Doktori (PhD) értekezés

Priváczki-Juhászné Hajdu Zsuzsanna

2023.

10.17625/NKE.2023.019

NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM
HADTUDOMÁNYI ÉS HONVÉDTISZTKÉPZŐ KAR
KATONAI MŰSZAKI DOKTORI ISKOLA

Priváczki-Juhászné Hajdu Zsuzsanna

A belvíz elleni védekezés hatékonyságának növelése, különös tekintettel a földárja jelenségre

Doktori (PhD) értekezés

Tudományos témavezető:

…….....

Dr. Muhoray Árpád ny. pv. vezérőrnagy,
címzetes egyetemi tanár, PhD

Budapest, 2023.

Tartalom

BEVEZETÉS 5
A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA 7
HIPOTÉZISEK 10
A KUTATÁSI CÉLOK 11
A KUTATÁSI MÓDSZEREK 12
A RELEVÁNS SZAKIRODALOM ÁTTEKINTÉSE 13
1. FEJEZET: A BELVÍZVÉDEKEZÉS NEMZETKÖZI VONATKOZÁSÁNAK VIZSGÁLATA 17
1.1. A belvízvédekezés és katasztrófavédelem nemzetközi kitekintésben 17
1.2. Klímaváltozás várható hatása a víztöbbletekből és vízhiányból eredő vízkárok elleni védekezés helyzetére 18
1.3. A katasztrófavédelem nemzetközi vonatkozásai 20
1.4. A víz értéke és a vízkárok jelentősége nemzetközi kitekintésben 22
1.5. Belvízvédekezés a határvízi egyezmények tükrében 26
1.6. Magyarország hatályos határvízi egyezményei 28
1.7. Belvízvédekezés a határvízi egyezményekben 30
1.8. Részkövetkeztetések 37
2. FEJEZET: AZ ÁLLAM SZEREPÉNEK VIZSGÁLATA A BELVÍZVÉDEKEZÉSBEN 39
2.1. A belvízbiztonság 39
2.2. Magyarország belvíz-veszélyeztetettsége, az állami szerepvállalás szükségszerűsége 40
2.3. A belvízvédekezés jogszabályi hátterének kialakulása Magyarországon 46
2.4. A belvíz elleni védelem kapcsán érintett szervezetek 51
2.5. A belvízvédekezés irányítása és a védelmi igazgatás szervezetei 53
2.6. A belvízvédekezés létesítményei és az üzemeltető/védekező szervezetek 56
2.7. A belvízvédekezés pénzügyi erőforrásai 61
2.8. A belvízvédekezésben az egyéni felelősségvállalás 62
2.9. Részkövetkeztetések 65
3. FEJEZET: A TERÜLETHASZNÁLATI VÁLTOZÁSOK HATÁSAINAK ÉS A BELVÍZRENDSZEREK MÉRETEZÉSÉNEK VIZSGÁLATA, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A FÖLDÁRJA JELENSÉGRE 67
3.1. A belvíz meghatározása, típusai 67
3.2. A belvízképződés folyamata: természeti változások és az emberi tevékenység hatásainak vizsgálata 69

