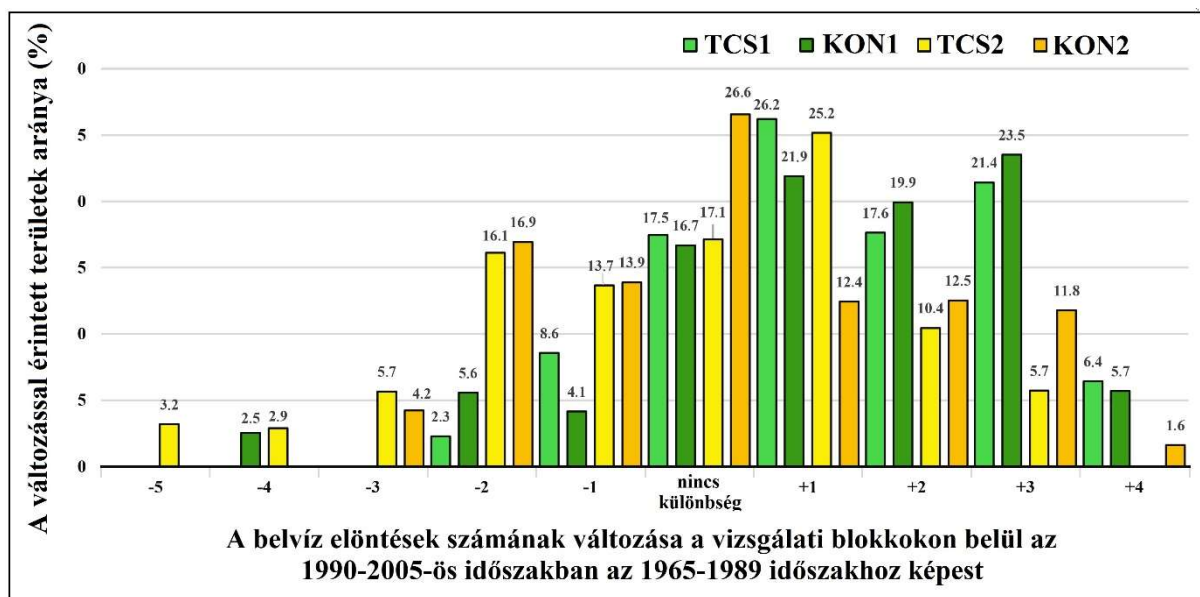
Elöntés szám különbségek 1965–1989/1990-2015

Az 1990 előtti, valamint utáni időszak vizsgálatkor nem csak a csoportokon belüli belvíz elöntés eseményeinek változását vizsgáltam, hanem azt is, hogy az egyes csoportokhoz tartozó blokkokon mennyivel változott pozitív vagy negatív irányban az elöntések száma. A változást előre mutatóan vizsgáltam, vagyis a megelőző időszakhoz képest néztem, az új időszak változásait. Mindemellett azt is figyeltem, hogy mely területeken nem volt változás elöntések számában (48. ábra). Ebből lehet következtetni arra, hogy mely területeken nem befolyásolta a drénezés a belvizek kialakulásának esélyét. Noha a belvíz elöntések megjelenése rapszodikus, alap felvetésem szerint a talajcsövezett területeken csökkennie kellene az elöntéseknek, ha a drénrendszerek funkcionáltak.

Mindkét csoport talajcsövezett (TCS1, TCS2) területeinek elöntésszám változását vizsgálva megfigyelhető, hogy a területeiken közel azonos mértékben 17,5 % (TCS1), 17,1% (TCS2) nem volt változás az elöntések számában, míg a kontroll területén ez szinte azonos mértékű (16,7%). A megelőző időszakhoz képest a TCS 1 blokkokon maximum 2 elöntéssel volt kevesebb, mint 1990 előtt. A kontroll területeket ilyen szempontból vizsgálva a KON1

területek 16,7%-án nem volt megfigyelhető változás, amely közelít a talajcsővezett területeken tapasztalható viszonyokhoz. Kiemelkedő területi arányokkal a KON2 területek rendelkeznek, amelyek 26,6%-án nem volt változás. A 48. ábra diagram eloszlásán jól látható hogy az eltérések nagyobb halmazát a drénezett és kontroll területek esetében is a pozitív irányú eltérések a jellemzőbbek. A belvízelöntés számok szélső értékeinek vizsgálatát is fontosnak tartottam ugyanis az indikátora a beavatkozások eredményességének. A belvíz események legnagyobb arányú csökkenése a TCS2 drénezett területekhez köthető. A TCS2 területek 13,7%-án (-1), 16,1%-án (-2), 5,7%-án (-3), 2,9%-án (-4), 3,2%-án (-5) elöntésszám csökkenés volt megfigyelhető. Ezzel elmondható, hogy a rossz vízgazdálkodási tulajdonságú drénezett területek 41,6%-án volt valamilyen mértékű csökkenés a belvíz elöntések számában. Ugyan ez a jó vízgazdálkodási tulajdonságú drénezett területeken csupán a területek 10,9%-ra mondható el, ráadásul a legnagyobb negatív eltérés is maximum 2 volt. A kontroll területek közül az elöntés szám csökkenése a KON2 területeken volt jelentős ahol a területek összesen 35%-án volt csökkenés, ami háromszor több mint a TCS1 elöntés szám csökkenéssel jellemezhető területeinek aránya.

Az összes csoportot (A,B) figyelembe véve elmondható, hogy a drének esetleges belvíz gyakoriság csökkentő hatása, a kedvezőtlen vízgazdálkodási talaj tulajdonságú területeken mutatkozik meg leginkább.



48. ábra. 1965–1989 és 1990–2015 időszakokra elkészített belvíz gyakoriság térképekből képzett különbség térkép változásainak eredményei a terület arányokra vonatkoztatva (Szerk.: Túri N.)

A negatív eltérések mellett az egyes területek pozitív elöntés szám különbségeit is megvizsgáltam. A talajcsővezett területek tekintetében a rossz vízgazdálkodási tulajdonságú területek (TCS2) 41,3%-án volt pozitív eltérés, de ebből 25% +1 elöntést jelent a vizsgált blokkokon. A jó vízgazdálkodási tulajdonságú talajcsővezett területeken (TCS2) a pozitív irányú eltérések már a területek 71%-át érintették, ám ezekből a területek 21,4%-án +3 elöntés fordult elő. A kontroll területeket nézve nagyon hasonló arányokat tapasztaltam, ugyanis a KON1 területek 71%-án volt pozitív irányú változás, amelyből 23,5%-án a területeknek +3 elöntés jelentkezett. A KON2 területek 38,3%-án volt pozitív változás, abból 1,4%-on +4 elöntés előfordult.

A TCS1-KON1 területek elöntéseinek 10 éves bontásban való vizsgálatának eredményei

Hasonlóan a két időszakos bontásban elvégzett vizsgálataimhoz, a tíz évenkénti bontás alkalmazásával azt vizsgáltam, hogy a drénezett területeken mennyivel több, vagy kevesebb az elöntés a kontroll területekhez képest (5. táblázat). Feltételezésem, miszerint a talajcsövezési beavatkozások következtében kevesebb volt a drénezett területek belvízzel való érintettsége, mint a kontroll területeken, csak 2 vizsgált időszakban 1960–1969, valamint az 1980–1989 időszakban volt kimutatható. Az 1960–1969-es időszak értékelésénél kiemelő, hogy az időszak nem köthető egyértelműen a drénezési beavatkozásokhoz, ugyanis abban az időszakban a Körösök közének drénezése még esetleges volt. A vizsgált időszakokra elmondható, hogy a vizsgált táblák maximum 3 elöntéssel rendelkeztek egy-egy tíz éves perióduson belül.

5. táblázat. A belvízzel érintett területek százalékos eloszlásának változása (TCS1 és KON1)

Vizsgált időszak	Az elöntési gyakoriság/10 év a vizsgálati blokkokon	A belvízzel érintett TCS1 területek aránya az teljes TCS1 területhez viszonyítva	A belvízzel érintett KON1 területek aránya az teljes KON1 területhez viszonyítva	A TCS1 területek belvizi érintettsége alacsonyabb, mint a KON1 területeké
1960-1969	1	28,9	35,5	igen
1970-1979	1	49,1	20,9	nem
	2	7,4	8,6	
1980-1989	1	40,2	47,3	igen
	2	12,5	9	
	3	1,3	1,2	
1990-1999	1	52,4	56,7	nem
	2	30,7	11,5	
	3	8	16,2	
2000-2009	1	48,8	54,4	nem
	2	40,4	26	
	3	0	0,5	
2010-2016	1	41,9	28	nem
	2	15	20,5	
	3	0	0,5	

A TCS2-KON2 területek elöntéseinek 10 éves bontásban való vizsgálatának eredményei

A kedvezőtlen vízgazdálkodási tulajdonságú talajcsövezett és kontroll területek tíz évenkénti vizsgálati eredményei (6. táblázat) szerint, a drénezett területek belvízzel való érintettsége 3 vizsgált időszakban 1960-1969, 1980-1989, valamint a 2010–2016 időszakban volt kevesebb mint a kontroll területeké. Az 1960-1969-es időszak nem köthető egyértelműen a drénezési beavatkozásokhoz a korábban említett okokból. Érdekes kérdést vet fel, hogy a 2010 utáni időszakban milyen okokból kifolyólag volt kevesebb a belvízzel való érintettség a rossz vízgazdálkodású drénezett területeken, míg a TCS1–KON1 területeken közel 8%-os pozitív eltérés volt megfigyelhető (6. táblázat). A vizsgált 10 éves periódusokban a táblák elöntöttsége maximum 3 volt, kivéve az 1980–1989-es vizsgálati időszakot, ahol 4 elöntés is előfordult a blokkokon.

6. táblázat. A belvízzel érintett területek százalékos eloszlásának változása (TCS2 és KON2)

Vizsgált időszak	Az előntési gyakoriság/10 év a vizsgálati blokkokon	A belvízzel érintett TCS2 területek aránya az teljes TCS2 területhez viszonyítva	A belvízzel érintett KON2 területek aránya az teljes KON2 területhez viszonyítva	A TCS2 területek belvizi általi érintettsége alacsonyabb, mint a KON2 területeké
1960-1969	1	42	48,7	igen
	2	8,5	3,3	
1970-1979	1	46,5	36,7	nem
	2	23,3	19,2	
	3	0,9	6,6	
1980-1989	1	30,5	44,6	igen
	2	12,4	17,1	
	3	6,8	4,6	
	4	12,7	4,3	
1990-1999	1	50,3	30,1	nem
	2	15,3	19,6	
	3	2,4	6,3	
2000-2009	1	53,8	32,9	nem
	2	20,7	31,7	
	3	0	8,5	
2010-2016	1	53,8	32,9	igen
	2	20,7	31,7	
	3	0	8,5	

6.2. A terepi referencia területek eredményei

A referencia területeken több évig folytatott aktív megfigyeléseim jó lehetőséget adnak arra, hogy az ott szerzett tapasztalataimmal komplexen értékeljem elért eredményeimet. Az eredmények bemutatását a mindhárom referencia területen elvégzett helyszíni szemlék és állapotfelmérés eredményeivel kezdem, majd ezt követően mutatom be a mezőtúri referencia területen elvégzett terepi vizsgálatok eredményeinek részletezését.

6.2.1. A referencia területek helyszíni felméréseinek eredményei

A mezőtúri terület első helyszíni szemlén azt tapasztaltam, hogy a tábla mellett húzódó 1 km hosszú befogadó csatorna mentén mindössze 5 drénkifolyó volt felfedezhető. Annak érdekében, hogy a terület részletes talajcsövezési helyszínrajzában található összes dréncsővet detektáljam, azok helyszíni ellenőrzését háromszor ismételt meg. Végül a terület dokumentációjában megtalálható 46-ból 42-re nőtt az azonosított talajcső kifolyók és maradványaik száma. A szemmel nem látható drénkifolyók az évek során vagy megsemmisültek, vagy elmozdulásukat követően a befogadó medrében vagy részsíjában voltak eltemetődve. Egyes esetekben a PVC-ből készült drénkifolyó csövek megolvadtak, a csatorna nem megfelelő karbantartása következtében, amikor a gazdálkodó időszakos égetéssel szüntette meg a benne található vegetációt (49. ábra – A). A drénkifolyók súlyos sérülése ellenére néhány esetben azokból minimális drénvíz távozását is megfigyeltem. A helytelen karbantartás másik bizonyítéka volt egy (2012-ben gyártott) olyan teljes hosszúságú drénkifolyó cső, amelyet a csatorna nem drénezett részsíjában találtam eltemetődve, ami a dréncsővet ért erős fizikai behatásra utal (49. ábra – B). Annak igazolására, hogy az „új” gyártású PVC cső valóban drén kifolyóként szolgált, a területen karbantartást végző személy igazolta. Elmondása szerint 2010 környékén voltak törekvések a drén kifolyók pótlására, azonban azoknak mára kevés nyoma maradt.



49. ábra. A drének jellemző sérülései: (A) megolvadt PVC drénkifolyó a befogadó csatorna rézsűjében, (B) 10 éve gyártott dréncső kifolyó, amely néhány év alatt elmozdult a telepítési helyéről (TÚRI ÉS TÁRSAI 2021)

A terepi feltárás során megállapítottam, hogy a talajcsövezési helyszínrajzok igen jó, de néhány esetben csak hozzávetőleges referenciaként szolgálhatnak a drénkifolyók megtalálásához. A tervdokumentációban rögzített állandó 20 m-es szívótávolsággal ellentétben, egyes csövek között változó 15-25 m-es távolságokat is megfigyeltem. Ez jelentősen megnehezítette a detektálást, ugyanis azokon a csatorna szakaszokon, ahol a drének egyenlő távolságra voltak lefektetve, ott a keresés közben megmérhető volt a következő talajcső helye. Ezekben az esetekben néhány perc alatt felfedezhető volt az adott dréncső helyzete. Fontos tapasztalat azonban, hogy a 65 mm átmérőjű drének megtalálási ideje már azok fektetésének néhány deciméteres tervtől való eltérése esetében is a többszörösére emelkedett. A mezőtúri referencia területen vizsgált drénkifolyó csövek endoszkóp kamerás vizsgálatai jó eredménnyel zárultak. A csövek állapotát, a vizsgált 4,5 m hosszban jónak értékeltem (50. ábra).



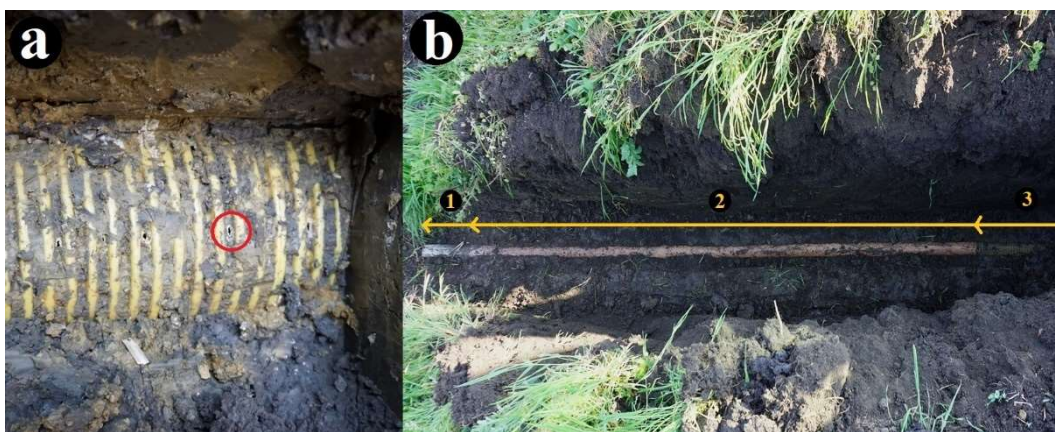
50. ábra. A drének bevezető szakaszainak endoszkópos vizsgálata (TÚRI ÉS TÁRSAI 2021)

A csőperforációk körül kiválásokat fedeztem fel, de ezek nem okoztak eltömődést, vagyis gátat a bejutni kívánó víz útjának. Az ellenőrzött drének általában véve szennyeződésmentesnek bizonyultak, de kifolyók első 50 cm-ében látható volt minimális mennyiségű iszapos üledék, illetve idegen tárgyak, mint például növényi (dréncsőbe beúszott szár és levél darabok, gyökér benövés) vagy állati maradványok (csigaház, rágcsáló csontok), amelyeket az 51. ábra szemléltet.



51. ábra. A drénkifolyók mögötti dréncső szakaszokban megfigyelt szennyeződések: puhatestűek és kisemlősök vázai, valamint benőtt és beűszott gyökérdarabok (fotók: Túri N.)

A néhány vizsgált dréncsőre jellemző kisebb szennyeződésektől eltekintve, a kamerával vizsgált drének kereszt- és hosszirányban vízáteresztőek és víz által átjárhatóak voltak. A csőkamerás 1felvételezések mellett talajszelvény nyitást, valamint gépi dréncső feltárást követően vizsgáltam a dréncső perforációkon található kiválásokat. A felületi, filmréteg szerű kiválásokon kívül a drének perforációin elzáródásokat nem figyeltem meg. A vizsgálatok ezen módjával is bebizonyosodott, hogy a 30 éve telepített dréncsövek perforációi még mindig képesek áteresztetni védőszűrőzés nélkül is (52. ábra).



52. ábra. Nyitott perforációk a talajszelvénnel feltárt talajcsövön (a), és egy géppel a csatorna rézsűben feltárt dréncső (b), amelynek szakaszai: (1) drén kifolyó, (2) közbenső, egyenes falú cső (nem mindig alkalmazták), (3) perforált hullámos falú dréncső (TÚRI ÉS TÁRSAI 2021)

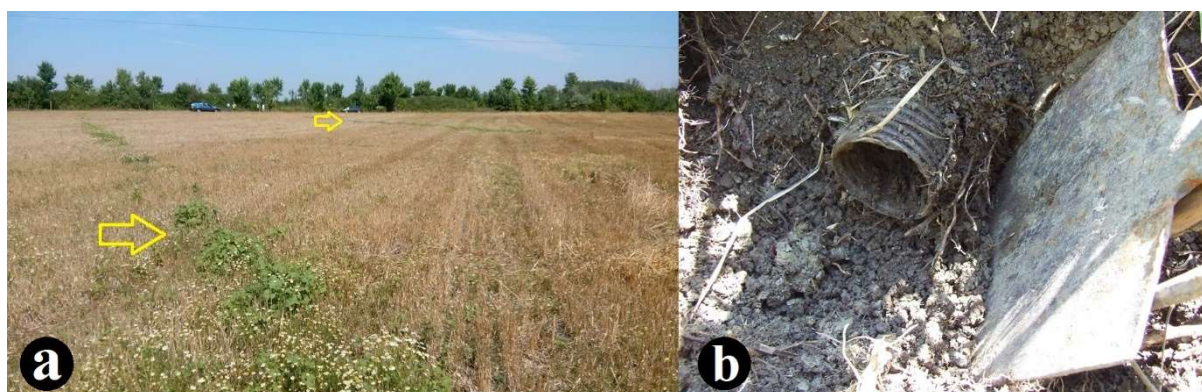
A csanyteleki és zsadányi referencia területeken végzett helyszíni bejárások alkalmával a két terület befogadóinak és drénkifolyóinak elhanyagoltságáról hasonló képet tártam fel, pontosabban ez utóbbiak egyáltalán nem is voltak megtalálhatóak első körben. A befogadókat pedig magas denzitású gyékény, kőkény, gyalogakác jellemezte. A csanyteleki terepbejárások során a dréncső kivezetéseket a részletes helyszínrajzok birtokában sem találtam, a Mezőtúron alkalmazott terepi detektálási módszerek (fémszonda, ásás) sem vezettek eredményre. A rendszeres terepbejárásnak köszönhetően a vizsgált

mezőgazdasági tábla alatt található drének helyzete meghatározhatóvá vált azt követően, hogy a befogadó csatornán gépi iszap eltávolítást végeztek. A csatorna karbantartási munkák során a munkagép a rézsűben eltemetődött talajcsövek kifolyó és csatlakozó perforált szakaszait elvágta és leszakította (53. ábra. C – D). A vizsgálat alatt eltelt évek során az elhanyagolt, majd karbantartott csatorna mára önjáró lineár öntözőgépek tápcsatornájaként szolgál, amelyet korábban a 4. fejezet 20. ábráján illusztráltam.



53. ábra. A drének jellemző sérülései: (C) földmedrű csatorna iszapkotrás után a csanyteleki területen és (D) kiszakított dréncső kifolyó és perforált dréncső a csanyteleki csatorna menti iszapmeddőben (TÚRI ÉS TÁRSAI 2021)

A dréncsövek detektálását, a részletes helyszínrajzok birtokában sem sikerült első körben megtalálni a zsadányi terület esetében sem. Ennek sikerét leginkább az segítette elő, hogy a drénezett tábla felszínén (gabona tarló), a szántóföldi gyomok és árvakelések kirajzolták a drének helyét. A drének jelenlétének igazolására felszíni vegetációs sávok és a csatorna rézsű metszéspontjában feltárási munkát végeztem, amely eredményeként megtaláltam az eltemetett dréncsöveket (54. ábra).



54. ábra. A zsadányi referencia területen látható vegetációs sávok (a), valamint az eltemetett dréncső a befogadó csatorna rézsűjében (b) (TÚRI ÉS TÁRSAI 2021)

6.2.2. A Mezőtúr referencia terület részletes vizsgálatának eredményei

A drónos távérzékelés és képiértékelés eredményei

A drónos légifelvételek elemzése során két felszín téma, a vegetáció nélküli talajfelszín, valamint növényzet borítottsággal esetében is vizsgáltam a mezőtúri területet (VERMA ÉS TÁRSAI 1996, NAZ ÉS BOWLING 2008, 2009).

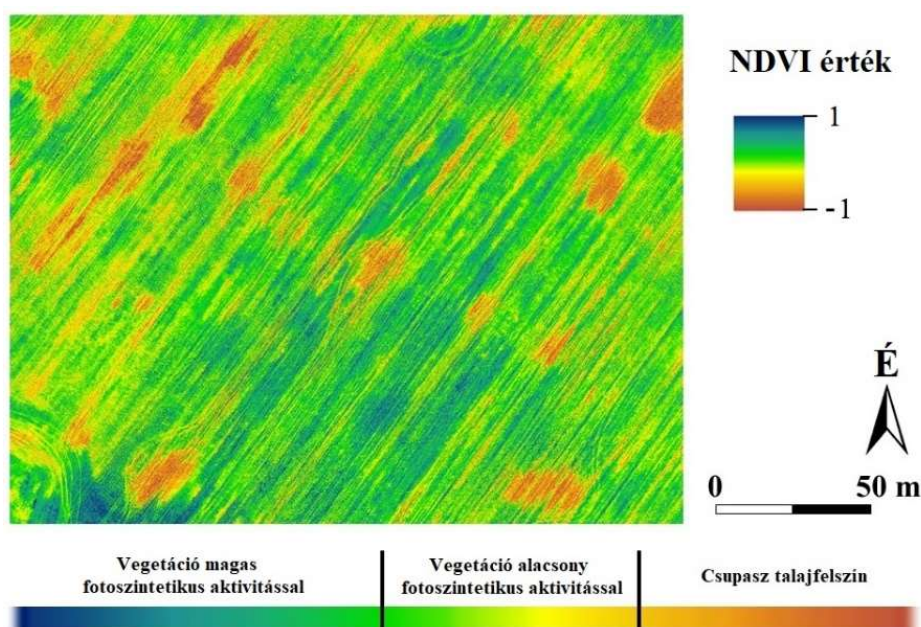
A növényzetmentes talajfelszínt csapadék, vagy öntözést követően, a csupasz talajfelszín nedves és száraz felszínrészei általában jól elkülöníthetők. Várakozásaimmal ellentétben azonban az elkészített ortofotón nem tudtam lineáris nyomokat megfigyelni,

amelyek a drének jelenlétére, pontosabban működésükre utaltak volna, bár ismertem ennek korlátozó tényezőit.

A mezőtúri terület légi felvételezése a vegetációs időszakban is megtörtént. Az elkészített vörös és közeli infravörös spektrális sávokat is tartalmazó ortomozaikok alkalmasak voltak arra, hogy azokból NDVI, valamint index térképeket készítsék a termesztett növényállományban észlelhető különbségek kimutatására.

2018 áprilisában a talajcsövek talajnedvesség-módosító hatása az NDVI index térképek interpretációja alapján nem volt meggyőzően kimutatható. Ezt az okozhatta, hogy a területen akkor termesztett korai fenofázisú búza még sekély gyökerei nem érték el a drének közeli szinteket, valamint véleményem szerint a tömör talajrétegek miatt a drének közvetlenül nem befolyásolták a felszínhez közeli gyökérszóna nedvességviszonyait.

Ugyanakkor az index térképeken nagyon jól megfigyelhetőek voltak olyan csupasz talajfoltok, amelyeket kiszáradt belvízfoltok vagy kétfázisú talajállapotok okozhattak a megelőző tél-végi, kora-tavaszi időszakban (55. ábra). Ez pedig már jelezte számomra, hogy (1) a nem jól megválasztott időpontban és környezeti feltételek idejében történt a repülés, vagy (2) a területen nem megfelelően alkalmazott agrotechnika, leromlott talajtulajdonságok, vagy a drének működési hiánya tapasztalható.



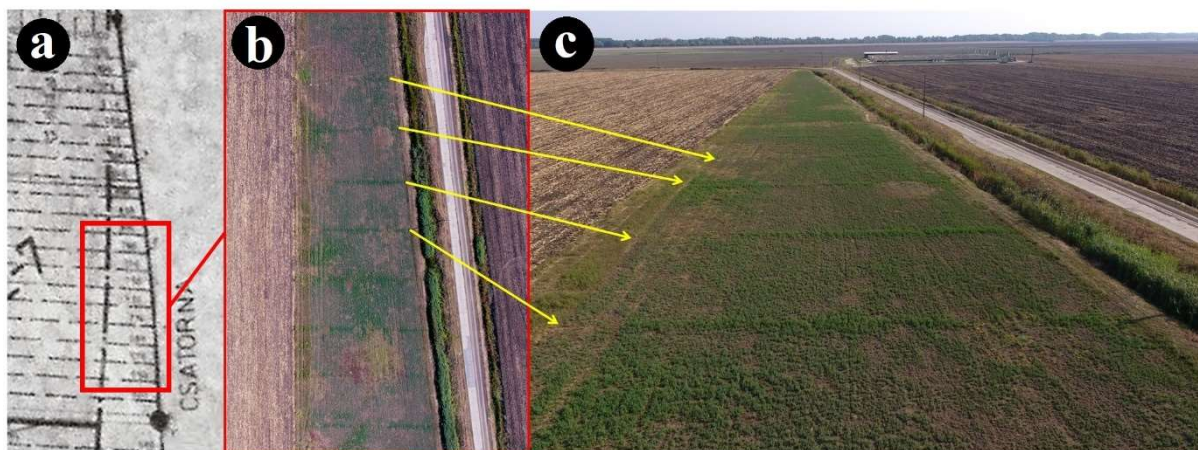
55. ábra. A mezőtúri terület NDVI térképének részlete. (2018. április) Az alacsony NDVI értékek a csupasz talajfoltok elhelyezkedését jelzik, ahol a növényzet életfeltételeit a belvíz korlátozhatta a felvételezést megelőző időszakban (Szerk.: Túri N.)

A légifelvételezések során lehetőségem nyílt a mintaterület melletti táblán felvételezni azt az ortofotókon és a zsadányi referencia területen is tapasztalható jelenséget, amikor egy drénezett táblán a vegetáció kirajzolja a drének helyét és vonalvezetését a felszínen. A légifelvételezést megelőzően az egyik helyszíni bejárás során azt figyeltem meg, hogy a kaszált lucernatáblán a lucerna gyorsabban növekedett a feltételezett talajcsövek mentén (56. ábra).

2018 augusztusában a mezőtúri referencia terület melletti kaszált lucernatábláról készítettem drónos légifelvételeket. A helyszíni bejárás során a drénkifolyókat nem észleltem, így megvizsgáltam az egykori meliorációs tervdokumentációkat, amelyekből kiderült, hogy a terület valóban talajcsövezett, a csövek pedig a lucernatáblától átnyúlnak a mögöttes, eltérő művelésű (szántó) parcelláig, de azon a táblán nem volt felszínen látható nyomuk. A jelenség oka azzal magyarázható, hogy a lucerna gyökerei a talaj mélyebb rétegeibe is behatolnak, így a növények vízellátottsága kedvezőbb lehetett a drének mentén. Igaz hogy a drének megfelelő üzemi körülmények alatt éppen hogy elvinnék a nedvességet a területről, de mivel a kivezetések

zártak voltak, így a tavaszi időszakból származó többlet víz egy bizonyos ideig (elhúzódva) bennük maradhatott, ami javíthatott a felettük lévő növények életfeltételein.

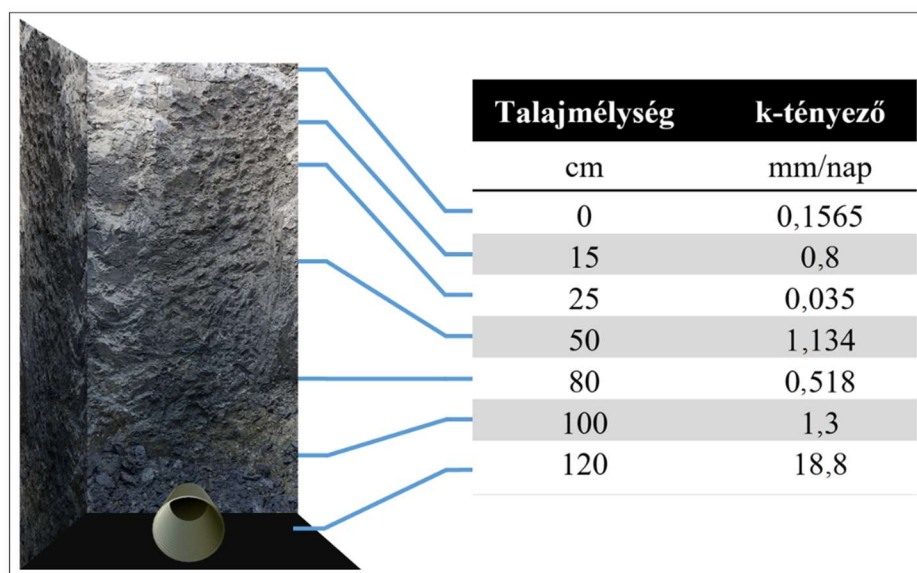
Sajnos a 2021 márciusában elvégzett hőkamerás légifelvételzés nem hozta a várt eredményeket a mezőtúri vizsgálati helyszínen. A felszíni hőmérséklet nem mutatott olyan eltérést, amely a felszínen jelentkező nedvességbeli különbségeken keresztül a drének jelenlétére, vagy azok működésére utalna.



56. ábra. A lucernanövények fenológiai különbségei a drének feletti és a köztes területei felett: (a) átnézetes talajcsövezési helyszínrajz, (b) drónnal készített felülnézeti légifelvétel a lucernatábláról, (c) a lucernatábla perspektivikus légifelvele, amelyen sűrűbb növényzeti sávok jelzik a drének nyomvonalát (2018. augusztus, Mezőtúr külterület) (TÚRI ÉS TÁRSAI, 2021)

Talajjellemzők

A talajjellemzők értékelésére a referencia területek DKTIR adatait is kiértékeltem, amely eredményei az 5–7. mellékletben találhatók. A talajszelvény nyitás során a szelvény morfológiai leírását is elvégeztem amely során 3 talajszintet különítettem el a besorolt vertisol (duzzadó rét agyag) talajban (8. melléklet). A 97db fúrt talajmintából meghatároztam a talaj textúráját, amely 88%-ban nehéz agyag és 12%-ban agyag eloszlással jellemezhető. A talajminták összes oldható sótartalmának értékelése alapján, a drének közvetlen környezetében közepesen szikes és szikes talajszintek (összes oldható sótartalom 0,3-0,74 m/m%) jelennek meg. Az összes sótartalom ilyen mértékben a legtöbb termesztett növénynél korlátozza a gyökerek növekedését, így termés-csökkentő hatással bír (SONI ÉS TÁRSAI 2021). Az eredmények továbbá azt mutatják, hogy az 50 centiméternél sekélyebb talajrétegek nem tartalmaznak káros mennyiségben sókat. A magasabb sótartalmú talajszintek megjelenése 50 cm mélység alatt nagy szórást mutatott. A talajcsövek feletti és a tábla nem drénezett területéről származó kontroll minták mért eredményei között nincs egyértelműen kimutatható különbség, de a mélyben sósság jellemzi a talajokat a mezőtúri referencia területen. A hidraulikus vezetőképesség mértékét (k-tényező) a Mezőtúron nyitott, talajcső (120 cm) feletti talajszelvényből vett bolygatatlan talajmintákból határoztam meg. A legnagyobb beszívárgással rendelkező talajrétegek (1,3-18,8 mm/nap) közvetlenül a dréncső környezetében helyezkedtek el (57. ábra).



57. ábra. A vizsgált dréncső feletti talajszelvény egyes mélységeinek beszivárgási viszonyai (Szerk.: Túri N.)

A talajszelvény hidraulikus vezetőképesség értékei alapján megállapítható, hogy a talajszelvény több mélységben (leginkább 0-50 cm, 25 centiméteren eketalp réteg) is vízzárónak tekinthető. Ezt az is bizonyítja, hogy a laboratóriumi mérés előtt vízzel telített, egyes bolygatatlan minták esetében többlet víz nem szivárgott át a talajmintán a 15 napos laboratóriumi vizsgálat alatt.

A drének és a befogadók vízminősége

A vízminta eredmények kiértékelése alapján elmondható, hogy a befogadó csatorna vizéhez képest a drén elfolyóvízben többletként jelent meg nitrát, összes nitrogén, összes lebegőanyag, szulfát, kalcium, magnézium és nátrium (7. táblázat).

7. táblázat. A 2018 tavaszán vételezett drénvizek, és befogadók vizeinek laboratóriumi eredményei

		EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Nitrátion (mg/l)	Összes nitrogén (mg/l)	Összes lebegőanyag (mg/l)	Szulfát (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)
2018 február	drénvíz	2300	130,5	34,5	14,25	1207	144	87,22	296,75
	befogadó	780	18,4	6,05	38	189	54,33	21,86	80
2018 március	drénvíz	3300	46,1	12,35	88,6	2074	233,2	155,38	442
	befogadó	1630	6,7	2,85	37,25	569	133,5	52,72	178,5

A hazai öntözővíz minőségi besorolás (FILEP 1999) szempontjából a befogadó csatorna vize jó minőségű kategóriába esik. A drénekből származó víz közvetlen és közvetett hatást gyakorol a befogadó vízminőségére, ami több, a felszíni vizek védelmével kapcsolatos környezetvédelmi kérdést is felvet. Eredményeim szerint a 2018 februárjában gyűjtött drén elfolyóvíz elektromos vezetőképessége (EC) (átlag: 2300 $\mu\text{S}/\text{cm}$) közel háromszorosa volt a csatornaminták értékeinek (átlag: 780 $\mu\text{S}/\text{cm}$). A 2018. márciusi mintákban mindkét vizsgált helyen az elektromos vezetőképességi értékek természetes növekedése mellett az átlagértékek különbsége mindössze kétszeres volt (drén elfolyóvíz: 3300 $\mu\text{S}/\text{cm}$; befogadó vize: 1630 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Az elektromos vezetőképességi értékek februártól márciusig tartó növekedése a környezeti hőmérséklet emelkedésével vagy a magas talajvízszint tartósságával hozható

összefüggésbe. Az elektromos vezetőképességet tekintve a drénvíz 2-3-szor nagyobb értékkel rendelkezik, mint a befogadó vízmintáké, ami bizonyítja a drének szerepét a vízben oldódó növényi tápanyagok talajból történő elvesztésében (kimosódásban). Ha a működő drének számának (5 db) figyelembe véve a területen mért átlagos drén vízhozamot (17,5 l/h) egy napig állandónak feltételezem, akkor a drénekből naponta ($17,5 \cdot 24 \cdot 5$) 2100 liter víz kerül a befogadóba. 2018 februárjában a drénvízzel távozó nitrátion mennyisége naponta 274 g, márciusában pedig ugyanezzel a vízhozammal számolva 96.6 g.

7. ÉRTÉKELÉS

Dolgozatom megírásával a hazai talajcsövezési beavatkozások vízgazdálkodásban betöltött múltját és jelenét kívántam bemutatni, valamint feltárni jövőbeli felhasználási lehetőségeiket. Kutatásom során kerestem a drének alkalmazásának jó gyakorlatát, valamint azt, hogy a talajcsövezés alkalmas-e a szélsőséges vízgazdálkodási helyzetek (vízhiány-víz többlet) komplex kezelésére.

Térinformatikai vizsgálati módszerek alkalmazásával a Körösök köze mintaterületre fókuszáltam, ahol a tervgazdaságban végzett felszín alatti vízrendezés eredményességét vizsgáltam a területeken megjelenő belvízgyakoriságon és belvíz-veszélyeztetettségen keresztül. A térinformatikai vizsgálataim – a jelenlegi szárazodó klíma és az ezt jelző klímamodellek figyelembevételével – kiterjedtek továbbá arra is, hogy a Körösök között olyan aspektusból is vizsgáljam, hogy egyes területei mind a talajtani, mind pedig a hidrológiai feltételek mentén alkalmasak-e a dréneken keresztüli vízvisszapótlásra. A kutatásaim során különböző talajcsövezett referencia területeken részletes helyszíni értékelő vizsgálatokat folytattam le annak érdekében, hogy a több évtizede kivitelezett mező- és céldréneknek mi a jelenlegi vízrendezési funkciója, üzemeltetési gyakorlata.

7.1. A Körösök köze belvíz-veszélyeztetettségének, valamint a belvíz előfordulási gyakoriságának értékelése

A múlt század közepétől a nagy kiterjedésű belvizek megjelenése mintegy tíz évente visszatérő jelenségnek számított a Körösök menti mélyfekvésű területeken (PÁLFAI 1986,1993). A Körösök köze területének 40%-át meghaladó kiterjedésben jelentkeztek a belvizek 1956-ban, 1966-ban, és 1977-ben (TÚRI 2022). A hidrológiailag szélsőséges helyzetek javítása és egyéb gazdaságserkentő követelmények teljesítése érdekében, tervgazdasági szemléletben kezdődtek meg a vizsgált terület komplex meliorációs munkálatai. Az is nyilvánvaló, hogy az ún. komplex melioráció a nagyüzemi mezőgazdaság állami támogatásának az egyik fontos megnyilvánulása volt (BOZÁN ÉS TÁRSAI 2016). A munkálatok során alkalmazott műszaki eljárások szerves része volt a felszín alatti vízrendezés legelterjedtebb módszere a talajcsövezés, amely a belvízzel veszélyeztetett területeken, tábla szinten adott lehetőséget a kezelt terület vízgazdálkodási viszonyainak javítására és homogenizálására. Kutatásom egyik célja, hogy a jelenlegi technológiai feltételek és adatbázisok felhasználásával megvizsgáljam, mennyire volt indokolt, illetve területileg pontos a műszaki beavatkozásokba bevont területek kijelölése. A kérdés megválaszolására két belvízzel kapcsolatos adatbázist használtam fel, egyrészt (1) a mintaterület hosszú idősoros (1956–2016) belvíz elöntés térképeit, másrészt pedig (2) a MATE Öntözési és Vízgazdálkodási Kutatóközpontja által készített Komplex Természeti-alapú Belvíz Veszélyeztetettség Valószínűség (KTBV) térképét. A mintaterületre rendelkezésemre álló 60 évet lefedő belvíz elöntés adatok térbeli és időbeli elemzését, valamint adatértékelését végeztem el. A vizsgálataim eredményei szerint, a Körösök között vizsgált 60 évből 22-ben történt valamilyen mértékű belvíz elöntési esemény, amelyek átlagosan a területek 25%-át érintették. A belvizek megjelenése leggyakrabban a Kettős-körös mentén, valamint a Sebes és Kettős-Körös találkozásánál volt jellemző. A múlt század közepe és az ezredforduló között, a belvíz eseményekre jellemző volt, hogy volumenükben és területi megjelenésükben igen változatos képet mutattak a Körösök között. A belvíz elöntések átlagosan a mintaterület 21,5%-án jelentek meg. Az 1999-2000 nagy árvízi és belvizes időszakban, az addiginál tartósabb és legnagyobb kiterjedésben (61,5%) borították belvizek a Körösök között. A tartós, közel két évig tartó víznyomás következtében, a talajok jelentős fizikai degradációt (szerkezetromlás) szenvedhettek. Ennek következtében 2000 után a belvizek szabályos időközönként 3-4 évente, valamint hasonló volumenben jelentek meg a területen. 2000 után, a belvíz elöntések átlagosan a mintaterület 30%-án jelentek meg a korábban jellemző közel 22%-hoz képest.

Munkám során értékeltem, hogy a különböző belvíz eseményekkel jellemezhető időszakok egymáshoz viszonyításával, milyen különbségek mutathatók ki a talajcsővezett blokkok belvízzel való érintettségében. Az 1965–1989 és 1990–2015 időszakokra elkészített belvíz gyakoriság térképekből számított különbség térkép alapján megállapítottam, hogy a hipotézis, miszerint a felszín alatti vízrendezési beavatkozások után a drénezett területeken a belvíz események ritkábbak, mint a nem drénezett kontroll területeken a kedvező vízgazdálkodási talajtulajdonságú drénezett területek (TCS1) esetében, azok 47,6%-án, míg a kedvezőtlen vízgazdálkodási talaj tulajdonságú drénezett területek (TCS2) 27,9 %-án volt kimutatható. Ez alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a drénezett területek meliorációs tervcsomagijában található műszaki leírásában és vízjogi engedélyekben meghatározott területspecifikus üzemeltetési és karbantartási követelmények betartása a kedvezőtlen vízgazdálkodású talajjal rendelkező területeken kritikus. Míg ez a kedvezőbb talajtulajdonságú területeken annyira nem ütközik ki, noha a karbantartási és üzemeltetési gyakorlatot, e területek esetében is hasonló minőségűnek ítélem meg. A talajok minősége tehát alapvetően meghatározza, hogy a drénezett területek karbantartásának elmaradásával a kiépült rendszerek hatékonysága milyen mértékben csökken.