3.3. A földárja jelenség ... 71
3.4. A belvízrendszerek méretezése és a méretezési alapelveket befolyásoló természeti, területhasználati és egyéb antropogén hatások vizsgálata ... 75
3.4.1. A belvízrendszerek méretezésének alapelve ... 75
3.4.2. Az összegyülekezési elmélet vizsgálata ... 77
3.4.3. A belvízrendszerek tapasztalati vízszállítása alapján történő méretezés vizsgálata ... 86
3.4.4. A becslés méretezés módszer vizsgálata ... 87
3.5. A belvízrendszerek terhelését és teljesítőképességét befolyásoló egyéb hatások ... 89
3.5.1. A kettősműködésű vízrendszerek ... 89
3.5.2. Természetvédelmi oltalommal érintett területek ... 91
3.5.3. Rekreációs hasznosítással érintett területek (pl. horgászati hasznosítás, belterület) ... 92
3.5.4. Birtokszerkezet megváltozása ... 93
3.5.5. Szakszerűtlen agrotechnikai módszerrel történő mezőgazdasági termelés ... 93
3.6. A belvízrendszerek teljesítőképességét befolyásoló területhasználat és az antropogén változások hatása a vízjogi üzemeltetési engedélyre ... 94
3.7. Részkövetkeztetések ... 96
4. FEJEZET: MINTATERÜLETI MODELLVIZSGÁLAT - A FÖLDÁRJA JELENSÉG (TALAJVÍZ) ÉS A TERÜLETHASZNÁLATI VÁLTOZÁSOK HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA ... 98
4.1. A modell, mint kutatási eszköz ... 98
4.1.1. Folyamatalapú hidrológiai modellek ... 100
4.1.2. Az integrált hidrológiai modellek ... 101
4.2. A modell felépítésének célja ... 103
4.3. A mintaterület kiválasztásának szempontjai ... 104
4.4. A modellezési időszak kiválasztása ... 106
4.5. Az Orosházi mintaterületi modell felépítése során felhasznált adatok ... 108
4.5.1. A belvízelvezető rendszer és a drénhálózat ... 108
4.5.2. Domborzati jellemzők ... 110
4.5.3. Földtani jellemzők ... 111
4.5.4. Talajtani adatok ... 112
4.5.5. Csapadék és hőmérséklet ... 115
4.5.6. Talajvízállás ... 115
4.5.7. Területhasználat ... 118
4.5.8. A modell bemenő adatokkal összefüggésben alkalmazott számításai ... 118

4.5.9. Kutak: vízkivételek vízhozam-adatok és települési közmű adatok 121
4.6. Az Orosházi mintaterület vízgyűjtő-modellje 122
4.7. Az Orosházi mintaterület modell eredményeinek értékelése - módszertan 126
4.8. Az Orosházi mintaterület modell eredményeinek értékelése 128
4.8.1. Vízmérleg adatok értékelése 128
4.8.2. Talajvízállás adatok és a csatorna vízállás adatok összehasonlító elemzése 134
4.8.3. Szcenáriók vizsgálata: a csatornában kialakuló vízállás és vízhozamok változásának elemzése a területi hatások eredményeként. 144
4.9. Módszertan a vízgyűjtők felülvizsgálatához 148
4.10. Részkövetkeztetések 149
ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK 150
ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK TÖMÖREN MEGFOGALMAZVA 154
AJÁNLÁSOK 156
A KUTATÁSI EREDMÉNY GYAKORLATI FELHASZNÁLHATÓSÁGA 156
A HIVATKOZOTT IRODALOM JEGYZÉKE 157
A DOKTORI ÉRTEKEZÉS BENYÚJTÓJÁNAK A TÉMAKÖRBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉKE. 175
1. számú melléklet: Rövidítések jegyzéke 178
2. számú melléklet: Felhasznált jogszabályok jegyzéke 179
3. számú melléklet: Táblázatok és ábrák jegyzéke 182
4. számú melléklet: Az Orosházi mintaterület modellhez felhasznált adatok 187
5. számú melléklet: Modellezés eredményeinek értékelése módszertan - Szcenáriók bemutatása 194
6. számú melléklet: A modellezés eredményeinek értékelése - vízmérleg eredmények értékelése 197
7. számú melléklet: A modellezés eredményeinek értékelése - A csatornában kialakult vízállás és a talajvízállás összehasonlító értékelése, a talajvízáram grafikonok. 204
8. számú melléklet: A modellezés eredményeinek értékelése - Szcenáriók vizsgálata. 209
9. számú melléklet: MÓDSZERTAN a belvízrendszerek felülvizsgálatára 222
10. számú melléklet: Kohéziós táblázat 230

BEVEZETÉS

Tudományos kutatásom témájaként a vízkárok elleni védekezés témakörén belül a belvízvédekezést választottam. Célul tűztem ki a földárja jelenség és a talajvíz, valamint a területhasználatok megváltozásából eredő, belvízvédelmi művekre gyakorolt hatás kimutatását.