A MATE ÖVKI KTBV térképének elemzésével a Körösök köze mintaterület, valamint annak talajcsővezett részein értékeltem, hogy melyek azok a területek, amelyek a szintézis térkép alapján meghatározott belvíz-veszélyeztetettsége olyan értéket vesz fel, amely korábban is indokolta a drénezést. A Körösök közén a 40% feletti (közepesen és erősen veszélyeztetett KTBV besorolás) belvíz előfordulási valószínűség, a kedvező vízgazdálkodási tulajdonságú drénezett (TCS1) területek 2,3%-án, míg a kedvezőtlen vízgazdálkodási tulajdonságú drénezett (TCS2) területek 26,5%-án fordulnak elő. Ez alapján arra a következtetésre jutottam, hogy belvíz-veszélyeztetettség szempontjából a Körösök köze drénezett területeinek 26,5%-án már indokolt volt a talajcsővezés. Megállapítottam továbbá, hogy a Körösök köze összes szántó művelési ágú területeinek (érintett a vizsgálati blokk) 42%-án (34,765 ha) jellemző a 40% feletti belvíz előfordulási valószínűség. Ezek a területek azonban a jelenlegi szárazodó klíma esetében nem tekinthetők feltétlen drénezendők, mert elősegíthetik a mezőgazdasági területek vízkészlet csökkenésének felgyorsulását. A szintézis térképet további elemzése során azokat a szántó területeket határoltam le, amelyekre megjelennek a 60% belvíz előfordulási valószínűség értékek, amelyek a KTBV besorolás szerint erősen belvíz veszélyeztetettek. Az eredményeim szerint, a Körösök köze szántó területeinek 5,7%-a (4697 ha) jellemezhető erősen veszélyeztetett területrésszel, ahol megfontolandó lenne a drénezés egy hidrológiailag nedves klímaperiódus alatt. Azon szántó területek, amelyeket korábban talajcsőveztek és 60% feletti belvíz előfordulási valószínűséggel jellemezhető területnek számítanak, a drénezett területek 4,7%-át (446 ha) jelentik.

7.2. A dréneken keresztüli vízviSSzapótlás lehetőségeinek értékelése a Körösök közén

A tervgazdasági időszakban kivitelezett talajcső rendszerek leginkább a mezőgazdasági területen megjelenő többletvizek elvezetését szolgálták. Kiépültek azonban olyan speciális talajcső rendszerek, amelyek alkalmasak voltak öntözővíz átvezetéssel, vagy a befogadóban történő vízviSSzaduzzasztással pótolni az egyes termesztett növények számára a diszponibilis vízkészletet. A rendszerváltás előtt, a dréneken keresztüli vízviSSzapótlás eredményességét vizsgáló kutatások bizonyították, hogy vízhiányos időszakban a dréneken keresztüli vízszolgáltatással elérhető termés hozam növekedés, de ez nem minden növénykultúra esetében mondható el (ZSAKAROVSKY 1982, HORNYIK 1984, BARANYAI ÉS SZABBANOS 1986, MILE 1986, BOGNÁR ÉS GEREDY 1989). A kutatások azt is bizonyították, hogy a megfelelő talajkondíciókat biztosító agrotechnika alkalmazása elengedhetetlen a termés hozamok fokozásához. A dréneken keresztüli vízviSSzapótlás gyakorlati megvalósítása során talajtani és műszaki korlátozó tényezői is akadtak a hosszú távú üzemeltethetőségnek. Az egykori kutatási eredmények szerint 1-4 évben volt mérhető alkalmazási lehetőségük a talaj károsodása nélkül.

A dréneken keresztüli vízviisszapótlás szigorú kritériumrendszer szerint valósulhatott meg. Mindemellett a talajcsövek engedélyeztetése is az elvezetést szolgáló rendszerekhez képest szigorúbb volt a kettős működésű rendszerek megvalósítását megelőzően.

Éghajlatunk szárazodása, az átlaghőmérséklet növekedése és az időjárás szélsőségesse válása előre vetíti, hogy a jövőben az aszályal jellemezhető időszakok gyakoriságának növekedésével kell számolnunk. Ez ösztönzött arra, hogy kutatómunkám során a Körösök köze mintaterületen térbeli elemző és összehasonlító vizsgálatokat végezzek a dréneken keresztüli vízviisszapótlásra alkalmas területek lehatárolására. A talajcsőrendszerek kettős működésű alkalmazhatóságának szempontjából, a kiépítendő létesítményeknek, de magának a területnek is szigorú feltételeknek kellett megfelelnie, mint a domborzati, talajtani, hidrológiai, műszaki hidraulikai, valamint növénytermesztési feltételek (MÉM-OVH, 1986). Tekintve, hogy széles körű értékeléshez nem áll rendelkezésre megfelelő minőségű adatbázis, saját módszertan alapján végeztem el a térbeli elemzést. A talajtani paramétereket (talaj textúrája, sótartalma és kapilláris vízemelési tulajdonságai) a Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszer (DKTIR) labor-, valamint terepi eredményeinek adatbázisából válogattam le. Az egyes paramétereket az adatbázisban meghatározott talajmélység szerint kategorizáltam (0–29, 30–79, 80–150, 150–250 cm). A talajtani adatok mellett a mintaterület talajvízkút adatait szintén elemeztem, amely során lehatároltam a sekély talajvízszinttel jellemezhető területeket (> -150 cm), amely területeken a drének, valamint a talajvíz közvetlen kapcsolatba kerülhetnek. A vizsgálati paraméterek eredményei alapján, a dréneken keresztüli vízviisszapótlás feltételrendszere szerint optimális értékekkel rendelkező területeket hasonlítottam össze. Talajtani szempontok szerint a vályog, agyagos vályog, valamint homokos vályog textúrájú talajokkal rendelkező területeket határoltam le majd egyesítettem azon fedvényekkel, amelyek reprezentálták azokat a területeket, amelyek, 0–150 cm mélyégében nem tartalmaznak káros sókat és kedvezőek a kapilláris vízemelő tulajdonságaik. A drénhálózaton keresztül történő vízviisszapótlásra alkalmas területek lehatárolásának szigorú feltételrendszere alapján, talajtani és talajvízjárás szempontjából is kedvező tulajdonságokkal rendelkező talajok mindössze a Körösök közének 1%-án fordulnak elő. A talajcsővezett területek 36%-án a sekély (> -150 cm) talajvízszint potenciálisan meghatározó tényező lehet a belvizek kialakulásában. A szántó művelési ágba tartozó területek 4,5%-án fordulnak elő olyan talajok, amelyek minden talajrétege jó kapilláris tulajdonságokkal bírnak, valamint további 0,6%-án fordulnak elő olyan talajok, amelyek 30–150 cm rétegében megfelelő kapilláris tulajdonságokkal bírnak ($> 150\text{mm} / 5$ óra). A káros sókkal nem jellemezhető talajok a mintaterület 26%-án vannak jelen. Eredményem alapján elmondható, hogy csupán néhány vizsgált paraméter megmutatta, hogy Körösök közének területén a dréneken keresztüli viisszapótlásra alkalmas területek minimálisnak tekinthetők, ugyanakkor, figyelembe véve az egyre inkább fokozódó szárazodás tényét, javasolt a feltételrendszer újradefiniálása.

7.3. A talajcsövek távérzékelési adatokból (műholdfelvételek, légifényképek, drónos légifelvételek) történő detektálhatóságának értékelése

Talajcsővezett területek vizsgálatához, valamint működésük igazolásához elengedhetetlen a dréncsövek térbeli helyzetének pontos ismerete. TLAPÁKOVÁ (2017) dolgozatában említi, hogy a távérzékelte adatok vizuális interpretálásával detektált drének validálására az eredeti meliorációs tervcsomagokban található helyszínrajzokat kell felhasználnunk. Vizsgálataim során a felszíni talajcső nyomok vizuális interpretációval történő detektálásának három esetét különböztettem meg:

Növényzettel nem borított talajfelszínen, a drének detektálása a talaj eltérő nedvességviszonyaihoz köthető spektrális különbségek megjelenésével is megvalósulhat (NAZ ÉS BOWLING 2008; THOMPSON 2010). A távérzékelte adatok vizuális interpretálása során ezen felül arra a következtetésre jutottam, hogy a talajnedvesség különbségek a felvételezés adott pillanatában, a felszín kiszáradásáig érzékelhetők. Vizsgálataim alatt a drének által okozott

talajnedvesség különbség felszíni megnyilvánulását, a 2005-ben készült 0.5m/pixel terepi felbontású ortofotón, valamint Google Earth műholdképeken sikerült detektálnom.

A növényzettel nem borított felszíneken LICSKÓ (2017) leírása alapján archív légifényképeken detektáltam, ároknyitások drénezés okozta talajbolygatásának nyomait a nyílt talajfelszínen. Ároknyitással végzett drénezés detektálhatósága növényzetmentes talajfelszínen, a beavatkozást követően több évig kimutatható, ha a bolygatott talaj felső és alsóbb szintjei eltérő színnel és tónussal jellemezhetők. A drénárok nyitással keveredett talajsávok által kirajzolt nyomvonalakat egy meződrénezett örménykúti területen sikerült kimutatnom a telepítés évében (2012), valamint egy 6 évvel később (2018) amelyek jelenlétét később a helyszínen validáltam.

A drének vonalvezetését a *növényzettel borított felszínek* esetén is kimutattam a Körösök közén. Tapasztalataim szerint, a növényzetben megfigyelhető spektrális különbségek jellemzőbbek, mint a fedetlen talajfelszínen megfigyelhető eltérések. A növényzettel borított felszín esetében a talajcsövek észlelhetősége egybefüggő termesztett növénykultúra esetén végezhető el leginkább. A vizsgálandó különbségek a növény kultúra eltérő víz és tápanyagellátottságából adódó spektrális különbségekben (magasabb klorofill tartalom), valamint az azonosan kezelt növények fejlődésének különbségében mutatható ki (magasság különbség). A drének talajnedvesség módosító hatásának inverz esete az egyes növénykultúrák letermelését követően figyelhető meg a növényi szukcesszió módosulása által. Vizsgálataim során a növényzettel borított felszínek esetében 1212 hektár olyan talajcsövezett területet határoltam le a Körösök közén, amelyeken megjelentek a talajcsövek nyomvonalai a felszínen, majd azokat részletes helyszínrajzokkal tudtam validálni. TAPLÁKOVÁ (2017) azon megállapítását, hogy a távérzékelte felvételeken detektálható dréncsövek rajzolata egyes esetekben eltér a részletes helyszínrajzokon látható tervezési talajcső vonalaktól hazai talajcsövezett területeken is igazolni tudtam.

Kutatásom ideje alatt az általam kijelölt mezőtúri referencia területen drónos távérzékelést is végeztem annak érdekében, hogy a referencia területen, valamint annak környező drénezett területeinek felszínén a tervdokumentációkban található drének nyomvonalát keressem. A talajcsövezett területek drónos távérzékeléssel történő detektálhatóságának lehetőségei a műholdas távérzékelés, valamint a kisrepülőgépes légifényképezéshez képest szélesebb körűnek tekinthető. A drónos légifelvételzés előnye hogy bár időjárás függő tevékenység, de megvan annak a lehetősége, hogy tetszőleges időpontban végezzük el, valamint ismételjük meg a felmérést. A drónos légifelmérések további előnye, hogy a légifényképekből készített ortomozaik terepi felbontása cm/pixel részletességűre növelhető, valamint a gazdaságos üzemeltethetőség is nagy előnyük. A megelőző vizsgálatok szerint két felszín témát vizsgáltam, mint a növényzetmentes, illetve a vegetációval borított talajfelszínek.

A drónos repüléseket különféle drónokkal és szenzorokkal (monokróm, multispektrális, és hőkamera) több alkalommal, eltérő növénykultúrák és öntözött és öntözetlen fedetlen talajfelszín esetében is elvégeztem. A drének talajnedvesség módosító hatásának felszíni megnyilvánulását, növényzettel borított felszín esetében mutattam ki 2018-ban és 2019-ben, a referencia terület szomszédos lucerna tábláján valós színes légifelvételeken. Mindkét évben a lucerna kaszálását követően a növények újrafejlődése során tapasztalható növénymagasság különbségek okozták a látható eltéréseket. A drének, vagy azok felszínre vetült nyomainak távérzékeléssel történő detektálhatósága erősen felszínborítás függő. Ezt a kijelentésemet 2018 és 2019-ben drónos légifelvételekkel is bizonyítottam annak példáján, hogy az 50 méter széles lucerna tábla alatt húzódó, de teljes hosszukban 290-400 m hosszú meződrének felszíni nyomai, a szomszédos, eltérő művelési ágú táblán már nem voltak megfigyelhetők egyik évben sem. A drének feletti felszín növényzeti különbségének megjelenését, mint jelenség magyarázatát abban látom, hogy a megfigyelés időpontjában az élénkebb növekedést mutató növényzet korábban elért olyan diszponibilis vízkészletet a drénekből, amely később fejlődésbeli különbségeket okozott. A leírtak alapján megállapítom, hogy a drének jelenlétének felszíni

kivetülése mind az általam vizuálisan interpretált külső forrásból származó műhold- és légifelvételekkel, mind a drónos légifelvételeken is kimutatható azonban azok talajcsövezési helyszínrajzokkal való validálása elengedhetetlen.

7.4. A talajcsövezett területek lehatárolásának és állapotfelmérésének értékelése

A tervgazdasági időszak során kivitelezett felszín alatti vízrendezési művek jelentős állami támogatási forrásból valósultak meg. Ennek ellenére a drénezett területek jelenlegi elhelyezkedéséről és műszaki állapotáról kevés az információ. Igen sok esetben, a drénezett területen gazdálkodók sem tudnak a művelt területeik alatt húzódó drénekről, így azok figyelembevétele nélkül gazdálkodnak. A referencia területeken végzett kutatásom vizsgálati eredményeinek értékelését követően, a talajcsövezett területek felmérésének komplex módszertanát dolgoztam ki annak érdekében, hogy meghatározható legyen azok elhelyezkedése, a felszín alatti vízrendezésben betöltött szerepe, azaz működési hatékonysága, valamint olyan adatok gyűjtése valósuljon meg, amelyek attribútum adatként szolgálhatnak a későbbiekben ismertetésre kerülő, talajcsövezési kataszter, vagy hatékonyság értékelő rendszer kialakításához.

A talajcsövek, a felszíni vízrendezési művekbe csatlakozó, azok vizeinek mennyiségi és minőségi állapotát módosítani képes eszközök. Ennek megfelelően, a felszín alatti vízrendezési beavatkozások vízjogi engedélyköteles tevékenységnek számítottak, számítanak. Az engedélyeztetési eljárás során meliorációs tervcsomagok készültek, amelyekben közelítő szemlélettel az átnézetes helyszínrajzok, a drénezett területek legközelebbi településekhez viszonyított elhelyezkedését, a részletes talajcsövezési helyszínrajzok pedig, a vízrendezett táblákat és a dréncsövek azokon belül elhelyezkedését és adatait jelenítik meg. Ezen helyszínrajzok térinformatikai szoftverkörnyezetben térhelyesen elhelyezhetők (geokorrigálás) a kívánt vetületi rendszer szerint beállított alaptérképre. Ezt követően a lehatárolt területek helyszíni szemléjére már-már lehetőség nyílik, a táblán belül pontosan meghatározható, hogy mezőgazdasági tábla mely területrészen helyezkednek el a drének.

A meliorációs helyszínrajzok terepi felhasználása, valamint a referencia területeken szerzett tapasztalatok alapján megállapítom, hogy egy talajcsövezett terület drénjeinek terepi detektálhatósága számos korlátozó tényező függvénye. A talajcsövezett területek helyszíni vizsgálata előtt elengedhetetlen a terület meliorációs tervdokumentációjának megismerése, a teljes körű felmérés érdekében. A tervdokumentáció mellékleteiben megtalálhatók azok a térképes és írott adatok, amelyek áttekintésével meghatározható a területen keresendő dréncsövek száma, egymástól való távolsága, valamint a drének egyéb paraméterei, mint például a hossz, átmérő stb.. Tapasztalataim szerint, ha a vizsgált területre nem található meg az eredeti tervdokumentáció, akkor a terepi detektálás, valamint később a dréncsövek térinformatikai vektoros állományának elkészítése nem végezhető el teljes körűen. A dréncsövek terepi detektálását három nehézségi szinttel jellemezhető scenáriók szerint csoportosítottam az egyszerűbb esetektől a nehezebbekig:

Az első és *optimális eset*, amikor egy talajcsövezett terület befogadóján rendszeres növényzetmentesítés történik, a csatorna részsíjében kifutó drén kifolyók állapotmegőrzésének figyelembe vételével, a csatorna üzemi vízszintjének megfelelő szabályozása mellett. A keresendő talajcsövek számának meghatározását követően, a drén kifolyók láthatóságát nem korlátozza a befogadó csatorna növényzete; a drénkifolyók feletti üzemi vízszint, és annak zavasrossága, valamint a drénkifolyók műszaki állapota is megfelelő, nem hiányoznak a drének kifolyói. A hiányuk, a csatorna meder karbantartásával feltételeken járó (kotrás, mederprofil rekonstrukció, növényzetirtás) megsemmisülésük, eltemetődésük, vagy a tervezési helyükről elmozdulásukból adódik. A drének detektálhatósága ebben a scenárióban teljes körűen elvégezhető.

A második *részben optimális scenárió* rendkívül összetett, így az olyan eseteket soroltam ide, amikor a dréncsövek láthatósága részben korlátozottá válik. A vizsgált talajcsövezett területen csak néhány olyan talajcső kifolyó figyelhető meg, amely kiinduló alapként szolgálhat a teljes feltáráshoz (pl. Mezőtúr referencia terület). Ebben az esetben a részletes talajcsövezési helyszínrajz birtokában van lehetőségünk a keresendő drének számának és telepítési távolságának megismerése. A Mezőtúr referencia területen szerzett terepi tapasztalataim alapján megállapítottam, hogy a tervdokumentációban szereplő adatok nem minden esetben tükrözték a tényleges telepítési távolságokat. Ebben a scenárióban a drén kifolyók műszaki állapotától függően a drén kifolyók megsemmisülése, eltemetődése, vagy elmozdulása a tervezési helyükről (kotrás, mederprofil rekonstrukció, növényzetirtás) korlátozzák a detektálhatóságot. Műszaki állapottól független korlátozó tényezők a befogadó csatorna növényzetének magas denzitása, valamint a befogadó csatorna nem megfelelő üzemi vízszintje vagy a vizének zavarossága.

Tapasztalataim alapján ez utóbbi két eset nem csak a drénkifolyók láthatóságát, hanem megközelíthetőségét is korlátozza (víz mintavételekhez, csőkamerás vizsgálatok elvégzéséhez). A nem látható dréncsövek detektálásának két alapvető módszerét (kézi földmunka, fém szondás rézsű ellenőrzés) alkalmaztam a vizsgálataim során, azonban a két módszer alkalmazásának több korlátozó tényezőjét állapítottam meg:

- a drének telepítési távolságának eltérése a tervezéskor meghatározott távolságokhoz képest;
- a meredek csatorna rézsűhajlás (3:2) miatti megközelíthetetlenség;
- a befogadó csatorna suvadásából eredő rézsűprofil módosulás;
- a rézsű nem megfelelő (alacsony) nedvesség tartalma

A drének detektálásának megoldási lehetőségeit ebben az esetben az alábbiak szerint határozom meg. A drénkifolyók terepi detektálása a vegetációs időszakon kívül, a drének befogadjaként szolgáló csatorna vízszintjének minimálisra csökkentésével kell, hogy megvalósuljon. A feltárási munkák a tervdokumentációban rögzített drénfektetési távolságok terepi kimérését követően, fém szondás eljárással vagy kézi és gépi rézsűfeltárással valósulhat meg. A rézsű állékonyságának megőrzése érdekében a gépi feltárási esetben a keskeny (20-30 cm széles) árokásó profilkanál adapter alkalmazását javaslom.

A terepi detektálás legkevésbé kedvező harmadik *szuboptimális scenáriója* esetében a terepen egyáltalán nincs fellelhető drénkifolyó és csak a tervdokumentáció adhat támpontot a feltárási munkák megkezdésére. Az általam vizsgált referencia területek közül kettő (Zsadány, Csanytelek) esetében a jelenlegi scenárió szerinti állapotokat találtam a helyszíni szemlék során. A területek értékelését tovább nehezítette, hogy a részletes talajcsövezési helyszínrajzok birtokában sem voltak eredményesek a drének megtalálására tett kísérleteim első körben. Az ismételt terepbejárásoknak köszönhetően, ezeken a referencia területeken a dréncső detektálás végül két alternatív mód szerint vált lehetségessé. A zsadányi terület felszínén anomáliák jelentkeztek, az aratást követően növekedésnek indult árvakelések és gyomnövények fejlődésében. Az élénkebb növekedésű növényzet a drének nyomvonalára felett alakult ki, amelyeket a befogadóig követve feltárhatóvá vált az első dréncső a rézsűben. A csanyteleki referencia terület esetében a dréncsövek pontos helyét azt követően sikerült meghatároznom a csatorna rézsűben, hogy a befogadó csatorna mederkotrásával a munkagép a dréncsöveket a hullámos falú szakaszukig elvágta. A korábban rézsűben eltemetődött drénkifolyók pedig a csatorna menti meddő sáncba kerültek. A drénkifolyók terepi detektálására, a második scenárió szerinti műveleteket javaslom (vegetációs időszakon kívül stb.).

A fent bemutatott scenáriók szerint talajcsövezett területeken a dréncső detektálását a drén kifolyók láthatósága befolyásolja leginkább, amely műszaki állapotuktól függő és független tényezők is korlátozhatnak. A Mezőtúr referencia területen szerzett terepi

tapasztalataim alapján megállapítom, továbbá, hogy a drének fektetési távolsága jelentősen eltérhet a tervdokumentációban rögzített paraméterekhez képest. Ezekben az esetekben a drének terepi távolságméréssel detektálása korlátozottá válik, a terület teljes feltárási ideje lényegesen meghosszabodik.

7.5. A működő talajcsövek környezetre gyakorolt hatásának értékelése

Üzemeltetésre alkalmas, megfelelően karbantartott talajcső hálózatok esetén a drének keresztül nagyobb mennyiségű felszín alatti víz kerülhet a felszíni vízrendezési művekbe. Tekintve, hogy a dréneket leginkább mezőgazdasági területeken alkalmazzák, a drének nagy vízhozama esetén a különféle agrokemikáliák (növényvédő szerek, műtrágyák) igen nagy terhelést jelenthetnek a környezetre azáltal, hogy módosítják a befogadó csatorna vizének kémiai, majd biokémiai tulajdonságait. Ez lehetőséget biztosít a csatornára jellemző mikro- és makroflóra összetételének megváltozására, felerősödhetnek az eutrofizációs folyamatok. Ezek a kedvezőtlen hatások, ellentétes folyamatokat indukálnának az EU Vízkkeretirányelv (VKI) és Magyarország Vízigyűjtő-gazdálkodási Terve (VGT3) által meghatározott „a vizeink jó minőségű állapotba hozásának” törekvéseivel. Országos léptékben nézve nagy területen működő drénhálózatok esetében környezetterhelés igen nagy mértéket ölthet. Ezt azokon a területeken fontos vizsgálni, amelyeken intenzív növényvédőszer és talajerő visszapótlás történik, valamint a drének telepítése óta nitrát-érzékeny területté minősítették. További kérdést vet fel az a referencia területeken többször tapasztalt gazdálkodási gyakorlat, amely során lineár öntözőrendszert üzemeltetnek egykor drénezett mezőgazdasági táblán, amelyek esetében a drének befogadója, valamint az öntözőberendezés tápcsatornája megegyező. A csatornák üzemi vízszintje ilyen esetekben a drén kifolyók felett van, vagyis érdemi keveredés nem történik a felszíni és felszín alatti vizekben. A problémát az jelentheti, amikor az öntözési szezon végén a rendszer leeresztésre kerül, így a korábban drének szintjébe szivárgott agrokemikáliák és szermaradványaik a drének keresztül egy felgyorsított folyamat eredményeként, kontroll nélkül kerülhet be a befogadó csatorna vizébe. Ez a megoldás hasonló azonban nem megegyező az USA-ban alkalmazott telített pufferezónás és drénvíz visszaforgatásos rendszerekkel, ahol a rendszer vizének körforgását kontrollált körülmények jellemzik, valamint a környezet terhelése folyamatos így pillanatnyilag alacsonyabb, valamint a felszíni vízbejutó tápanyagok és növényvédőszer maradványok öntözési célú újrafelhasználásra kerülnek.

A referencia területeken végzett csőkamerás vizsgálatok, talajvizsgálatok, valamint dréncső feltárások alapján a dréncsöveket kereszt és hosszirányban átjárhatónak értékeltem. Azonban kiemelném, hogy az egyes dréncsövek 400 méter hosszban is húzódhatnak a mezőgazdasági táblák alatt, így a dréncsövek teljes hosszirányú átjárhatóságának megítélésére azok részletesebb vizsgálata indokolt. Tapasztalataim szerint, a talaj több rétegben való tömörödöttsége (alacsony k-tényező), az elfolyóvízzel rendelkező drének alacsony vízhozama, valamint a dréncső kifolyók üzemi paramétereinek megváltozása, vagy megsemmisülése miatt jelentősen korlátozottá válik az összeköttetés a befogadó csatorna és a drénezett tábla belső területei között. Ennek megfelelően arra a következtetésre jutottam, hogy az általam vizsgált drének nem jelentenek potenciális szennyezőforrást a környezetre. A drének környezetre gyakorolt hatásának témájánál elkerülhetetlen annak tárgyalása, hogy a drének működőképes állapotukban, de nem megfelelő üzemeltetés mellett képesek kiszáritani, vagy éppen túltelített (kétfázisú) állapotban tartani, egy terület talaját. Talajdegradációs folyamatok indukálódhatnak. A kiszáritás, valamint a túltelítés mindkét esetére találtam példákat az általam vizsgált referencia területeken.

7.6. Talajcsövezett területek kataszterének kialakításának lehetőségei, adatbázis igénye

Talajcsövezett területeket tartalmazó kataszter kialakítása mára digitálisan, térinformatikai adatbázisok létrehozásával, valamint azok folyamatos adatbővítésével valósítható meg. Az adatbázis elsődleges tartalma egy tetszőleges vetületi rendszerben (pl. EOVS, WGS84) létrehozott vektor poligon állomány, amely pont, vonal vagy további poligon

objektumokkal, amely a területre elkészített interpolált raszter rétegekkel egészíthető ki. A vektoros állományok attribútum adatai folyamatosan bővíthetők pl. terepi mintavételi eredmények adataival, vagy egyéb leíró adatokkal. Az adatgyűjtésben kiemelném a pilóta nélküli légijárművek szerepét. A drónokkal készített monokróm vagy multispektrális légifelvételekből ortomozaik készíthető, amelyeket a növényállapot leírására és számszerűsítésére alkalmas index térképek (NDVI, GNDVI, EVI) létrehozására használhatunk fel. A drónok képkészítésének sztereofotogrammetrikus mivolta miatt a légifelvételekből lehetőség van továbbá digitális felszín- és magasság modell előállítására, amelynél mára még pontosabb eredményt kínálnak a drónokra felszerelhető LIDAR szenzorok.

Az objektumok, csoportosítás szerint az alábbi elemeket reprezentálhatják a digitális kataszteri adatbázisban:

1) pont (adatpont):

- műszaki létesítmények, pl. meliorációs szivattyú helyzete
- talajmintavételi pontok helye és csatolt laborvizsgálati eredményei;
- drénvíz mintavételi pontok helye és csatolt laborvizsgálati eredményei;
- talajvíz megfigyelő monitoring kutak helye és mért adatai;
- pontokhoz csatolt fényképek (drénkifolyó, csőkamerás felvételek, eredeti meder keresztszelvény dokumentáció);

2) vonal:

- csatornák nyomvonal;
- utak nyomvonal;
- talajcsövek nyomvonal (attribútum adatok: hossz (m), átmérő (mm), anyag, esés (‰), állapot leírók (pl. eltömődés);
- eseti felszíni vízrendezési elemek, pl. vápák nyomvonal;
- digitális felszínmodellből előállított szintvonalak

3) poligon:

- drénezett terület (vízjogi üzemeltetési engedély kiadási és lejárat ideje, telepített talajcsövek hossza és szívótávolsága, művelési ág, növénytermesztési adatok, öntözési adatok, agrotechnikai adatok;
- drónnal felmért belvízfoltok, talajhibák, erózióval érintett területek

4) raszter adatok:

- drónos légifelmérésből származó ortomozaik és index térképek;
- drónos légifelmérés digitális magasságmodellje;
- a talajvizsgálati pontok eredményeiből vett paraméterek (sótartalom, k-tényező stb.) interpolált raszterei a különböző mélységekből;
- talajpenetrométeres mérések paramétereiből (talajnedvesség %, talajellenállás) interpolált raszterek.

Egy ilyen adat tartalmú kataszteri adatbázis, már alkalmas arra, hogy térbeli összehasonlító vizsgálatokat végezzünk el, valamint a megfelelő adatgyűjtési sűrűség esetében az idővel bekövetkezett változásokat is figyelemmel tudjuk kísérni a területeken, amelyek beavatkozás szempontjából döntés támogató funkciót jelentenek.

7.7. A drénzés hatékonyságának térinformatikai értékelési lehetőségei, adatbázis igénye

A Körösök köze területére elvégzett több szempontú térinformatikai vizsgálataim felfedték, hogy a vizsgálatokhoz felhasznált adatbázisok minősége jelentősen befolyásolja a talajcsövezés hatékonyságának értékelését. A hatékonyság nem csupán a belvizek megjelenésével, hanem több szempontból is mérhető. A rendelkezésemre álló adatbázisok alapján, a belvizes években, azok területi (drénezett, kontroll) megjelenésében tapasztalható különbségek összehasonlításával tudtam vizsgálni a kérdést. Tekintve, hogy a belvízelöntés

adatokat tartalmazó térképi adatbázis szubjektív, nem azonos személyek által végzett terepi felméréseken alapul, az egyes blokkok érintettségét vettem figyelembe az elemzéseim során. Az adatbázis korlátozottan alkalmas a problémás területek belvízfoltok szerinti, vagyis táblán belül differenciált értékelésére.

Pontos, területi adatokat tartalmazó belvíz térképezés csak légifelvételek kiértékelésével történhet, amelyek leginkább lehetővé teszik azok térbeli kiterjedésének pontos meghatározását. Az időbeli felbontás tekintetében meghatározó hogy a felvételezés a belvíz esemény mely időpontjában készült, ugyanis egy mezőgazdasági tábla belvíz borítottságának változása, valamint tartóssága alapján megbecsülhető lenne az adott növénykultúrában keletkező károk, a termés kiesésének mértéke. Az adatfeldolgozás során azt is megállapítottam, hogy talajcsövezett területeken megjelenő belvizek a felszín alatti vízrendezési beavatkozás működési hatékonyságának csökkenését vetítik előre. A belvizek megjelenését e mellett számos olyan tényező befolyásolja, amelyekről jelenleg nincs fellelhető adatbázis. Ezek a tényezők korrekciós tényezőként jelenhetnek meg egy-egy értékelés során, amelynek lényege, az egyes, ám egymással szoros kapcsolatban lévő tényezők rangsorolása. A drénezett területek működési hatékonyságát vizsgáló értékelőrendszer létrehozásához szükséges tábla szintű adatigényét az alábbiak szerint állapítom meg:

- *Drénezési adatok:* a drénezett területeken legfontosabb az adott drének helyének és paramétereinek pontos ismerete. Ezek birtokában meghatározó egy kezdő hatékonysági állapot az értékeléshez, amely az egyéb adatokkal korrigálható pozitív vagy negatív irányban.
- *Üzemi vízszint adatok:* A drének elfolyóvizének befogadjaként szolgáló csatornák üzemi vízszintjének az évszakhoz megfelelő beállítása kritikus a drének működési hatékonysága szempontjából. A téli időszakban a csatornák vízszintje minimálisra csökkentendő az egykori műszaki leírások szerint, de mindenképp a drén kifolyók alatt tartandó, annak érdekében, hogy a mezőgazdasági táblán keletkező víztöbblet elvezethető legyen a drének keresztül. A nem megfelelő vízkormányzás ennek megfelelően 0%-ra is redukálhatja a felszín alatti vízrendezés aktuális hatékonyságát. A csatorna vízkormányzását véleményem szerint már a tervezéskori irányelvek szerint, hanem az adott év hidrológiai viszonyai szerint érdemes elvégezni. Vagyis ha kora tavasszal nem számolhatunk belvizes évvel, a területről drének keresztül nem célszerű a vizeket elvezetni, csak olyan mértékig, hogy a kétfázisú talaj mélysége a természetni kívánt növények életfeltételeit ne korlátozza. Ennek értékelése szorosan összefügg a terület talajvízszint viszonyainak ismeretével.
- *Talajvíz adatok:* A drének működésének hatékonyságára egy vízrendezett terület talajvíz viszonyainak változásából is következtethetünk. Az adatgyűjtés feltétele azonban a megfelelő sekély talajvízmonitoring hálózat kiépítése. Azokon a területeken értékelhető a drének talajvízszint módosító hatása, ahol a talajvíz szintje általában a felszín közelében, de mindenképp a drének telepítési mélysége és a felszín között mozog.
- *Differenciált növénytermesztési adatok:* a talajcsövezett területek hatékonyságát korábban a vízrendezett területen termesztett növények terméseredményei alapján is értékelték. A táblán belül a növényi állapotok (klorofill tartalom, magasság) időbeli és térbeli változásának vizsgálatával, valamint a várható terméshozamok táblán belüli differenciálásával értékelhető, hogy a dréneknek lehet-e hatása a felettük elhelyezkedő növények fejlődésére, a tábla más területrészeihez képest. Az említett adatok gyűjtése drónos légifelvételezésekkel valósulhat meg.

- *Talajállapot adatok:* a táblán belüli talajállapotok ismeretében meghatározhatjuk a dénezés hatékonyságát befolyásoló alap állapotokat, majd az ismételt mintavételekkel/mérésekkel, követhetjük azok változását. A drénezett területeken ilyen paraméterekként a tömörödött talajrétegek számának és mélységének; az egyes talajrétegek hidraulikus vezetőképességének; a talaj kapilláris vízemelési tulajdonságainak; valamint a talaj só- és mésztartalmát határozom meg.
- *Művelési és agrotechnikai adatok:* a művelési adatok közül azon beavatkozásokról származó adatok beemelése a legfontosabb az értékelési rendszerbe, amelyek a talaj vízáteresztő képességét növelik, létrehozzák a hidraulikai kapcsolatot a drének valamint a felszín között. Ilyen agrotechnikai elemek a mélylazítás, vagy a vakonddrénezés, amelyek egykor a drénezés hatékonyságát fenntartó, kiegészítő eljárásokat jelentették. Ezen adatok a területek gazdálkodási naplóiból gyűjthetők össze. A talaj vízgazdálkodási tulajdonságát javító agrotechnikai beavatkozások javítják a vízrendezés hatékonyságát.

A felvázolt adatokból elvégezhető komplex értékelés alapvető feltétele, hogy a vizsgált talajcsövezett területen a műszakilag elérhető legnagyobb hatékonyságot elérjük, majd a változások fényében értékeljük. A bemeneti adatok hiánya esetében a szintetizált eredmények értékelhetőségének megbízhatósága csökken. Példa erre, egy 90%-os műszaki működési hatékonyságú drénmező, amelyet a talajtani adatok hiányában nem értékelhetünk 100%-os megbízhatósággal, mert nem tudjuk, hogy fennáll-e olyan talajállapot, amely a felszíni vizek beszivárgását gátolja. Az értékelő rendszer térinformatikai adatbázisa a digitális talajcsövezési kataszter kialakítására tett javaslatom szerint építhető ki.

7.8. A talajcsövezett területek jelenlegi használatának értékelése, az üzemeltetés jelenlegi feltételrendszere

Kutatásom során egyértelművé vált, hogy az egykori műszaki leírásokban meghatározott üzemeltetési irányelvek betartásának elmaradása napjainkra oda vezetett, hogy a felszín alatti vízrendezési művek elhanyagoltsága általánosnak tekinthető. Ez több megelőző és jelenlegi vízgazdálkodási és üzemeltetési probléma eredményeként alakult ki. A kivitelezett mező- és céldrének eredeti vízelvezetési funkciójukat jelenleg igen korlátozottan tudják ellátni, mindemellett a műszaki állapotukon túl számos más tényező is befolyásolja a hatékonyságukat. Erre részben az általam vizsgált referencia területek helyszíni szemlén szerzett tapasztalatok engednek következtetni, ám a terepi vizsgálataim eredményei mégis biztatónak mondhatók.

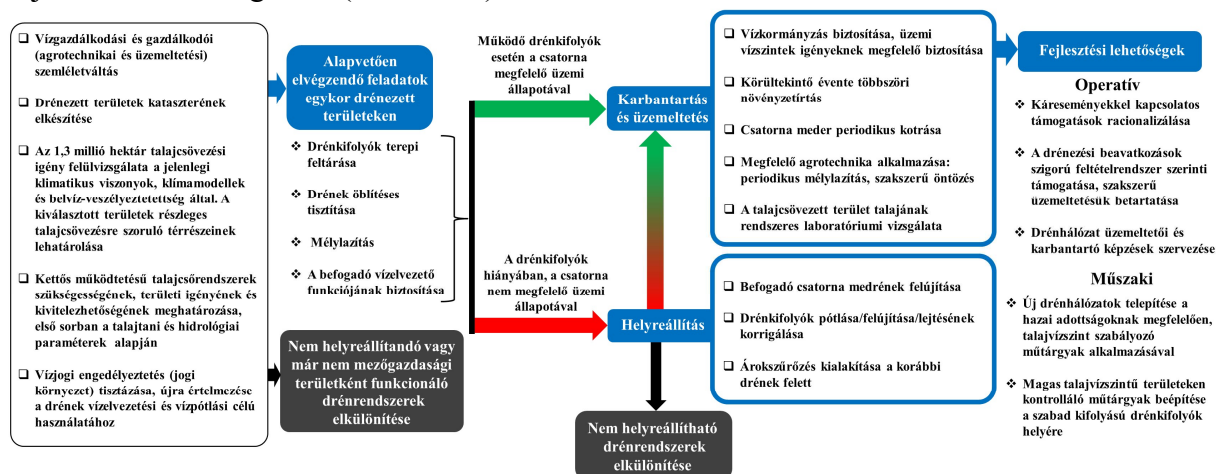
A drénhálózatok újbóli üzemeltetésének létjogosultsága nehezen kérdőjelezhető meg, azonban szükséges azon területek lehatárolása, amelyek belvíz-veszélyeztetettsége kiemelkedő, illetve ismert a gazdálkodói igény a drének újbóli üzembe helyezésére. A jelenlegi üzemeltetés lehetőségei, mindig az adott terület termőhelyi adottságainak figyelembevételével ítéltető meg. Ha a felszín alatti vízrendezés szükségessége felmerül, ott a részleges talajcsövezés (céldrénézés) alkalmazását javaslom.

Vízgazdálkodási, azon belül belvíz-gazdálkodási szempontból a talajok kedvezőtlen beszivárgási viszonyainak javítására kell nagy hangsúlyt fektetni, mely szorosan összefügg a kedvezőtlen sóösszetételű talajvizek gyökérzónáig történő emelkedésével (kritikus talajvízszint). A csapadékos években keletkező többletvizek elvezetés centrikus szemlélete helyett a felszíni vizek talajba szivárogtatását elősegítő agrotechnika alkalmazása válik szükségsszerűvé (TURI 2021).

A referencia területek esetében megállapítható, hogy a nagy kötöttségű talajok miatt kialakuló kedvezőtlen szivárgási viszonyok javítása komplex szemléletet követel (agrotechnikai beavatkozások, kémiai talajjavítás stb.), amelyben akár a művelési ág megváltoztatásának is helyet kell biztosítani. Ezen beavatkozások elmaradása esetén a talajvízháztartás szabályozása még a drénkifolyók és befogadók helyreállítása után sem

realizálható. A referencia területeken tapasztalt gazdálkodói magatartás megoszoló képet mutatott, de a drének figyelembe vétele nélküli gazdálkodás volt a jellemző (BÍRÓ ÉS JÉCSÁK 2018).

A talajcsövezés múltjának szakirodalmak útján megismert sajátosságai, a térinformatikai vizsgálataim, valamint a referencia területeken tapasztalt helyzetképből leszűrhető tanulság szerint megállapítom, hogy a drénezett területek felszín alatti vízrendezési műveinek rekonstrukciójának elvezetési vagy vízpótlási céllal, valamint a jövőbeli drénezésnek csak megfelelő, betartott karbantartás, üzemeltetés és gazdálkodói szemléletváltás mellett van létjogosultsága. A kutatómunkám eredményeként kidolgoztam a talajcsövezett területek használatának és üzemeltetésének feltételrendszerét (58. ábra), amely támpontot ad a különböző állapotú drénhálózatok kezelési és üzemeltetési koncepcióinak kidolgozásához, fejlesztési lehetőségeihez (TÚRI 2021).



58. ábra. A talajcsövezett területek használatának és üzemeltetésének feltételrendszere (TÚRI 2021)

Az általam létrehozott feltételrendszer komplex megvilágításban értékeli a hazai felszín alatti vízrendezési művek levezetési, illetve vízvisszatartási célú felhasználási lehetőségeit. A feltételek közül a legalapvetőbb egy vizgazdálkodási és gazdálkodói szemléletváltás, amelyre a motivációt egyértelműen a szárazodó és egyre melegedőbb klíma és az azzal járó szélsőséges vízháztartási helyzetek kell hogy adják. A 2022-es nyár rendkívüli aszályproblémája kézzel fogható bizonyítékot ad arra, hogy megértsük, ha a csapadékból nem pótlódnak a talajok vízkészletei a téli feltöltődési időszakban és a tenyészidőszakban sem az nem csak az aktuális évben okoz súlyos problémákat. A talajok vízkészletének megőrzését azok talajban tározásával, pótlását pedig vagy vízvisszatartással, vagy aktív módszerekkel mint az öntözés érhetjük el. A szemléletváltás központi eleme a kárenyhítő és kárkövető magatartás prevenciós magatartásra fordításában keresendő, ezzel egy fenntartható rendszerre törekvés kezdődhet meg. Az egykor telepített drének alkalmazását vízlevezetési célokra ennek megfelelően újra kell értékelni. Lehatárolandók azok a területek, ahol a belvz-veszélyeztetettség szintje valóban magasnak értékelhető valóban állandó problémát jelent a belvz. A belvz károk enyhítésére a megfelelő agrotechnika, vagy művelési ág váltás megoldást nyújthat. A szélsőségesen vízhiányos helyzetek kezelésére egy megoldási lehetőséget biztosíthatnak a drének keresztüli vízpótlás, vagy vízvisszatartás eljárásai, de kutatómunkám rávilágított arra, hogy a drének keresztüli vízvisszapótlásra alkalmas területek szigorú feltételrendszernek való megfelelés szempontjából igen kis területen reprezentáltak. A talaj degradáció és szikesedési folyamatok elindulása nélkül az ilyen rendszerek csak néhány évi üzemeltethetők. A kutatásom során szerzett tapasztalataim alapján megállapítottam, hogy a több évtizede kivitelezett vízrendezési művek fizikailag üzembe helyezhetők, de azok üzemeltetését az egykori vízjogi üzemeltetési engedélyben meghatározottak szerint lenne szükséges megvalósítani. Az egykor telepített drének

üzemeltetéséhez szükséges lenne annak jogi környezetének tisztázása, olyan kritériumokkal, amelyek teljesítésének hiányában az üzemeltetési jog megszüntethető.