Magyarország a Kárpátok és az Alpok-alja által határolt medencében helyezkedik el. A földtörténet során ez a medence befogadója volt a környező hegyekből lefolyó vizeknek és az általuk szállított hordaléknak. Fogadta és átengedte a folyókat, melyek a medencén kívülről törtek be és a hordalékot itt lerakva utat törtek maguknak a tenger felé. A geológiai fejlődés további szakaszában a szél, mint felszínformáló erő által szállított anyag és a folyóvízi hordalék keveredésével rendkívül változatos talajrétegződési formációk alakultak ki, mely formációk természetesen kihatnak a talaj vízviszonyaira és azok viselkedésére. [1: 2]

A Kárpát-medence sajátos vízjárású területét a vízbő és vízhiányos időszakok gyakori váltakozása jellemzi. A csapadékos időszakokban árvíz és belvíz megjelenésére lehet számítani, a vízhiányos időszakokban pedig az aszály okoz nemzetgazdasági szinten is jelentős károkat. [2: 340] Az ár- és belvízzel fenyegetettség igen magas. Az ármentesítések előtt a vízzel borított és időszakosan elöntött területek nagysága 48 769 km^2, az állandóan elöntött terület nagysága 8 561 km^2 volt. [3: 38] Az ország vízgazdálkodásának alapjait, valamint a vízkárok elleni védekezésben az állam irányítói szerepét mai napig ez az adottság határozza meg.

Kezdetben a vizek kártételei ellen lokálisan védekeztek, gyakran figyelmen kívül hagyva a szomszédos érdekeket, ezért a vízkárelhárítási tevékenységek műszaki és jogi kérdésének szabályozása elemi kérdéssé vált. A védművek egyre magasabb szintű kiépítése szakértelmet és működtetési előírásokat kívánt meg. A műszaki feladatok és szabályozás, a gazdasági finanszírozás és a jogi szabályozás keretrendszere folyamatosan alakult ki, amelynek fontos része a szakemberképzés is. A vízgazdálkodással a vízkárelhárítással foglalkozó szervezetek és infrastruktúra, a vízkárok elleni védekezés és a vízgazdálkodás keretrendszerét meghatározó jogszabályok megalkotása, valamint azok karbantartása, fejlesztése, továbbá a kapcsolódó tudományos kutatások összehangolása állami irányítás nélkül nem lehetséges.

Hazánkban az alföldi területeken kiemelten fontos vízügyi, minősített helyzetben katasztrófavédelmi feladat az árvizek elleni védelem mellett a belvizek elleni hatékony védekezés. A jelentős kárt okozó belvízi elöntés tartós kiterjedésű, síkvidéki, többnyire mély

fekvésű, lefolyástalan területeken jelentkezik, amely a hazai tapasztalatok alapján rendszeresen, a hidrológiai helyzet függvényében 3-5 évente visszatérő védekezési feladatot ró az illetékes szervezetekre. [4: 339] [5: 161]

A belvízzel kisebb-nagyobb mértékben veszélyeztetett hazai síkvidéki területek nagysága jelentős, az ország területének mintegy negyvenöt százaléka. A nagy területi kiterjedés miatt a belvíz-veszélyeztetettség a települések szintjén is jelentős tényező, hazánk 3 154 települése közül mintegy ezer település síkvidéki területen helyezkedik el, azaz valamilyen szintű belvíz-veszélyeztetettséggel érintett. [6: 5]

A kiterjedt elöntések mezőgazdasági területeket, településeket, egyéb infrastruktúrát is veszélyeztetnek, amely hatással van a mezőgazdasági művelt területekre, az élelmiszer-termelésre és az épített infrastruktúra állagának és állapotának biztonságára. Magyarország mezőgazdasági területének 60 %-át, több mint 4 millió hektárt veszélyeztetheti belvízi elöntés. [2: 340]

Egy-egy belvizes esztendőben az okozott kár nemzetgazdasági szinten is jelentős. Kedvezőtlen időjárási viszonyok között a belvízi elöntések súlyosabb pusztításokat okozhatnak, mint az árvizek, így például 1940., 1966., 1999., 2010-2011. időszakok belvízi elöntései komoly gazdasági károkat okoztak. [3: 37-42]