A talajcsővezetett referencia területek terepi vizsgálatait követően megállapítottam, hogy *a drének elhanyagoltságán kívül az egykor vízrendezett területek talajállapota, de a felszíni vízrendezési művek műszaki állapota sem tudná kielégíteni a drének komplex üzemeltetését. Az egykor kivitelezett mező és céldrének üzemeltetése kizárólag a vízrendezett területek műveinek rekonstrukciójával, a kedvezőtlen talajállapotainak javításával, és a felszíni vízrendezések felújítását és megfelelő vízkormányzás megvalósulásával van létjogosultsága.* A talajcső létesítmények ilyen módon csupán az egykori funkciójuk szerint üzemelnének, azonban ezek vélhetően nem tarthatóak fent hosszú távú fejlesztési koncepciók megvalósulása nélkül. Az általam létrehozott feltételrendszerben operatív és műszaki fejlesztési lehetőségeket különítettem el. Az operatív fejlesztések célja a gazdálkodói szemléletváltás elérése, amelynek elsődleges eleme a gazdálkodók ismereteinek bővítése. Meglátásom szerint, ha bár a tervgazdasági rendszerben a termelészövetkezetek által előírt üzemeltetési feladatok ellátását végezték el a mezőgazdasági területen gazdálkodók, a rendszerváltás következtében megváltozott birtokviszonyok és a komplex rendszerek szétesését követően, még ha a gyakorlati és tapasztalati tudásuk meg is volt az feledésbe merülhetett. Ennek megfelelően képzések hiányában nem is elvárható a felszín alatti vízrendezési művek szakszerű jövőbeli üzemeltetése. Képzett gazdálkodók új lehetőségeket láthatnak a területük művelésében ezzel motivációt szerezhetnek, valamint az általam javasolt káreseményekkel kapcsolatos támogatások racionalizálásával is egyet érthetnek, amelyek a károk megelőzését támogatnák, mint sem a követését. Az általam megfogalmazott műszaki fejlesztések megvalósítási lehetősége szintén a gazdálkodók nyitottságán múlik, amelyben már szerepe lenne a drének alkalmazásának technikailag fejlettebb szintjeinek alkalmazására, amelyek elősegíthetik a szélsőséges vízháztartási helyzetek elleni küzdelem eredményességét.

7.9. A drénezés nemzetközi jó gyakorlatainak hazai adaptálási lehetőségeinek értékelése

Hazánk vízmérlegének negatív irányba történő eltolódásának trendje miatt, a vízelvezetés mellett, a vizek visszatartására, területi vízpótlásra kell helyezni a hangsúlyt a mezőgazdasági vízgazdálkodásban. A drasztikus szárazodás miatt, ma már megengedhetetlen az egykori meliorációval járó tömeges vízelvezetés szemléletének fenntartása. A vizek területi visszatartása égető kérdés, így ahogy régen, úgy ma sem hagyatkozhatunk csak a hazai vízgazdálkodási gyakorlatokra. A talajban történő tározás, illetve a nagyvízi medertározásból származó öntözővíz szolgáltatás mellett, a mezőgazdasági táblák közvetlen környezetében, valamint azokon belül kialakított felszíni földmedrű árkokban, vápákban (üzemi csatornák) való víztározás (pl. Olaszország) lehetőségeit is érdemes lenne előtérbe helyezni (59. ábra). Noha az igen pontos és jól megszervezett vízszolgáltatást, vízkormányzást és nem utolsósorban megfelelő mennyiségű vizet igényelne.



59. ábra. Táblaközi víztartó árkok északkelet Olaszországban. (Fotók: Google StreetView, GoogleEarth)

Az egykori melioráció során alkalmazott eljárások – a kezelendő területre jellemző kárjelenségek, a termőhelyi adottságok, valamint gazdaságossági szempontok szerint – az egyszerűbb és költséghatékonyabb megoldásoktól a bonyolultabb és drágább műszaki beavatkozásokig kerültek alkalmazásra. Véleményem szerint ma is ennek szemléletében szükséges a szélsőséges vízháztartási viszonyok kezelése. Habár számos mezőgazdasági területen egy éven belül a belvíz- és aszálykárok egyaránt jelentkezhettek, szükséges differenciálni, hogy melyek azok a területek, amelyek esetében egy optimális, kettős megközelítésű gazdálkodási gyakorlat szükséges. Egy belvízzel veszélyeztetett terület esetében elsődleges lenne azon agrotechnikai eljárások elvégzése (pl. periodikus mélyművelés, mélylazítás stb.), amelyek javítják a talaj beszivárgási viszonyait, valamint a talaj pórusszerkezetét. Ugyanakkor, ha a terület aszályra is érzékeny, a talajnedvesség megtartó növénytermesztést kell előtérbe helyezni, amelyben a talajforgatás kevesebb szerepet kell, hogy kapjon. Azon területek esetében, amelyeken az agrotechnikai eljárásokkal hosszú távon nem javíthatók a kedvezőtlen termesztési viszonyok, ott területcserékkel, vagy a mezőgazdasági területek problémás részeinek, vagy egészének művelési ág váltásával érhetünk el kármérséklő eredményeket. A szántó művelési ágú terület kevésbé termelékeny részein periodikus gyeperedményeket. A szántó-gyep váltógazdálkodás végezhető. Fontos lenne a mezővédő erdősávok alkalmazásának újraértékelése, ugyanis egy terület aszály érzékenységet nem csupán a talajban tározott vízzel, hanem egy nedvesebb mikroklima kialakításával is csökkenthetjük.

A meliorációs eljárások legvégén a műszaki beavatkozással járó feladatok része volt a talajcsövezés, amely vízjogi engedélyköteles, szigorú tervezési, kivitelezési, majd üzemi feltételekkel. Mindezek mellett ez jelentette a beruházások egyik legköltségesebb módszerét is.

Kutatásom során világossá vált számomra, hogy más országok drénezési gyakorlatával ellentétben az egykor telepített drének jelenlegi alkalmazását vízelvezetési vagy vízpótlási célra számos tényező korlátozza hazánkban. Ezek a tényezők mellett hazánkban a drénezés műszakilag nem fejlődött tovább olyan szintre, vagy már technikailag nincsenek meg a feltételei annak, hogy a dréneket a vízháztartási helyzetekhez adaptív módon legyen lehetőség használni (BÍRÓ ÉS JÉCSÁK 2018). A legjellemzőbb műszaki drén konstrukciókat a szabad kifolyású mező- és céldrének jelentik, amely a drének üzemeltetésének kontrollját hagyják figyelmen kívül. Bár megjegyzendő, hogy ezek nemzetközi alkalmazására is megvannak a jó gyakorlatok (GENTRY ÉS TÁRSAI 1998, FUČÍK ÉS TÁRSAI 2015). Kontrolláló műtárggyal rendelkező drének alkalmazása Magyarországon, kísérleti területeken, vagy tangazdaságokban eseti jelleggel történtek. Ezért az értékelésemben fontosnak tartom néhány „jó gyakorlat” összefoglalását.

Az értékelés alapját képezi, hogy az adaptálást olyan mező- vagy céldrénezett területeken képzelem el, amelyek üzemeltetése és karbantartása optimális állapotot tükröz, megvan a gazdálkodói motiváció. A nemzetközi szakirodalomban a szabad kifolyású drének alkalmazásán kívül leggyakrabban a következőkben bemutatott három módszer kerül említésre, amelyek hazai adaptálásának lehetőségeit értékelem.

- *Kontrollált, vagy szabályozott drénezés* (NASH ÉS TÁRSAI 2015, NEGM ÉS TÁRSAI 2017, SAADAT ÉS TÁRSAI 2017)

A módszer alkalmazása során a talajcsövek keresztülfutnak egy mozgatható táblával rendelkező műtárgyon, amely a drének befogadójának fenntartási sávja mögött a táblában helyeznek el. A rendszer sajátossága, hogy a szabályozó műtárgyak elhelyezésük szerint a szívókra, de a legtöbb esetben egy főgyűjtőre helyezhetők el.

- *Telített pufferzónás drénrendszer* (DAVIS ÉS TÁRSAI, 2018; JAYNES ÉS TÁRSAI, 2018)

A módszer a kontrollált drénezés elvén alapul, ám a befogadóba haladó szívók nem csak a kontrolláló műtárgyakon haladnak keresztül, hanem a műtárgyakba futó oldalszívók segítségével emelik meg a kétfázisú talajzónát. Az eljárás azt a célt szolgálja, hogy megnöveli a drének keresztül levezetendő vizek tartózkodási idejét a talajban, ezzel

jelentősen csökkenthető a felszíni befogadókba kiáramló nitrát formák és nem hasznosult tápanyagok mennyisége az által, hogy a növényeknek marad ideje azok felvételére és hasznosítására.

- *Drénvíz visszaforgatásos (újrahasznosító) rendszerek* (BAULE ÉS TÁRSAI, 2017; HAY ÉS TÁRSAI, 2017; REINHART ÉS TÁRSAI, 2019)

A rendszer alkalmazása során a drénekből elfolyó vizet mederben tározzák, majd szivattyú közbeiktatásával felszín alatti nyomóvezetéken keresztül visszavezetik a vizet a dréncsövek végéig, hogy az gravitációs úton újra távozhasson. Cél, hogy a telített zóna szintje mesterségesen visszaduzzasztott legyen a szabályozó műtárgyak által.

A drén elfolyóvíz visszaforgatás másik lehetősége, amely során a drén elfolyó vizeket mederben tározzák, azonban a talajba nem helyeznek el szabályozó műtárgyakat. A tározott vizet ezt követően szivattyú segítségével nyomóvezetéken egy fix vízellátási helyre, hidránsra vezetik, ahonnan a vizet körforgó öntözőgéppel (center pivot) egyszerű öntözéssel juttatják vissza a növények számára.

A felvázolt drénezési gyakorlatok jól szemléltetik, hogy azok komplex és fenntartható üzemeltetése igen nagy körülményt igényel. A műszaki megoldások adaptálásának lehetőségei adóttak, viszont a gazdaságossági szempontok és a hosszú megtérülési idő nem nyújtanak kedvező konstrukciót. Érdemes tehát azt figyelembe venni, hogy a jelenlegi szabad kifolyású drének átalakítása megoldható-e (ideális körülményeket feltételezve).

Meglátásom szerint, a legkevésbé drasztikus módosítással, szabályozó műtárgyak elhelyezése a céldrének főgyűjtőin valósulhat meg. A meződrének esetében a befogadóval párhuzamosan a szivókra csatlakoztatott gyűjtővezeték és szabályozó műtárgyak közbeiktatása lenne a célszerű. Ezzel a módosítással működés szempontjából elrendezés szerint mező, funkció szerint céldrénként működhetne a rendszer. A szabályozó műtárgyak számától függően azok csatornába futó kifolyóinak száma is csökkenne, amely a befogadó fenntartás szempontjából fontos tényező.

A jelenleg drénezett és egyszerű öntözőgépekkel öntözött területeken, a drénvíz visszaforgatásnak két módját különböztetném meg attól függően, hogy önjáró, vagy körforgó öntözőgép (lineár) juttatná vissza a drének elfolyó vizét a növények számára. Már itt fontos kiemelni, hogy a víz visszaforgatás öntözési módszerek alkalmazásával kizárólag a jó talajállapot megőrzésével, valamint a vízminőség ellenőrzése mellett valósulhat meg.

Az önjáró rendszerekkel történő víz visszaforgatás úgy valósítható meg, hogy a drének befogadója és az öntözőgép tápcsatornája megegyezik. Kutatásom során, Csanyteleken, Mezőtúron és Felgyőn is megfigyeltem ilyen öntöző berendezkedést, azonban az öntözési időnyben a csatorna vízszintje jelentősen a drének szintje felett volt. Véleményem szerint, ebben az esetben a drének visszaduzzasztása az aszály mérséklése szempontjából kiemelkedő fontosságú, de „cirkuláció” nem jelentkezik a rendszerben. Olyan technológiai megoldás szükséges, amellyel a tápcsatorna üzemi vízszintje elég alacsony ahhoz, hogy a drének a vizet el tudják vezetni, ugyanakkor elég magas legyen ahhoz, hogy az öntözőgépnek vizet szolgáltatson. Körforgó öntözőgépek esetében a cél az lenne, hogy a hidránsra érkező öntözővíz az öntözőrendszer alatti futó drének összegyűjtött elfolyó vizéből származzon, ám ennek technikai feltételei igen korlátozottak a már kiépült öntözőrendszerek esetében.

Az általam hozott példák alapján elmondható, hogy a drénezés összetettebb módszereinek hazai adaptálásának vannak korlátai, de megvannak a benne rejlő lehetőségek is. Hazai viszonyokat tekintve összességében úgy vélem, hogy a drének hagyományos, vagy technikailag korszerűbb alkalmazásának alapja, hogy az általam meghatározott üzemeltetési és feltételrendszerben meghatározott elemek teljesüljenek, mint a gazdálkodói szemléletváltás elsősorban képzéseken keresztül, valamint a támogatási rendszerek racionalizálása, amely motivációt nyújthat a gazdáknak a szélsőséges vízháztartási helyzetek megelőzésében, mint sem a már bekövetkezett mezőgazdasági károk mérséklésében.

8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetet szeretnék mondani Prof. Dr. Rakonczai Jánosnak, témavezetőmnek, aki szakmai útmutatásaival és kritikai észrevételével segítette és támogatta a doktori értekezésem elkészülését, fenntartotta a motivációm.

Szeretném megköszönni a MATE KÖTI ÖVKI munkatársainak szakmai támogatását, különösen Dr. Bozán Csabának, Dr. Kun Ágnesnek, Kerezsi Györgynek, Kajári Baláznak és Körösparti Jánosnak. Köszönöm továbbá, hogy lehetőségem volt az ÖVKI térinformatikai, távérzékelési, és terepi mintavételi eszközeinek használatára.

Szeretném megköszönni továbbá a MATE ÖVKI Környezetanalitikai Vizsgálólaboratórium munkatársainak a minta előkészítésekben és mérésekben való segítségüket. Köszönöm a MATE AKI Halászati Kutatóközpont munkatársainak támogató segítségét is.

Köszönettel tartozom az SZTE Geoinformatikai, Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék munkatársainak, egykori oktatóimnak a szakmai kérdésekben, mintavételekben, valamint az eredmények értékelésben adott segítségüket és támogatásukat.

Köszönettel tartozom Fabó Istvánnak, Licskó Bélának, Tóth Imrének, valamint Tóth Józsefnek az interjúkra szánt idejükért. Köszönöm továbbá Jéri Ferencnek, Dr. Szilágy-Bay Péternek, Tóth Imrének, valamint Tóth Tamásnak a referencia területeken végzett mintavételek és terepi vizsgálatok engedélyezését, valamint a kutatás támogatását.

Köszönettel tartozom továbbá az Eötvös Loránd Kutatási Hálózat (ELKH) Agrártudományi Kutatóközpont (ATK) Talajtani Intézet (TAKI) munkatársainak a talajtani adatokért, valamint azok előkészítésére fordított munkájukért. További köszönet a Lechner Tudásközpont Távérzékelési és Földhivatali Főosztályának, és jogelődjeinek az adatszolgáltatásért.

Szeretném megköszönni a Földművelésügyi Minisztériumnak, a NAIK „Kutatói utánpótlást elősegítő programjának” és a Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központnak a doktori képzésem pénzügyi támogatását és a kutatásom pénzügyi feltételének biztosítását, valamint hogy a program segítségével lehetőségem nyílt elindulni a kutatói pályán.

Ezúton köszönöm családomnak a végtelen és támogató türelmét. Külön köszönöm testvéreimnek Túri Kitti Violának és Túri Illés Gábornak, valamint unokatestvéreimnek Korom Krisztiánnak és Korom Dánielnek a csanyteleki és ópusztaszeri referencia területek felmérésében nyújtott segítségüket.

Végül köszönöm barátaimnak a folyamatos érdeklődést az előrehaladásomról, ezzel fenntartva a motivációm és a bizonyítási vágyat a dolgozat elkészítésére.

9. IRODALOMJEGYZÉK

- AMBRUS L., 1979: A drénezés elméleti és gyakorlati kérdései franciaországi tanulmányutak tapasztalatai alapján. *Hidrológiai Közlöny*. 59/3, 103–110.
- BABICS T., 1989: Drének öblítéses tisztítása. *Melioráció - öntözés és tápanyaggazdálkodás*. 8/1, 15–17.
- BALÁZS B., BÍRÓ T., DYKE G., SINGH S.K., SZABÓ S., 2018: Extracting water-related features using reflectance data and principal component analysis of Landsat images. *Hydrological Sciences Journal*. 63, 269–284.
- BARTA K., SZATMÁRI J., POSTA Á., 2016: Connection between inland excess water development and motorways. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*. 11/1, 293–301.
- BARTA K., BATA T., BENYHE B., BRKIC M., DOGAN V., DOLINAJ D., FARSANG A., GÁL N., HENITS L., JUHÁSZ L., KISS T., KOVÁCS F., MEZŐSI G., MUCSI L., MÉSZÁROS M., OBRADOVIC D., PAVIC D., RAKONCZAI J., SAVIĆ S., ZIVANOV M., 2013: Inland Excess Water – Belvíz – Suvišne Unutrašnje Vode. Szeged – Novi Sad. 154 p.
- BAUKÓ T., DÖVÉNYI Z., RAKONCZAI J., 1981: Természeti és társadalmi tényezők szerepe a belvizek kialakulásában a Maros hordalékkúp keleti részén. *Alföldi Tanulmányok*. 5, 35–60.
- BAULE W., ALLRED B., FRANKENBERGER J., GAMBLE D., ANDRESEN J., GUN K. M., BROWN L., 2017: Northwest Ohio crop yield benefits of water capture and subirrigation based on future climate change projections. *Agricultural Water Management*. 189, 87–97.
- BÁTORI F., MADARÁSZ M., 1983: Alagsóvezett területek búzatermésének alakulása Békés megye termelősövegeteiben. *Melioráció – öntözés és tápanyaggazdálkodás*. 2/3, 27–29.
- BESTEN N., STEELE-DUNNE S., JEU R., VAN DER ZAAG P., 2021: Towards Monitoring Waterlogging with Remote Sensing for Sustainable Irrigated Agriculture. *Remote Sensing*. 13, 2929.
- BENYHE B., KISS T., 2012: Morphometric analysis of agricultural landforms in lowland ploughed-fields using high resolution digital elevation models. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*. 7/3, 71–78.
- BIHARI Z., BABOLCSAI GY., BARTHOLY J., FERENCZI Z., GERHÁTNÉ K. J., HASZPRA L., HOMOKINÉ U. K., KOVÁCS T., LAKATOS M., NÉMETH Á., PONGRÁCZ R., PUTSAY M., SZABÓ P., SZÉPSZÓ G., 2018: Éghajlat. In.: KOCSIS, K. (szerk.): Magyarország nemzeti atlasza 2. kötet.–Természeti környezet. MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, Budapest. 58–68.
- BÍRÓ T., 2016: A hazai belvízkutatás néhány időszerű kérdése. *Hidrológiai Közlöny*. 96/2, 5–12.
- BÍRÓ T., JÉCSÁK CS., 2018: Adaptív talajvízszint-szabályozás lehetősége egy felsőszabolcsi talajcsövezett mintaterületen. A Magyar Hidrológiai Társaság XXXVI. Országos Vándorgyűlése, Gyula, 2018. július 4-6. 13p.
- BÍRÓ T., THYLL SZ., TAMÁS J., LÉNÁRT CS., 2000: Térinformatikai módszerek alkalmazása a belvíz-veszélyeztetettség térképezésében. Magyar Hidrológiai Társaság XVIII. Vándorgyűlése, Veszprém, 754–759.
- BOGNÁR N., GEREDY E., 1989: Kettős működésű talajcsőrendszer kísérleti megfigyelése kötött talajon. *Agrokémia és talajtan*. 38/1-2, 294–298.
- BOZÁN CS., 2002: 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 poszterek összefoglalói. Szerk.: Szabóné Komlowszky Ildikó, Tessedik Sámuel Főiskola Mezőgazdasági Víz- és Környezetgazdálkodási Főiskolai Kar, Szarvas, 1-7.

- BOZÁN CS., BAKACSI ZS., SZABÓ J., PÁSZTOR L., PÁLFAI I., KÖRÖSPARTI J., TAMÁS J., 2008: A belvív-veszélyeztetettség talajtani összefüggései a Békés-Csanádi löszháton. *Talajvédelem*. 43–52.
- BOZÁN CS., KÖRÖSPARTI J., ANDRÁSI G., TÚRI N., VALENTINYI K., FABÓ I., FEHÉR F., 2016: Meliorációs tervvel rendelkező területek felmérésének előkészítése - Megvalósíthatósági tanulmányterv. Készült az Országos Vízügyi Főigazgatóság megbízásából. NAIK ÖVKI, Szarvas. 10–38.
- BOZÁN CS., KÖRÖSPARTI J., ANDRÁSI G., TÚRI N., PÁSZTOR L., 2017: Inland excess water hazard on the flat lands in Hungary. *Columella*. 4/1, 45–48.
- BOZÁN CS., TAKÁCS K., KÖRÖSPARTI J., LABORCZI A., TÚRI N., PÁSZTOR L., 2018: Integrated spatial assessment of inland excess water hazard on the Great Hungarian Plain. *Land Degradation Development*. 29, 4373–4386.
- BOZÁN CS., KÖRÖSPARTI J., TÚRI N., KEREZSI GY., KAJÁRI B., 2019: AKK Belvízi veszélyeztetettség felülvizsgálata. Tanulmány- Készült VIZITERV Environ Kft. megbízásából. 85 p.
- BOZÁN CS., KÖRÖSPARTI J., TÚRI N., KEREZSI GY., KAJÁRI B., 2021: AKK Belvízi veszélyeztetettség felülvizsgálata Stratégiai forgatókönyvek. Tanulmány - Készült VIZITERV Environ Kft. megbízásából. 144 p.
- BRANDYK T., SKAPSKI K., SZATYLOWICZ J., 1993: Design and operation of drainage-subirrigation systems in Poland. *Irrigation and Drainage Systems*. 7, 173–187.
- BUKOVINSZKY L., 1983: A melioráció utáni teljesítménynövekedés tervezési problémái és lehetőségei. *Melioráció – öntözés és tápanyaggazdálkodás*. 2/3, 17–20.
- BUKOVINSZKY L., KUN A., REKESZTŐ P., 1983: A drénezés és a talajművelés hatása a terméseredményekre és a talaj sóforgalmára szolonyeces réti talajon. *Melioráció – öntözés és tápanyaggazdálkodás*. 2/3, 13–17.
- 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.
- CSAPLÁR K., 1989: Talajcsőrendszerek vízpótlásra való felhasználásának vizsgálata. *Melioráció – öntözés és tápanyaggazdálkodás*. 8/1, 40–46.
- CSORBA P., 2021: Magyarország kistájai. Meridián Táj- és Környezetföldrajzi Alapítvány, Debrecen. 134–137.
- CSORNAI G., LELKES M., NÁDOR G., WIRNHARDT CS., 2000: Operatív árvíz- és belvízmonitoring távérzékeléssel. *Geodézia és Kartográfia*. 2000/5.
- DAVIS M. P., GROH T. A., JAYNES D. B., PARKIN T. B., ISENHART T. M., 2018: Nitrous Oxide Emissions from Saturated Riparian Buffers: Are We Trading a Water Quality Problem for an Air Quality Problem? *Journal of Environment Quality*. 48/2, 261–269.
- DJUROVIĆ N., STRIČEVIĆ R., 2004: Actual state of drainage system on the experimental field "Radmilovac" and priority works to be done for the improvement of its working characteristics. *Journal of Agricultural Sciences*. 49, 169–177.
- DÓKA K., 1997: A Körös és Berettyó vízrendszer szabályozása a 18-19. században. Egy táj kialakulása - Közlemények Békés megye és környéke történetéből 7. Erdmann Gyula Kiadó, Gyula. 22–227.
- DVORÁK P., 1979: Hidraulicseszkie metodü proektyirovanyija dvuhetazsnovo drenazsa szlabovodopronyicaemoj poroznoj szredü, Práce Stavebni Fakulty Cvut. Prága
- EGGELSMANN R., 1987: Talajcsővezetés. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 118–121.
- EGGELSMANN R., 1988: A hullámosfalú kemény PVC-dréncsövek 25 éves alkalmazási tapasztalatai a Német Szövetségi Köztársaságban. *Melioráció-öntözés és talajvédelem*. 8/1 15–23.
- FARSANG A., 2016: A víz- és szélerózió szerepe a talaj humusz- és elemtartalmának horizontális átrendeződésében. MTA Doktori értekezés, Szeged. 214 p.

- FARSANG A., BARTA K., VAN LEEUWEN B., FEHÉR ZS., ÖRDÖGH J., SZABÓ J., PÁSZTOR L., BAKACSI ZS., 2020: A klímaváltozás hatásainak megjelenése az öntözést meghatározó talajtani és hidrológiai tényezők tér- és időbeli alakulásában: esettanulmány Dél-alföldi mintaterületen. In: Farsang, Andrea; Ladányi, Zsuzsanna; Mucsi, László (szerk.) Klímaváltozás okozta kihívások - Globálístól lokálisig Szeged, Magyarország : SZTE TTIK Földrajzi és Földtudományi Intézet (2020) pp. 117–131.
- FEHÉR F., 1979: A síkvidéki, mezőgazdasági táblán belüli vízelvezető elemek fejlesztése. *Hidrológiai Közlöny*. 59/11, 519–523.
- FEHÉR F., SZALAI GY., 1986: A meliorációs kutatás, tervezés és gyakorlat fejlesztésének időszerű feladatai mezőgazdasági területekre. *Hidrológiai Közlöny*. 66/3, 128–132.
- FILEP GY., 1999: Az öntözővizek minősége és minősítése. *Agrokémia és Talajtan*. 48/1-2, 49–63.
- FORGÓNÉ N. M., 1996: A meliorációs beavatkozások hatása a talajok vízgazdálkodására és sóforgalmára. *Hidrológiai Közlöny*. 76/2, 84–88.
- FUČÍK P., ZAJÍČEK A., DUFFKOVÁ R., KVÍTEK T., 2015: Water Quality of Agricultural Drainage Systems in the Czech Republic - Options for Its Improvement. *Research and Practices in Water Quality*. 24 p.
- GÁL N., FARSANG A., 2012: Belvízi elöntés hatása a talajminőségre, különös tekintettel a talajszerkezeti változásokra. In: Rakonczi J.; Ladányi Zs.; Pál-Molnár E (szerk.) Sokarcú klímaváltozás. 159 p. Szeged: GeoLitera, 2012. pp. 77–89.
- GÁL N., FARSANG A., 2013: A belvíz-talajszerkezet visszacsatolási rendszer - esettanulmány csernozjom talajú mintaterületen. In: Dobos E., Bertóti R. D., Szabóné K. G. (szerk.): Talajvédelem Különszám 2013, Talajtan a mezőgazdaság, a vidékfejlesztés és a környezetgazdálkodás szolgálatában. Talajvédelmi Alapítvány, Budapest. pp. 189–198.
- GÁLYA B., RICZU P., BLASKÓ L., TAMÁS J., 2016: Belvíz érzékenység vizsgálata radar adatok alapján. In Theory Meets Practice in GIS; Balázs, B., Ed.; University of Debrecen, Debrecen, Hungary. pp. 161–168.
- GENTRY L. E., DAVID M. B., SMITH K. M., KOVACIC D. A., 1998: Nitrogen cycling and tile drainage nitrate loss in a cornsoybean watershed Agriculture. *Ecosystems and Environment*. 68, 85–97.
- GRAY W., MILLER C., 2004: Examination of Darcy's Law for Flow in Porous Media with Variable Porosity. *Environmental Science & Technology*. 38, 5895-5901.
- GUDMANN A., MUCSI L., HENITS L., 2019: A CORINE felszínborítási térkép automatikus előállításának lehetősége döntéshozatali osztályozó segítségével. *Geodézia és Kartográfia*. 71/2, 9–13.
- HAY C., HELMERS M., 2017: Evaluating Drainage Water Recycling Benefits for Crop Production in Iowa. *World Environmental and Water Resources Congress*. 507–517.
- HEGEDÜSNÉ P. M., SZALAI GY., 1987: A felszín alatti vízrendezés jelene és a fejlődés irányai. *Hidrológiai Közlöny*. 67/4, 177–186.
- HOOGHOUT S. B., 1952: Tile drainage and subirrigation. *Soil Science*, 74/1, 35–48.
- HORÁNYI A., 2011: A hőmérséklet várható változásai és bizonytalanságai. A csapadék várható változásai és bizonytalanságai. In: Bartholy, J., Bozó, L., Haszpra L. (szerk.) Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére, 198–222.
- HORNYIK B., 1984: Többcélú talajcsővezetés a Tiszántúlon. *Melioráció – öntözés és tápanyaggazdálkodás*. 3 /1, 8–13.
- JAYNES D. B., ISENHART T. M., 2018: Performance of Saturated Riparian Buffers in Iowa, USA. *Journal of Environment Quality*, 48/2, 289-296.
- JÁRÁNYI, G., 1989: A dombvidéki melioráció fejlesztése. *Melioráció öntözés és talajvédelem*. 8/1, 3–9.
- JIANG Q., QI Z., XUE L., BUKOVSKY M., MADRAMOOTOO C., SMITH W., 2019: Assessing climate change impacts on greenhouse gas emissions, N losses in drainage and crop production in a subsurface drained field. *Science of The Total Environment*. 705, 135969.

- KAMARÁS M., 1977: A meliorálásra szoruló területek természeti adottságai. In: Szabó J. (szerk.): A melioráció kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 13–35., 45–60.
- KARÁSEK P., TLAPÁKOVÁ L., PODHRÁZSKÁ J., 2015: The location and extent of systematic drainage in relation to land use in the past and at present and in relation to soil vulnerability to accelerate infiltration in the protected landscape area Železný hory. *Acta Universitatis Agriculturae Et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 63/4, 1121–1131.
- KATONA ZS., MADARASSY L., SZÜCS I., 1989: Talajcsőhálózatok mértékadó vízhozamainak meghatározása. *Hidrológiai Közöny*. 69/1, 16–22.
- KEVEINÉ B. I., FARSANG A., 2002: Terep-és laborvizsgálati módszerek a természeti földrajzban. JATEPress Kiadó Szeged.
- KISS T., BENYHE B., 2009: Geomorfológia és a belvízi elöntés kapcsolatának vizsgálata egy mindszeinti mintaterületen. *Hidrológiai Közöny*. 89/3, 14–18.
- KOGANTI T., VAN DE VIJVER E., ALLRED B., GREVE M., RINGGAARD J., IVERSEN B., 2020: Mapping of Agricultural Subsurface Drainage Systems Using a Frequency-Domain Ground Penetrating Radar and Evaluating Its Performance Using a Single-Frequency Multi-Receiver Electromagnetic Induction Instrument. *Sensors*. 20, 3922.
- KOZÁK P., 2006: A belvízjárás összefüggéseinek vizsgálata az Alföld délkeleti részén, a vízgazdálkodás európai elvárásainak tükrében. Doktori értekezés, Szegedi Tudományegyetem.
- KOZÁK P., 2020: Gondolatok a síkvidéki vízgyűjtők összegyűlekezési folyamatairól I. Belvízelvezetési elméletek fejlődése a gyakorlati tapasztalatok tükrében. *Hidrológiai Közöny*. 100/4, 31–39.
- KÖHLER M., SZINAY M., 1986: A terepfelszín kialakítás hiányosságai és lehetőségei. *Melioráció – öntözés és tápanyaggazdálkodás*. 5/2, 22–25.
- LABORCZI A., BOZÁN CS., KÖRÖSPARTI J., SZATMÁRI G., KAJÁRI B., TÚRI N., KEREZSI GY., PÁSZTOR L., 2020a: Application of Hybrid Prediction Methods in Spatial Assessment of Inland Excess Water Hazard. *International Journal of Geo-Information*. 9/4, 268.
- LABORCZI A., BOZÁN CS., SZATMÁRI G., KÖRÖSPARTI J., PÁSZTOR L., 2020b: Spatial assessment of inland excess water hazard using combined machine learning and geostatistical methods. *Geophysical Research Abstracts*. 22, 9063.
- LÁSZLÓFFY W., 1982: A Tisza. Vízi munkálatok és vízgazdálkodás a Tisza vízrendszerében. Akadémiai Kiadó, Budapest, 274–294.
- LEIDENFROST T., 1904: Alagsővezetés és egyéb munkálatok eredménye a lévai uradalomban. Toldi Lajos könyvkereskedése, Budapest 262 p.
- LENDVAI Z., AVAS K., 1983: Tápanyagkilúgzás vizsgálata talajcsővezett területeken. *Melioráció – öntözés és tápanyaggazdálkodás*. 2/2, 48–52.
- LICSÓ B., 2017: Vízgazdálkodási, természetvédelmi és környezetvédelmi légi felmérések Magyarországon (1960-2008). *Remote Sensing*. 7/3, 522–532.
- MADARASSY L., 1983: A talajcsőhálózatok tervezése. In: Thyll Sz., Fehér F., Madarassy L. (1983). Mezőgazdasági talajcsővezetés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 182–239.
- MARJAI GY., 1977: Műszaki eljárások. In: Szabó J. (szerk.): A melioráció kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 185–230.
- MEZŐSI G., BATA T., BURGHARD M., BLANKA V., LADÁNYI ZS., 2014: Climate Change Impacts on Environmental Hazards on the Great Hungarian Plain. *Carpathian Basin. International Journal of Disaster Risk Science*. 5, 136–146.
- MILE S., 1986: A drénen keresztül történő vízviisszapótlás újabb tapasztalatai Békés megyében. *Melioráció – öntözés és tápanyaggazdálkodás*. 5/3, 43–50.
- MOLNÁR E., 1987: A talajnedvesség szabályozási kutatások főbb irányai a nemzetközi talajtani társaság XIII. Kongresszusa tükrében - A talajnedvesség szabályozásának lehetőségei drénezéssel a Magyar Alföldön. *Melioráció – öntözés és tápanyaggazdálkodás*. 6/1, 35–38.

- MUCSI L., HENITS L., 2011: Belvízi elöntési térképek készítése közepes felbontású űrfelvételek szubpixel alapú osztályozásával. *Földrajzi Közlemények*. 135/4, 365–378.
- MUNTEAN A., SMICAL I., NOUR E., 2015: The influence of the weather and climatic conditions and some hydrological and chemical characteristics of the Someş River, in the N-W part of Romania. *Geographica Pannonica*. 19, 1–5.
- MYERS R., YAN Q., DAVIS A. P., 2018: Treatment of Agriculture Stormwater Runoff by Cascading System of Stormwater Containment Basins. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 144/11, 04018033.
- NAD I., MARKOVIĆ V., PAVLOVIĆ M., STANKOV U., VUKSANOVIĆ G., 2018: Assessing inland excess water risk in Kanjiza (Serbia). *Geografije*. 123, 141–158.
- NAGY I., 1984: A komplex melioráció hatása az üzem növénytermesztésére a békési Egyetértés Mgtasz-ben. *Melioráció – öntözés és tápanyaggazdálkodás*. 3/2, 7–11.
- NAGY I., VUKSANOVIĆ G., MESAROŠ M., MARKOVIĆ S., GAVRILOV M., PAVIĆ D., BASARIN B., LUKIĆ T., 2019: Social and economic impacts of drought and inland excess water in Vojvodina/Serbia. In: Monitoring, risks and management of drought and inland excess water in South Hungary and Vojvodina. Study volume. University of Szeged Department of Physical Geography and Geoinformatics. 240–246.
- NASH P. R., NELSON K. A., MOTAVALLI P. P., 2015: Corn Response to Drainage and Fertilizer on a Poorly Drained, River Bottom Soil. *Agronomy Journal*. 107/5, 1801.
- NAZ B.S., BOWLING L.C., 2008: Automated identification of tile lines from remotely sensed data. *Transactions of the ASABE*. 51/6, 1937–1950.
- NAZ B.S., ALE S., BOWLING L. C., 2009: Detecting subsurface drainage systems and estimating drain spacing in intensively managed agricultural landscapes. *Agricultural Water Management*. 96, 627–637.
- NEGM L. M., YOUSSEF M. A., JAYNES D. B., 2017: Evaluation of DRAINMOD-DSSAT simulated effects of controlled drainage on crop yield, water balance, and water quality for a corn-soybean cropping system in central Iowa. *Agricultural Water Management*. 187, 57–68.
- NYIRI L., FEHÉR F., 1977: Tájékoztató a Karcagpusztai komplex meliorációs modelltelepen folyó kutatómunkáról Kézirat. DATE KI, Karcag.
- ORSZÁGOS VÍZÜGYI HIVATAL, MEZŐGAZDASÁGI ÉS ÉLELMÉZÉSÜGYI MINISZTERIUM 1986: Útmutató a talajcsőrendszerek kettős működtetése feltételeinek meghatározásához, Budapest 40 p.
- PÁLFAI I., 1986: Síkvidéki területeink hidrológiai vizsgálata. *Hidrológiai Közlöny*. 66/2, 65–72.
- PÁLFAI I., 1993: A belvizek keletkezése és szabályozása. *Hidrológiai Közlöny*. 73/1, 31–33.
- PÁLFAI I., 1994: Az Alföld belvíz-veszélyeztetettségi térképe. *Vízügyi Közlemények*. 76, 3–4, 278–290.
- PÁLFAI I., 2004: Belvizek és aszályok Magyarországon. Hidrológiai tanulmányok. Közlekedési Dokumentációs Kft. Budapest, 17–35, 85–127.
- PÁLFAI I., 2006: Aszály gyakorisága és aszálykárok Magyarországon. *Hidrológiai Közlöny*. 86/2, 63–64.
- PÁSZTOR L., KÖRÖSPARTI J., BOZÁN CS., LABORCZI A., TAKÁCS K., 2015: Spatial risk assessment of hydrological extremities: Inland excess water hazard, Szabolcs-Szatmár-Bereg County, Hungary. *Journal of Maps*. 11/4, 636–644.
- PRIMÁS A., REGÖS F., SZALAI S., WITTMANN M., 1983: Magyarország talajcsővezett területeinek katasztere. A Magyar Hidrológiai Társaság IV. Országos Vándorgyűlése II. kötet, Melioráció. Győr, 1983. június 29–30.
- RAKONCZAI J., MUCSI L., SZATMÁRI J., KOVÁCS F., CSATÓ SZ., 2001: A belvizes területek lehatárolásának módszertani lehetőségei. Magyar Földrajzi Konferencia (2001. október 25–27) Absztrakt kötet – Földrajzi Kutatások. 14 p.
- RAKONCZAI J., CSATÓ SZ., MUCSI L., KOVÁCS F., SZATMÁRI J., 2003: Az 1999. és 2000. évi alföldi belvízelöntések kiértékelésének gyakorlati tapasztalatai [Practical experiences with identification of inland excess water in the year 1999 and 2000]. *Vízügyi Közlemények*. 85/4, 317–336.

- RAKONCZAI J., FARSANG A., MEZŐSI G., GÁL N., 2011: A belvízképződés elméleti háttere. *Földrajzi Közlemények*. 135/4, 339–349.
- REINHART B., FRANKENBERGER J., HAY C., HELMERS M., 2019: Simulated water quality and irrigation benefits from drainage water recycling at two tile-drained sites in the U.S. Midwest. *Agricultural Water Management*. 223, 105699.
- RIES L., 1993: Areas of influence for IDW-interpolation with isotropic environmental data. *CATENA*. 20/1-2, 199–205.
- SAADAT S., BOWLING L., FRANKENBERGER J., BROOKS K., 2017: Effects of Controlled Drainage on Water Table Recession Rate. *Transactions of the ASABE*. 60, 813–821.
- SAADAT S., BOWLING L., FRANKENBERGER J., KLADIVKO E., 2018: Nitrate and phosphorus transport through subsurface drains under free and controlled drainage. *Water Research*. 142/1, 196–207.
- SAGAR M., AFTAB Z., 2017: Bio-Drainage in waterlogged areas for agricultural sustainability. *International Journal of Bioresource Science*. 4/2, 79.
- SHEDEKAR V. S., KING K. W., FAUSEY N. R., ISLAM K. R., SOBOYEJO A. B. O., KALCIC M. M., BROWN L. C., 2021: Exploring the effectiveness of drainage water management on water budgets and nitrate loss using three evaluation approaches. *Agricultural Water Management*. 243, 106501.
- SINGH R., HELMERS M., QI Z., 2006: Calibration and Validation of DRAINMOD to Design Subsurface Drainage Systems for Iowa's Tile Landscapes. *Agricultural Water Management*. 85/3, 221–232.
- SIPÓS S., 1977: Meliorációs eljárások. In: Szabó J. (szerk.): A melioráció kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest 62–116.p.
- SKAGGS, R. W., NASSEHZADEH-TABRIZI A., FOSTER G. R., 1982: Subsurface drainage effects on erosion. *Journal of Soil and Water Conservation*. 37, 167–172.
- SMITH D. R., KING K. W., JOHNSON L., FRANCESCONI W., RICHARDS P., BAKER D., SHARPLEY, A. N., 2015: Surface Runoff and Tile Drainage Transport of Phosphorus in the Midwestern United States. *Journal of Environmental Quality*. 44/2, 495–502.
- SOJAK M., IVARSON, K. C., 1980: Iron and Manganese Oxide problems in tile drains. Factsheet (Ontario. Ministry of Agriculture and Food) pp. 3.
- SOJKA M., KOZŁOWSKI M., KĘSICKA B., WRÓŻYŃSKI R., STASIK R., NAPIERAŁA M., JASKUŁA J., LIBERACKI D., 2020: The Effect of Climate Change on Controlled Drainage Effectiveness in the Context of Groundwater Dynamics, Surface, and Drainage Outflows. Central-Western Poland Case Study. *Agronomy*. 10/5, 625.
- SOMOGYI S., AMBRÓZY P., ÁDÁM L., GALAMBOS J., JUHÁSZ Á., KOZMA F., MAROSI S., MEZŐSI G., RAJKAI K., SZILÁRD J., 1990: Magyarország kistájainak katasztere. MTA Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest. 294–302.
- SONI S., KUMAR A., SEHRAWAT N., KUMAR A., KUMAR, N., SHARMA, C., MANN A., 2021: Effect of saline irrigation on plant water traits, photosynthesis and ionic balance in durum wheat genotypes. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 28/4, 2510–2517.
- STEFANOVICS P., 1992: Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- SZABÓ J., (SZERK.) 1977: A melioráció kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- SZABÓ L., 1972: A talajcsövek árkának szűrőzése. *Hidrológiai Közöny*. 52/7, 302–307.
- SZALÓKI S., 1989: A növények vízigénye, vízhasznosítása és öntözővíz-szükséglete. In: Szalai György (szerk.): Az öntözés gyakorlati kézikönyve (Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 121–131.
- SZEBEGYINSZKI J., 1983: Melioráció kivitelezési tapasztalatok. *Melioráció – öntözés és tápanyaggazdálkodás*. 3/2, 15 – 17.
- SZIKI G., 1985: A céldrének alkalmazhatósága és a megoldás módjai az üzemi komplex meliorációban. *Melioráció – öntözés és tápanyaggazdálkodás*. 5/2, 9–12.
- SZIKI G., PAPP G., 1987: A talajnedvesség idő- és térbeli dinamikája a komplex meliorációs beavatkozások hatására. *Melioráció – öntözés és tápanyaggazdálkodás*. 6/2, 8–13.