A belvizek egyik sajátos fajtája a földárja jelenség, amely a felszíni elöntéssel együtt járó belvízi helyzetet súlyosbítja az aluról feltörő talajvíz által okozott elöntéssel, amely katasztrófavédelmi veszélyhelyzetet is előidézhet. Ez az állapot egyidejű vízkárelhárítási feladat esetében a rendelkezésre álló védekezési erőforrásokból jelentős többlet erőforrást igényel. A jelenség a Dél-Alföld egyes területein figyelhető meg a sajátos felszínalatti talajtani adottságok eredményeként. [2: 341] [4: 514]

Nagy elöntésekkel együtt járó kiterjedt belvizek jellemzően a jelentős árvízvédekezési időszakokkal együttes időszakban fordulnak elő, különösen a Tisza-völgyben. [3: 433] Ezért a veszélyhelyzetben történő védekezési feladatok ellátása és a védekező szervezetek hatékony együttműködése alapvető fontossággal bír.

Az értekezésemmel kapcsolatos kutatást 2022. március 31-én zártam le.

A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA

A tudományos probléma bemutatását az Alsó-Tisza vidékén végrehajtott ár- és belvízvédekezések összefoglalói, a szakmai publikációk és szakágazati kutatási eredmények alapján dolgoztam ki, amely során a vízügyi szolgálatban és a vízkárelhárításban eltöltött szakmai munkám tapasztalatait is felhasználtam.

Hazánkban a vízkárokkal való küzdelem évszázados hagyományokkal rendelkezik. A belvízvédekezési feladat végrehajtása, a megelőzés és védekezés terén is közös kihívásokat jelent a közreműködő szervezetek és a védekezésre kötelezettek számára. [5: 155] Ezzel együtt a védekezésben résztvevő szervezetek humánerőforrása korlátozott. A jogszabályban megfogalmazott egyértelmű hatás-, feladat- és felelősségi körök meghatározása, valamint az együttműködés módozatának egyértelmű szabályozása a védekezés hatékonysága szempontjából kiemelt fontossággal bír.

A kutatási téma aktualitását alátámasztja, hogy a klímaváltozás eddig észlelt és a közeljövőben prognosztizált hatásainak eredményeként Magyarország területén a belvízi szituációk kialakulásának gyakorisága várhatóan növekszik, amely elsősorban a csapadékok időszakossága és a szélsőségessé váló csapadékintenzitás növekedése miatt várható. Ezzel egyidejűleg az aszályos időszakok tartóssága és súlyossága is várhatóan növekszik, amely a belvíz és aszály elleni védekezés intézkedéseinek összehangolását teszi szükségessé. [7: 3] [8: 47]

A belvízzel kapcsolatos kutatásom során alábbi főbb problémákat azonosítottam be és vizsgáltam meg:

1. Az országhatár-menti síkvidéki területek belvízmentesítése a határon átnyúló, határt-metsző vízfolyások és belvízi művek segítségével biztosítható. Ez egyrészről hazánk területéről a szomszédos ország területére történő vízátvezetéssel, illetve a szomszédos országból a hazai befogadó felé történő átvezetéssel lehetséges. A vizsgálataim a belvíz-talajvíz kapcsolatának feltárására irányulnak. A talajvízmozgások országhatártól függetlenül is léteznek, és hatást gyakorolnak a szomszédos országban lévő belvízrendszerekre. A határon átnyúló vízkárelhárítási tevékenység intézményes rendszerét a határvízi egyezmények és szabályzatok alkotják. [9: 16] Felmerül a kérdés, hogy a jelen egyezményekben rögzített intézkedések biztosítják-e hazánk érintett területein a klímaváltozás várható szélsőséges vízjárási helyzetei kapcsán szükségessé váló vízkárelhárítási intézkedések, egyúttal a

nemzetközi vízvédelmi egyezményekben megfogalmazott elvárások végrehajtását. Milyen hatást gyakorolnak a felek belvízi együttműködésére az uniós közös szabályozások, különös tekintettel a Víz Keretirányelv[1] (VKI) előírásainak végrehajtása, amely belvízrendszerekben a vizek ökológiai állapotának javítására irányul?