- SZINAY M., 1982: A talajcsövezést műszakilag meghatározó adatok, Hidraulikai méretezés. In: PETRASOVITS, I. (szerk.): Síkvidéki vízrendezés és –gazdálkodás, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. pp. 203–221.
- SZINAY M., 1983a: Néhány európai ország talajcsövezési adatai és a hazai értékelés. *Hidrológiai Tájékoztató*. 23/2, 16–17.
- SZINAY M., 1983b: Magyarország vízrendezett területeinek helyzete és fejlesztése. *Melioráció – öntözés és tápanyaggazdálkodás*. 2/3, 30–34.
- THYLL SZ., BÍRÓ T., 1999: A belvíz-veszélyeztetettség térképezése. *Vízügyi Közlemények*. 81/4, 709–718.
- THYLL SZ., FEHÉR F., MADARASSY L., 1983: Mezőgazdasági talajcsövezés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- THOMPSON J., 2010: Identifying subsurface tile drainage systems utilizing remote sensing techniques. Theses and Dissertations, The University of Toledo. Paper 996.
- TLAPÁKOVÁ L., 2017: Development of drainage system in the Czech landscape – identification and functionality assessment by means of remote sensing. *European Countryside*. 9, 77–98.
- TLAPÁKOVÁ L., ŽALOUĐÍK J., KULHAVÝ Z., PELÍŠEK I., 2015: Use of Remote Sensing for Identification and Description of Subsurface Drainage System Condition. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 63, 1587–1599.
- TLAPÁKOVÁ L., ŽALOUĐÍK J., KOLEJKA J., 2017: Thematic survey of subsurface drainage systems in the Czech Republic. *Journal of Maps*. 13/2, 55–65.
- TOLOMIO M., BORIN M., 2019: Controlled drainage and crop production in a long-term experiment in North-Eastern Italy. *Agricultural Water Management*. 222, 21–29.
- TÚRI N., KÖRÖSPARTI J., KEREZSI GY., BOZÁN CS., 2018: Talajcsövezett területek azonosítása Békés megyében távérzékelte valós színes felvételek kiértékelése segítségével. In: Jakab G. – Tóth A. – Csengeri E. (Szerk.): Alkalmazkodó vízgazdálkodás: Lehetőségek és kockázatok. Absztraktkötet. Szent István Egyetem Agrár- és Gazdaságtudományi Kar Tessedik Campus, Szarvas. 206–211.
- TÚRI N., 2018: Mezőtúr környéki talajcsövezett mintaterület állapotfelmérési lehetőségeinek, valamint működési hatékonyságának vizsgálata terepi és térinformatikai módszerekkel. Szakdolgozat (Mezőgazdasági vízgazdálkodási szakmérnök), Szent István Egyetem Agrár- és Gazdaságtudományi Kar Tessedik Campus, Szarvas. 47p.
- TÚRI N., KUN Á., KEREZSI GY., KAJÁRI B., KÖRÖSPARTI J., BOZÁN CS., 2019: Talajcsövezett mintaterületek drónfelvételekből készített digitális adatbázisa, valamint mintavételi rajzolatok alapján elvégzett terepi vizsgálatok. A Magyar Hidrológiai Társaság XXXVII. Országos Vándorgyűlése. Pécs, 2019. július 3-5., 7. p.
- TÚRI N., 2021: Egy tiszántúli talajcsövezett mintaterület állapotfelmérési lehetőségeinek, valamint működési hatékonyságának vizsgálata. *Hidrológiai Közöny*. 101/2. 62–71.
- TÚRI N., RAKONCZAI J., BOZÁN, CS., 2021: Condition Assessment of Subsurface Drained Areas and Investigation of their Operational Efficiency by Field Inspection and Remote Sensing Methods. *Journal of Environmental Geography*. 14/3-4, 14–25.
- TÚRI N., KÖRÖSPARTI J., KAJÁRI B., KEREZSI GY., ZAIN M., RAKONCZAI J., BOZÁN CS., 2022: Spatial assessment of the inland excess water presence on subsurface drained areas in the Körös Interfluvium (Hungary). *Agrokémia és Talajtan*. 71/1, 23-42.
- TYAGI A. C., 2014: Drainage on waterlogged agricultural areas. *Irrigation and Drainage*. 63/4, 558–559.
- VAN LEEUWEN B., HENITS L., MÉSZÁROS M., TOBAK Z., SZATMÁRI J., PAVIĆ D., SAVIĆ S., DOLINAJ D., 2013: Classification methods for inland excess water modeling. *Journal of Environmental Geography*. 6/1-2, 1–8.
- VAN LEEUWEN B., TOBAK Z., KOVÁCS F., 2020: Sentinel-1 and -2 Based near real time inland excess water mapping for optimized water management. *Sustainability*. 12/7, 2854.

- VARGA J., 1986: A hazánkban végzett melioráció történeti áttekintése. Melioráció – öntözés és tápanyaggazdálkodás. 5 (melléklet) Agroinform, Budapest. 40–51.
- VÁGÁS I., 1989: A belvíz elvezetése. *Hidrológiai Közöny.* 2, 77–82.
- VÁRADI J., BIRÓ T., KOLOSSVÁRY G., KOZÁK P., KÓTHAY L., LOVAS A., LIGETVÁRI F., RÁKOSI J., BODNÁR G., UNGVÁRI G., MÁRFAI L., 2015: Javaslat a belvízmentesítés hatékonyságának javítására. Vízügyi Tudományos Tanács Belvízvédelmi Munkacsoportjának véleményes javaslata. 33 p.
- VÁRALLYAY GY., 1982: A talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságait, valamint vízháztartását ábrázoló nagy méretarányú térképezés módszertana, Kézirat. MTA TAKI, Budapest.
- VERMA A. K., COOKE R. A., WENDTE L., 1996: Mapping subsurface drainage systems with color infrared aerial photographs. In: American Water Resource Association's 32nd Annual Conference and Symposium "GIS and Water Resources", September 22–26. Lauderdale, Florida.
- VERŐNÉ W. M., 2010: Fotointerpretáció és távérzékelés 4 - A távérzékelte felvételek kiértékelése. Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar.
- VISSER C.W., 1954: Tile drainage in the Netherlands : a summary of the addresses delivered on the tile drainage day. *Netherlands Journal of Agricultural Science.* 2, 69–87.
- WANG Z., SHAO G., LU J., ZHANG K., GAO Y., DING J., 2020: Effects of controlled drainage on crop yield, drainage water quantity and quality: A meta-analysis. *Agricultural Water Management.* 239, 106253.
- WENDTE L., DRABLOS C., LEMBKE W., 1978: The timeliness benefit of subsurface drainage. *Transactions of the ASAE.* 58/24, 12.
- WESSELING J., 1954: Tile drainage research. *Netherlands Journal of Agricultural Science.* 2, 254-259.
- WITTMANN M., SZALAI S., REGŐS F., RUPERT T., SZALÓKI L., PRIMÁS A., GRÓF M., UGHY GY. 1981: Magyarország talajcsövezett területeinek katasztere. Vízgazdálkodási Intézet IV. Szakágazati Iroda, Vízrendezési és Mezőgazdasági Vízellátási Osztály. Budapest. 1–159.
- ZSAKAROVSKY Á., 1982: A talajcsövezett területek üzemeltetésének és hasznosításának néhány problémája Csongrád megyében. *Melioráció – öntözés és tápanyaggazdálkodás.* 1/3, 15–18.

Digitális adatforrás:

Arcanum 2004: Első Katonai Felmérés: Magyar Királyság - Georeferált változat, DVD-ROM

Internetes hivatkozások:

NEMZETI ASZÁLYSTRATÉGIA 2012.

Forrás:<https://2010-2014.kormany.hu/download/7/0a/90000/Aszalystrategia.pdf> Elérhető online 2022.08.25-én.

NEMZETI VÍZSTRATÉGIA – KVASSAY JENŐ TERV 2017.

Forrás:<https://www.vizugy.hu/vizstrategia/documents/997966DE-9F6F-4624-91C5-3336153778D9/Nemzeti-Vizstrategia.pdf> Elérhető online 2022.08.25-én.

MAGYARORSZÁG ASZÁLYKOCKÁZAT KEZELÉSI TERVE 2019.

Forrás:https://vizeink.hu/wp-content/uploads/2021/04/Aszaly_VGT3_2021.pdf Elérhető online 2022.08.25-én.

MAGYARORSZÁG VÍZGYŰJTŐ-GAZDÁLKODÁSI TERVE 2021.

Forrás: <https://vizeink.hu/vizgyujto-gazdalkodasi-terv-2019-2021/vgt3-vitaanyag/> Elérhető online 2022.08.25-én.

TRANSFORMING DRAINAGE PROJECT

Forrás: <https://transformingdrainage.org>

VP2.-4.1.4-16 A MEZŐGAZDASÁGI VÍZGAZDÁLKODÁSI ÁGAZAT FEJLESZTÉSE.

Forrás: <https://www.palyazat.gov.hu/vp2-414-16-a-mezgazdasgi-vzgazdlkodsi-gazat-fejlesztse>; www.nak.hu

Mezőgazdasági Parcella Azonosító Rendszer (MePAR)

Forrás: <https://www.mvh.allamkincstar.gov.hu/tamogatasok-listazo/-/tamogatas/3574334>

Corine Land Cover (CLC)

Forrás: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>

10. ÖSSZEFOGLALÓ

A Tisza és mellékfolyóinak szabályozását követően, az egykori vízjárta síkvidéki területeket mezőgazdasági művelésbe vonták. Az időszakos, nagy területre kiterjedő vízborítások, már nem jellemezték a tájat, azonban a mélyebb fekvésű területeken a többlet csapadékból, vagy felszín alatti utánpótlásból, esetleg a lefolyást akadályozó felszínformák miatt belvizek jelentek meg, amelyek befolyásolták a mezőgazdasági termelést, gazdasági károkat okoztak. A belvizek megszüntetésére később alkalmazni kezdték a felszíni, majd felszín alatti vízrendezési műveket, amelyek a jellemzően kötött talajú területek víztelenítését szolgálták. A síkvidékek felszín alatti vízrendezése a tervgazdasági időszakban érte el legnagyobb volumenét hazánkban. A kiépített mező- és céldrén hálózatok az elvezetés útján voltak hivatottak kezelni a belvizes időszakok víztöbbletét. A meződréneket változó hatékonysággal felszín alatti vízpótlásra is alkalmazták, a talajvízkészlethiány kezelése és az aszálykárak enyhítése céljából. A rendszerváltást követően a talajcsövezett területek üzemeltetési feltételei megváltoztak. A kiépített művek (első sorban a drénkifolyók) folyamatos amortizációjával szinte feledésbe merültek, a karbantartásuk is elmaradt. A talajcsövezett területek hazai elhelyezkedéséről – és még inkább annak működési hatékonyságáról, reaktiválási lehetőségeiről – kevés információnk van, szinte csak a papír alapú vízügyi nyilvántartásban jelennek meg. Éppen ezért egy hazai (digitális) kataszter megvalósulása hiánypótló lenne mind a vízügyi igazgatás mind pedig a gazdálkodók részére annak érdekében, hogy a párbeszéd és a cselekvés operatív módon valósulhasson meg.

Kutatásom során térinformatikai vizsgálatokat hajtottam végre annak érdekében, hogy a múltbéli drénezések hatékonyságát feltárjam, valamint az egyre inkább szárazodó klíma tükrében értékeljem a Körösök köze szántó művelési ágú területeit a dréneken keresztüli vízviSSzapótlásra való alkalmasságuk szempontjából. A térinformatikai vizsgálatok mellett, mélyinterjúztatást és terepi feltáró munkát végeztem délkelet-alföldi talajcsövezett referencia területeken annak érdekében, hogy az egykor vízrendezett területek állapotáról egy helyzetképet mutathassak be, valamint megfogalmazhassak javaslatokat azok jövőbeli üzemeltethetőségéről, annak létjogosultságáról. A kutatómunka során szembesültem azzal, hogy az elmúlt évtizedekben a szabad kifolyású drének alkalmazását egyes országok (pl.: USA, Hollandia, Németország) professzionális szintekre emelték, mindemellett korszerűbb technológiai megoldásokat alkalmaznak a talajcsövezett területek üzemeltetésére. Javaslataim megfogalmazása során ezen „jó gyakorlatok” hazai alkalmazásának adaptálási lehetőségeit is értékeltem.

Kutatásom eredményeit két csoportba soroltam be. A Körösök köze mintaterület vizsgálatait követően tudományos eredményeket fogalmaztam meg a mintaterület belvíz-veszélyeztetettségi és felszín alatti vízrendezést befolyásoló tényezőinek viszonyairól (1-3 tézis). Az eredményeim másik részét a módszertani/fejlesztési eredmények képezik, amelyek a talajcsövezett referencia területeken végzett komplex vizsgálataim részletes kiértékelésén alapulnak (4-9. tézis).

Kutatási eredményeim tézisszerű összegzése

1. Megállapítottam, hogy a Körösök közén, az 1965-1989 és az 1990-2015 időszakok belvíz-gyakorisági különbségtérképei alapján felállított hipotézis, miszerint a felszín alatti vízrendezési beavatkozások után a belvíz események kisebb valószínűséggel jelennek meg a drénezett területeken, mint a nem drénezett (kontroll) területeken igazolható. a kedvező vízgazdálkodási talajtulajdonságú drénezett területek esetében, azok 47,6%-án, míg a kedvezőtlen vízgazdálkodási talajtulajdonságú drénezett területeknek mindössze 27,9%-án mutatható ki. Ez alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a drénezett területek meliorációs tervcsomagijában található műszaki leírásában és a vízjogi engedélyekben meghatározott területspecifikus üzemeltetési és karbantartási követelmények betartása a kedvezőtlen vízgazdálkodású talajjal rendelkező területeken kritikus. nem volt megfelelő, vagy a

kedvezőtlen adottságok miatt nem volt megfelelő a műszaki terv (pl. drének távolsága). A terepi és laboratórium vizsgálatim alapján kimutatható volt, hogy a drénezés sikerességét a talajok összetétele alapvetően befolyásolja.

2. *A Komplex Természeti-alapú Belvíz-veszélyeztetettség Valószínűség (MATE ÖVKI KTBV) alapján megállapítottam, hogy a 40% (közepesen belvíz-veszélyeztetett), vagy a feletti belvíz előfordulási valószínűséggel jellemezhető területek kedvező vízgazdálkodási tulajdonságú talajcsövezett területek 2,3%-án, míg a kedvezőtlen vízgazdálkodási tulajdonságú drénezett területek 26,5%-án reprezentáltak. A Körösök köze ezen drénezett területein már indokoltak voltak az egykori talajcsövezési beavatkozások. A Körösök köze összes szántó művelési ágú területeit nézve, azok 42%-a rendelkezik 40%, vagy a feletti belvíz előfordulási valószínűséggel jellemezhető térrésszel. Ezek a területek azonban a jelenlegi szárazodó klíma esetében nem tekinthetők feltétlen drénezendőnek. A Körösök köze szántó területeinek 5,7%-a jellemezhető 60% feletti belvíz előfordulási valószínűség értékű (erősen-extrem belvíz-veszélyeztetett) területrésszel, ahol megfontolandó a felszín alatti vízrendezési módok alkalmazása.*

3. *A talajtani és hidrológiai feltételek teljesülését vizsgálva, lehatároltam a Körösök közének dréneken keresztüli vízpótlásra alkalmas területeit. Ezek a talajtani és a talajvízjárás szempontjából is kedvező tulajdonságokkal rendelkező talajok a Körösök közének mindössze 1%-án fordulnak elő. A talajcsövezett területek 36%-án a sekély talajvízszint (>150 cm) potenciálisan meghatározó tényező a belvizek kialakulásában. A szántó művelési ágba tartozó területek 4,5%-án fordulnak elő olyan talajok, amelyek minden talajrétege jó kapillaris vízemelési tulajdonságokkal rendelkeznek, valamint további 0,6%-án fordulnak elő olyan talajok, amelyek 30-150 cm mélységű talajrétegében megfelelő kapillaris vízemelési tulajdonságokkal bírnak (>150mm/5 óra). A káros sókkal nem jellemezhető talajok a mintaterület 26%-án vannak jelen. A Körösök közén végzett vizsgálatok alapján – a vegetációs periódusban egyre inkább fokozódó szárazodás, ugyanakkor a továbbra is jellemző kora tavaszi belvíz-veszélyeztetettség figyelembevételével mellett – javaslom, hogy az egykori feltételrendszert újra kell definiálni, a felszín alatti vízrendezéssel történő káros víztöbbletek elvezetése mellett a vízvisszatartási funkciók lehetőségeinek alkalmazásával (pl. szabályozott drénezés, telített pufferzónás drénrendszer, drénvíz visszaforgatásos rendszerek).*

4. *A Körösök közén végzett térinformatikai vizsgálataim során meghatároztam a talajcsövezett területek térinformatikai kataszterének kialakítási lehetőségeit, amelynek alapját képezte az általam felépített komplex adatbázis, amely térben elhelyezhető, kiinduló attribútum adatokat (meliorációs tervcsomagok adatai) tartalmazó, definiált objektum struktúrával (adatpontok, vonalas objektumok, vektor poligonok, raszterek) rendelkezik. Kutatásom során az adatbázist származtatott, valamint terepi és laboratóriumi mérésekből származó adatokkal bővítettem. Az így kialakított kataszter országos szinten is hiánypótló szerepet töltené be a mezőgazdasági, azon belül is a talajcsövezett területek komplex vízgazdálkodási, és termelési szempontú értékelésére. A Körösök köze területére elvégzett több szempontú térinformatikai értékelés alapján az adatbázisok minősége jelentősen befolyásolja a talajcsövezés hatékonyságának értékelését. A működési hatékonyság nem csupán a belvizek megjelenésével, hanem többszempontú értékelőrendszer alapján tehető meg. A digitális térinformatikai kataszteri adatbázis drénezési, befogadó üzemi vízszint, talajvízjárás, differenciált növénytermesztési, talajállapot, művelési és agrotechnikai adatokat biztosít az értékelőrendszer futtatásához.*

5. *Megállapítottam, hogy a talajcsőhálózatok távérzékelési adatokból (műholdfelvételek, légifényképek, drónos légifelvételek) történő detektálhatósága vizuális interpretáció útján korlátozottan, de lehetséges. A talajcsőhálózatok nyomvonalainak felszíni megnyilvánulása a talajcsövek pozitív vagy negatív irányú talajnedvesség módosító hatásának vagy talajbolygatás eredménye, amelyeket pillanatnyi környezeti körülmények határoznak meg (növényi*

klorofilltartalom, fenofázis különbségek, növényzetmentes talajfelszín spektrális különbsége stb.). A légifelvétel vizuális interpretációja során a detektált vonalas objektumok kizárólag a részletes talajcsövezési helyszínrajzokkal vagy terepi bejárással történő validációjával együtt értékelhetők teljes körűen. A növényzettel borított felszínnek esetében a növények klorofilltartalom eltéréseiből, vagy eltérő fenofázisából adódó magasságkülönbség okozta spektrális különbségekben mutatható ki a talajcsövek vonalvezetése. A növényzetmentes talajfelszínen a spektrális különbségek a drének működésével összefüggésbe hozható felszín közeli talajnedvesség eltérésekben, valamint a talaj bolygatásából adódhatnak. A vizsgálataim során kimutattam, hogy a drén nyomvonalak detektálása a drének telepítését követően akár 6 évig is megvalósítható, azon területek esetében ahol a drénárókban bolygatott talaj szintjeinek színe és tónusa eltérő.

6. Kutatási tapasztalataim alapján rámutattam, hogy a talajcsövezett referencia területek talajcsöveinek terepi detektálhatóságát még a tervezési dokumentációk birtokában is számos korlátozó tényező befolyásolja. A detektálást az egykori tervezési dokumentációk segíthetik legjobban, ugyanis bennük található meg azok a részletes talajcsövezési helyszínrajzok, amelyekkel meghatározhatók a drének jellemző paraméterei pl. számuk, átmérőjük, fektetési távolságuk. A dréncövek terepi detektálását műszaki állapotuktól függő (drénkifolyók fizikai állapota) és független tényezők (befogadó csatorna vízszintje és a növényzet denzitása) határozzák meg. A drének terepi detektálása három nehézségi szinttel jellemezhető scenárió szerint csoportosítható. (1) Optimális scenárió (speciális szakmai ismeretek nélkül is elvégezhető), amikor egy talajcsövezett terület befogadóján rendszeres növényzetmentesítés történik, a csatorna rézsújában kifutó drénkifolyók állapotmegőrzésének figyelembevételével, a csatorna üzemi vízszintjének megfelelő szabályozása mellett. (2) Részben optimális scenárió (néhány, elsősorban vízépítő tervezői, kivitelezői ismeretek alapján végezhető el), amikor a dréncövek láthatósága részben korlátozottá válik, csak néhány kifolyó képezi a kiindulási alapot a teljes feltáráshoz. (3) Szuboptimális scenárió (csak speciális szakmai ismeretek alapján végezhető el), amikor a terepen egyáltalán nincs fellelhető drénkifolyó, elsősorban a tervdokumentáció adhat támpontot a feltárási munkák megkezdésére, ugyanakkor a dréncsőhálózatok mentén megjelenő felszíni anomáliák (árvakelések, gyomnövények) feltérképezése is szükséges.

7. Rámutattam arra, hogy a funkciójukat veszített drének műszaki hiányosságai mellett a vízrendezett terület talajának kedvezőtlen szivárgási viszonyai is csökkentik a diffúz szennyezés kialakulásának kockázatát. A Körösök közének talajvizsgálati eredményei alapján a talaj több rétegben való tömörödöttsége (alacsony k-tényező), a talaj magas agyagfrakció tartalma (40% feletti), az elfolyóvízzel rendelkező drének alacsony vízhozama ($Q < 25$ l/h), valamint a drénkifolyók üzemi paramétereinek megváltozása (esés megszűnése, drénkifolyók megsemmisülése) együttesen és jelentős – esetenként teljes – mértékben korlátozzák az összeköttetést a befogadó csatorna és a drénezett tábla belső területei között. Következésképpen – a vizsgált referenciaterületek eredményei alapján – a drénvizek nem jelentenek potenciális szennyezőforrást a környezetre.

8. A kutatómunkám eredményeként kidolgoztam a talajcsövezett területek jelenlegi használatának és üzemeltetésének feltételrendszerét, amely támpontot ad a különböző állapotú drénhálózatok kezelési és üzemeltetési koncepcióinak kidolgozásához, fejlesztési lehetőségeihez. A Körösök közére kidolgozott üzemeltetési feltételrendszer alapján komplex megvilágításban értékelhető a hazai felszín alatti vízrendezési művek levezetési, illetve vízviszatarthatási célú felhasználási és fejlesztési lehetőségei. A feltételrendszerben meghatározottak szerint szükséges a vízmegtartást előtérbe helyező vízgazdálkodási és gazdálkodói szemléletváltás; a gazdálkodók ismereteinek bővítése, képzések útján történő motiválása; a kárenyhítő és kárkövető magatartás helyett a prevenciós megoldások

alkalmazása; a káreseményekkel kapcsolatos támogatások racionalizálása; a földhasználatok, valamint a művelési ágak racionalizálása; a talajcsövezett területek hazai kataszterének elkészítése, majd a talajcsövezési igény újra értelmezése a belvíz-veszélyeztetett területeken; a kettős működtetésére alkalmas talajcsövezett területek lehatárolása; a drénezett területek üzemeltetéséhez kapcsolatos jogi környezet tisztázása; és a nemzetközi üzemeltetési és karbantartási „jó gyakorlatok” és műszaki megoldások adaptálási lehetőségeinek kihasználása.

9. Rámutattam arra, hogy a hazánkban egykor konvencionálisan alkalmazott műszakilag szabad kifolyású, üzemeltetésben elvezetés központú talajcső rendszerek alkalmazását egyes országokban (pl.: USA, Hollandia) igen hatékony szintre emelték. Ezen túlmenően a drének üzemeltetésére olyan fejlett műszakilag komplex megoldások alakultak ki, amelyek a drén vizek visszatartását, azok tartózkodási idejének szabályozását (a hasznosítható víz és tápanyagok területen tartása), valamint a drénekből elfolyó vizek öntözéssel történő visszaforgatását célozzák. *A kutatási eredményeim alapján megállapítottam, hogy a drénezés nemzetközi jó gyakorlatainak hazai adaptálási lehetőségeinek addig nincs létjogosultsága, amíg az általam meghatározott üzemeltetési feltételrendszer egyes elemei (szemléletváltás, gazdák képzése, támogatások racionalizálása, jogi környezet átalakítása) nem teljesülnek.*

11. SUMMARY

After the regulation of Tisza and its tributaries, the former flood plain areas were brought under agricultural cultivation. The area was no longer characterized by periodic, extensive water covers, but in the lowland areas inland excess water appeared and caused economic damage due to excess rainfall or subsurface recharge, or due to landforms that obstructed the runoff, which affected agricultural production. Surface and subsurface water management methods were later used to eliminate inland excess water, which served to drain areas with typically compacted soil. The subsurface water management of the plains reached its highest volume in Hungary during the period of the centrally planned economy. The constructed parallel and targeted drain networks were designed to manage the inland excess water or two-phase soil conditions on the agricultural field by drainage. The parallel drains in some cases served subsurface water supply purposes with variable efficiency and furthermore had already been used to manage the lack of groundwater resources and mitigate drought damage. After the change of political regime (1990), the conditions of operation of the drained areas changed. The constructed drain networks were almost forgotten due to the continuous amortization of their visible tracks (mainly drain outlets), and their maintenance was also neglected. We have little information about the location of nation-wide drained areas – and even more so about their operational efficiency and reactivation possibilities – they appear almost exclusively in the documentum based register (the paper format waterworks register). That is why the realization of a nation-wide (digital) cadastre would fill a gap both for the water management agencies and the farmers so that communication and action can be realized in an operative manner.

During my research, I carried out GIS methods and analyses to reveal the efficiency of drainage in the past, as well as to evaluate the arable lands of Körös Interfluvium in terms of their suitability for water supply via tile drains in the aspect of the drying climate. In addition to GIS analyses, I conducted in-depth interviews with farmers and field surveys in tile drained reference areas of the south-eastern Great Plain of Hungary to be able to present an overview of the formerly subsurface drained areas, as well as to make recommendations for their future operability and their purpose. During my research, I realized that in the recent decades, the use of free drains has been raised to professional levels in some countries (e.g. USA, Netherlands, Germany), and more modern technological solutions are also used for the operation of drained areas. In formulating my recommendations, I have also assessed the potential for adapting these 'good practices' in Hungary.

I classified my results into two groups. Following my investigations of Körös Interfluvium sample area, I draw up scientific results about the conditions of the factors affecting the risk of inland excess water inundations and subsurface water management of the sample area (theses 1-3). The other part of my results are the methodological/developmental results, which are based on the detailed evaluation of my complex investigations in subsurface drained reference areas (theses 4-9).

Summary of my scientific results

1. I found that based on the difference map of inland excess water inundation frequency of the periods 1965-1989 and 1990-2015, inland excess water inundations are less likely to occur after subsurface water management methods in Körös Interfluvium. However, the efficiency of drainage is differential, depending to a large extent on soil quality. The effectiveness of the interventions is detectable in the case of subsurface drained areas with favourable soil water management properties in 47.6% of them, while in only 27.9% of subsurface drained areas with unfavourable soil water management properties. Accordingly, I concluded that the compliance with site-specific operation and maintenance requirements defined in the technical specifications of amelioration plan documentation and in the official planning and operating permissions was either inadequate in subsurface drained areas with unfavourable soil water management properties, or the technical plan was not adequate due to the unfavourable

conditions (e.g. installation distance of tile drains). Based on my field and laboratory tests, it was shown that the success of drainage is fundamentally influenced by the conditions of the soil.

2. After analyzing the MATE ÖVKI's Complex Nature-based Excess Water Hazard Map, I found that the areas characterized by a probability of 40% or higher inland excess water occurrence in Körös Interfluvium are on 2.3% of the subsurface drained areas with favourable soil water management properties, while they occur in 26.5% of subsurface drained areas with unfavourable soil water management properties, where former tile drainage was already justified. 42% of all arable areas in Körös Interfluvium have a probability of occurrence of inland excess water of 40% or more. However, in the case of the current drying climate, these areas cannot be considered to be necessarily drained. 5.7% of the arable land in Körös Interfluvium has a probability of occurrence of inland excess water above 60% (mainly, extremely endangered), where the use of subsurface water management methods during a wet hydrological period should be considered.

3. Examining the soil hydrological conditions, I delimited the areas of Körös Interfluvium suitable for water supply through tile drains. These soils, which have favourable soil properties and groundwater conditions, occur in only 1% of the Körös Interfluvium. In 36% of the subsurface drained areas, the shallow (>-150 cm) groundwater level can potentially be a determining natural factor in the development of inland excess water. On 4.5% of the arable lands, there are soils with good properties of capillary water movement in all soil layers, and on another 0.6%, there are soils with adequate properties of capillary water movement in the 30-150 cm deep soil layer (capillary water movement >150mm/5 hours). Soils not characterized by harmful salts are present on 26% of the Körös Interfluvium. Taking into account the drying climate, I recommend redefining the former set of conditions and evaluating the possibilities of water retention functions instead of water supplement via subsurface drains.

4. In the course of my GIS analyses carried out on the Körös Interfluvium, I determined the possibilities of creating a GIS cadastre of subsurface drained areas, based on the database I created, which has a defined object structure (data point, vector lines, vector polygons, rasters) containing spatially positionable initial attribute data (data from amelioration plan documentation). During my research, I expanded the database with data derived from field and laboratory measurements. The cadastre formed in this way would fulfil a gap in complex water management and production evaluation of agricultural areas, especially tile drained areas at national level. My multi-aspect GIS analyses carried out in Körös Interfluvium revealed that the quality of the databases used for the analyses significantly influences the assessment of the effectiveness of tile drainage. Efficiency can be estimated not only by the occurrence of inland excess water but also from several aspects. To create an evaluation system for examining the operational efficiency of tile drained areas, data of subsurface drainage, operating water level of the recipient channels, crop production, soil condition, cultivation and agrotechnical data have to be collected.

5. I have found that the detection of tile drains from remote-sensing data (satellite imagery, aerial photography, UAV imagery) is limited but possible through visual interpretation. The manifestation of tile drains or their tracks on the surface is the result of their soil moisture modifying effects, which are determined by current environmental conditions. In the case of surfaces covered with vegetation, the alignment of tile drains can be detected in the spectral differences caused by the differences in the chlorophyll content of the plants or differences in height resulting from different phenophases. Spectral differences on the bare soil surface can be caused by differences in soil moisture near the surface that can be related to the operation of the drains, as well as by soil disturbance. During my examinations, I have found that the drain tracks can be detected up to 6 years after the installation of the drains in the case of areas where

the colour and tone of the disturbed soil layers in the installation ditch of tile drains are different. During the visual interpretation of the remote sensed data, I also established that the detected linear objects can only be fully evaluated together with their validation with detailed site plan map of tile drains or field visits. In the course of my investigations, in the case of surfaces covered with vegetation, I demarcated 1.212 hectares of tile drained areas in Körös Interfluve, where tracks of tile drains appeared on the surface, and then I was able to validate them with a detailed map of tile drains.

6. Based on my research experience, I have pointed out that the field detectability of tile drains in drained reference areas is affected by many limiting factors, even in possession of site plan documentation. Detection can be best helped by the former site plan documentation, as they contain a detailed map of tile drains that can be used to determine the typical parameters of the tile drains, e.g. their number, diameter and installation distance. (However, it is important to note that in some cases the construction was not carried out according to the plans, so they also need to be checked.) The field detection of tile drains is determined by factors dependent on their technical condition (condition of drain pipe outlets) and independent factors (water level of recipient channel and density of vegetation). I grouped the field detection of drains according to three scenarios characterized by difficulty levels, from the simplest cases to the most difficult ones (optimal, semi-optimal, suboptimal).

7. I pointed out that, in addition to the technical deficiencies of the tile drains that have lost their function, the unfavourable seepage conditions of the soil of the (vízrendezett) area also reduce the risk of diffuse pollution. According to my soil survey results, the multi-layer soil compaction (low hydraulic conductivity), the high clay fraction content of the soil (over 40%), the low flow rate of the tile drains with runoff water ($Q < 25 \text{ l/h}$), and the change or destruction of operational conditions of the drain outlets (cessation of fall) together and significantly limit the connection between the recipient channel and the internal areas of the tile-drained field. Accordingly, I came to the conclusion that the tile drains are not a potential source of pollution for the environment in the case of the reference areas I examined.

8. As a result of my research, I developed a set of conditions for the current use and operation of drained areas, which provides a basis for the development of management and operation concepts and development possibilities of drain networks in different conditions. The terms of conditions I have created evaluates in a complex perspective the possibilities of use and development of nation-wide subsurface water management methods for drainage and water retention purposes. According to the terms of conditions, it is necessary:

- change in the water management and farmer attitude that prioritizes water retention;
- expanding farmers' knowledge and motivating them through training;
- the change of damage mitigation and damage monitoring behavior into prevention behavior;
- rationalization of subsidies and financial support related to damage events;
- rationalization of land uses and cultivation practices;
- preparation of the nation-wide cadastre of drained areas, and then re-interpretation of the need for drainage in the case of the areas most at risk of inland excess water inundations. Demarcation of areas suitable for dual operation of tile drains;
- clarification of the legal environment related to the operation of drained areas;
- evaluating the possibilities of adapting drain operation and maintenance good practices and technical solutions of other countries

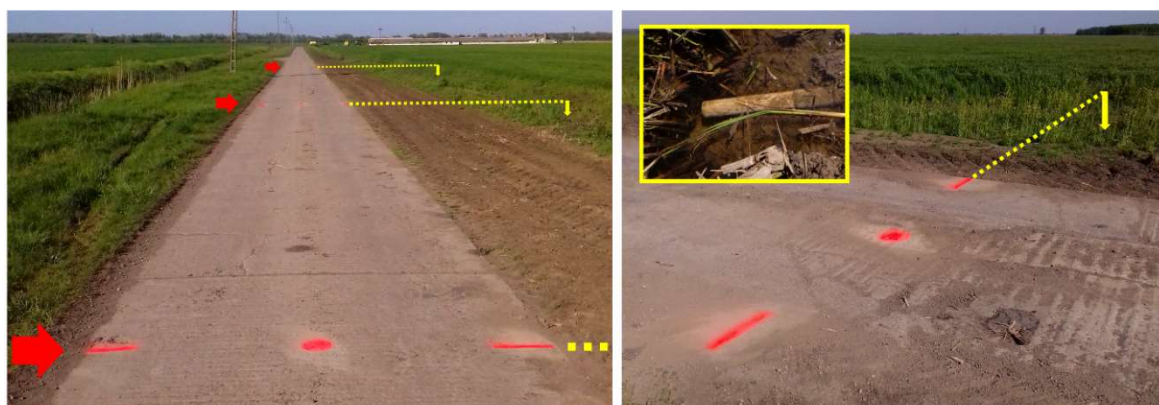
9. I pointed out that in some countries (e.g. the USA, the Netherlands) the application of the free drainage systems used conventionally in Hungary has been raised to an operative and

effective level. In addition, advanced technically complex solutions have been developed for the operation of the drains, which aim to retain the drain water, regulate its duration of stay (keeping water and nutrients in the area), and recirculate the effluent water from the drains through irrigation. On the basis of my research results, I have established that the possibilities of domestic adaptation of the international good practices of drainage do not have the right to exist until certain elements of the set of operating conditions defined in thesis 8 are fulfilled.

12. MELLÉKLET



1. melléklet. A nyári belvizek korlátozzák a termesztett növények betakarítását, illetve a mezőgazdasági műveleteket (Fotó: Túri N.)



2. melléklet. A drének helyzetének terepi megjelölése a Mezőtúr referencia területen (Fotók: Túri N.)

Vizsgált paraméter	A vizsgálat típusa	A vizsgálati módszer	Műszer
Vizhőmérséklet		MSZ 260-2:1955	
pH	potenciometria	MSZ EN ISO 10523:2012	INOLAB pH Level 2P
Fajlagos elektromos Vezetőképesség (20 °C)	konduktometria	MSZ EN 27888:1998	INOLAB Cond Level 2P
Ammóniumion	FIA spektrofotometria	MSZ EN ISO 11732:2005	LACHAT QC 8500
Ammónium-nitrogén	FIA spektrofotometria	MSZ EN ISO 11732:2005	
Nitrition	FIA spektrofotometria	MSZ EN ISO 13395:1999	
Nitrit-nitrogén	FIA spektrofotometria	MSZ EN ISO 13395:1999	
Nitrátion	FIA spektrofotometria	MSZ EN ISO 13395:1999	
Nitrát-nitrogén	FIA spektrofotometria	MSZ EN ISO 13395:1999	
Összes nitrogén	spektrofotometria	MSZ EN ISO 11905-1:2000	LANGE Ganimede N
Ortofoszfátion	FIA spektrofotometria	MSZ EN ISO 15681-1:2005	LACHAT QC 8500
Ortofoszfát-foszfor	FIA spektrofotometria	MSZ EN ISO 15681-1:2005	LANGE Ganimede P
Összes foszfor	spektrofotometria	MSZ EN 1189:1998 (visszavont szabvány)	
Klorid	argentometria	MSZ 1484-15:2009	
Szulfát	spektrofotometria	MSZ 12750-16:1988	EVOLUTION 300
Összes oldott anyag	tömegmérés	MSZ 260-3:1973	OHAUS AP-250D
Összes lebegő anyag	tömegmérés	MSZ 260-3:1973	OHAUS AP-250D
Hidrogénkarbonát	acidimetria	MSZ ISO 9963-1:1998	szabvány szerint számítással
Karbonát	acidimetria	MSZ ISO 9963-1:1998	szabvány szerint számítással
Kalcium	AAS-láng	MSZ 1484-3:2006	Thermo SOLAAR M6
Kálium	AAS-láng	MSZ 1484-3:2006	
Magnézium	AAS-láng	MSZ 1484-3:2006	
Nátrium	AAS-láng	MSZ 1484-3:2006	

3. melléklet. A vízvizsgálatok típusai és szabványai



4. melléklet. Az ároknyitással fektetett drének nyomai a telepítésük után több évvel is interpretálhatók a Google Earth műholdfelvételeken

CSANYTELEK								
Pont		DKTIR -5364_4_85						
Mélység (cm)		szín	struktúra	textúra	kiválások	CaCo3 osztály	vizes pH	
0	10	sötét szürke	kötöten morzsás	réti agyag	-	0	6	
10	20							
20	30							
30	40							
40	50							
50	60							
60	70							
70	80							
80	90							
90	100							
100	110							
110	120							

Pont		DKTIR -5364_4_86						
Mélység (cm)			szín	struktúra	textúra	kiválások	CaCo3 osztály	vizes pH
0	10		barna	kötöttén morzsás	agyag	-	0	6.7
10	20				réti agyag			
20	30	sötét szürke						
30	40							
40	50			sárga	kötöttén morzsás kitűnően morzsás	agyagos vályog	6.5	
50	60							
60	70							
70	80							
80	90							
90	100		-	-	-	-	-	
100	110							
110	120							

5. melléklet. A csanyteleki referencia terület feldolgozott DKTIR adatai (Szerk.: Túri N.)

MEZŐTÚR												
Pont			DKTIR -5265_2_21									
Mélység (cm)			szín	struktúra	textúra	kiválások	CaCo3 osztály	vizes pH				
0	10		sötét szürke	tömött	réti agyag	-	0	6.3				
10	20											
20	30											
30	40											
40	50		barnás-szürke				iszapos	mészkonkréciós	+	8		
50	60											
60	70											
70	80		szürkés-sárga									
80	90											
90	100											
100	110											
110	120											

Pont		DKTIR -5265_2_23						
Mélység (cm)			szín	struktúra	textúra	kiválások	CaCo3 osztály	vizes pH
0	10		sötét szürke	tömött kötötten morzsás	agyag	-	+	7.3
10	20							
20	30							
30	40							
40	50							
50	60		szürke	tömött				8
60	70							
70	80							
80	90							
90	100							
100	110							
110	120		sárga		finom homoköntés	mészfoltos vaskiválásos	++	8.3

Pont		DKTIR -5265_2_25						
Mélység (cm)			szín	struktúra	textúra	kiválások	CaCo3 osztály	vizes pH
0	10		szürkés-barna	tömött kötött morzsás	agyag	-	0	6.1
10	20							
20	30		szürke	tömött				6.9
30	40							
40	50							
50	60							
60	70		barnás-sárga	szikes agyag			7.8	
70	80							
80	90		sárga	tömött kötött morzsás	szikes finom homokiszapos	mészkonkréciós vaskiválásos	+	8.9
90	100							
100	110							
110	120							

6. melléklet. A mezőtúri referencia terület feldolgozott DKTIR adatai (Szerk.: Túri N.)

ZSADÁNY								
Pont			DKTIR - 5267_01_17					
Mélység (cm)			szín	struktúra	textúra	kiválások	CaCo3 osztály	vizes pH
0	10		szürke	kötöten morzsás poliéderes törésű	szikes agyagos vályog	-	+	8.1
10	20							
20	30							
30	40							
40	50		barnás-sárgás-szürke	poliéderes törésű tömött	szikes agyag	vaskiválásos		8.2
50	60							
60	70							
70	80		vöröses-sárga	tömött kötöten morzsás	agyagiszapos		++	9.2
80	90							
90	100							
100	110							
110	120							

Pont			DKTIR -5267_01_55					
Mélység (cm)			szín	struktúra	textúra	kiválások	CaCo3 osztály	vizes pH
0	10		barna	kitűnően morzsás	vályog	-		6.8
10	20							
20	30							
30	40							
40	50		sárgás-barna	kitűnően morzsás	finom homokagyag	mészkonkréciós	+++	8
50	60							
60	70							
70	80		sárga	kötöten morzsás				-
80	90							
90	100							
100	110							
110	120							

7. melléklet. A zsadányi referencia terület feldolgozott DKTIR adatai (Szerk.: Túri N.)



A SZELVÉNY MORFOLÓGIAI LEÍRÁSA

Genetikai szint																
Jele	Mélysége (cm)	Mintavétel mélysége (cm)	Szín	Fizikai talajféleség	Szerkezet	Tömödöttség	Nedvesség	Pezsgés	Fenolt.lúgosság	Kémhatás	Kiválások, konkréciók	Durva vázrész %	Talajhibák	Gyökérszét	Átmenet	Egyéb
A _{sz}	0-10	0-10	2,5Y 3/1	agyag	rögös	omlós	száraz	nyomokban	-	~6	-	-	-	keves		
A ₁	10-25	10-25	2,5Y 3/2	agyag	szervezet nélküli (tömött)	eketalp	nyirkos	nincs	-	~6	-	-	eketalp réteg	keves	éles tömödöttségben	
A ₂	25-50	25-50	10YR 3/2	agyag	poliéderez	tömödött	nyirkos	nyomokban	-	~6	-	-	-	keves	éles tömödöttségben	
B ₁	50-80	50-80	2,5Y 3/1	agyag	poliéderez	tömödött	nedves	nincs	-	~6	szürkés elszíneződés	-	-	keves	éles tömödöttségben	
B ₂	80-100	80-100	2,5Y 4/1	agyag	poliéderez	erősen tömödött	nyirkos	gyenge	-	~6	mészkonkrécia	-	-	keves	éles tömödöttségben	
C (BC?)	100-	100-120	10YR 4/4	agyag	poliéderez	tömödött	nyirkos	gyenge	-	~6	mészkonkrécia	-	gyengén mállott apró kőzetdarabok (néhány%)	keves	fokozatos	

8. melléklet. A mezőtúri referencia területen nyitott szelvény morfológiai leírásának és terepi vizsgálatának eredményei (Szerk.: Turi N.)