2. A védekező szervezetek humánerőforrása kiterjedt védekezési időszakban korlátozott, a védekező szervezetek további együttműködési lehetőségének feltárása szükséges. A vízügyi igazgatási jogszabályok mellett a katasztrófavédelmi jogszabályok együttes vizsgálata, azaz összefoglalóan a védelmi igazgatás rendszer kutatása és elemzése is szükséges a belvízvédekezés jogszabályi környezetének feltárásához. A vízgazdálkodási hatáskörök, a vízügyi igazgatóságok helyzete, valamint a vízkárelhárítási tevékenység végrehajtására vonatkozó jogszabályi háttér is folyamatosan változik. Számos esetben a csatornák eltérő tulajdonosi, üzemeltetői, vagyonkezelői struktúrája okoz fennakadást a védelmi munkálatok során. [9: 85-86] Felmerül a kérdés, hogy az utóbbi évek jogszabályi változásai hogyan hatnak a vízkárok elleni védekezésre, a védelmi igazgatás szervezeteire és azok együttműködésére. Kérdés, hogy a belvízvédelmi infrastruktúra 2014-ben megváltozott tulajdonosi és kezelői helyzete hogyan befolyásolja a belvízvédekezés eredményes végrehajtását.

3. A vezetői döntések megalapozásához szükséges a belvíz, mint természeti hidrológiai jelenség, illetve a belvízmentesítés műszaki létesítmények teljesítőképességének ismerete. A belvízrendszert terhelő belvízhozam meghatározására vonatkozó műszaki irányelvek a talajvíz hatásával csak érintőlegesen foglalkoznak. Ennek kapcsán merül fel, hogy egy földárja jelenséggel érintett területen a belvízrendszer védképességét hogyan befolyásolja a jelenségből eredő többletterhelés, amely hatással van a sikeres védelmi tevékenységre. A védekezési adatok előzetes elemzése alapján kimutatható, hogy belvíz-kárelhárítás infrastruktúra létesítményei, a belvízelvezető csatornák, szivattyútelepek és műtárgyak a jelenséggel érintett területeken fokozott igénybevételnek vannak kitéve, illetve a szokásos belvízi időszakoktól eltérő időszakokban és mértékben is szükséges az érintett területek belvízmentesítése. Az érintett területen akkor is előfordulhat belvízzel kapcsolatos esemény, amikor azt a helyi hidrológiai helyzet nem indokolja. Kérdésként merül fel, hogy a térben és időben változatos megjelenésű többlet vízmennyiség milyen terhelést jelent a belvíz-elvezető

[1] EU 2000 direktíva, Víz Keretirányelv (VKI), célja a vizek jó állapotának elérése

műszaki létesítményekre, mert a védelemvezetői döntések megalapozásához szükséges a sajátos adottságú területek ismerete.

A belvízi szituációk kialakulása során az eddigi szakirodalmi megközelítés alapvetően a felszíni összegyülekezések, azaz a talajra hulló csapadékból, hóolvadásból összegyülekezés következtében előálló terhelések meghatározására fókuszáltak. Mind a belvizek keletkezését leíró elméletek, mind pedig az elvezető rendszer méretezését meghatározó előírások, szabványok főként a felszíni összegyülekezési folyamat szabatos vizsgálatát valósították meg, a talajvízkérdés kezelése nagyvonalú becslésekre támaszkodik. [11] A belvízvédekezési tapasztalatok azt mutatják, hogy a belvizek kialakulásának szintén fontos eleme a felszín alatti vízmozgás, feláramlás, különösen a földárja jelenséggel érintett területeken. A talajvíz változásának dinamikája, ezen belül a talajvíz változását befolyásoló regionális hatások jelentősen meghatározzák a belvizekkel kapcsolatos védelmi feladatok kialakulását, a védekezési időszakok hosszát, azok mérsékléséhez szükséges védekezési erőforrásokat.

A szakirodalmi kutatás és a tapasztalataim alapján az elmúlt évtizedekben jelentős változások következtek be a vízgyűjtő területeken: megváltozott a korábbi területhasználat (például megnőtt a beépített területek nagyság, mélyfekvésű területek beépültek, stb.), amely hatással van a belvizek összegyülekezési folyamatára. A belvízrendszerekbe egyéb vízbevezetések is megjelentek (például tisztított szennyvíz, termál csurgalékvíz), amely befolyással van a belvízrendszerek teljesítőképességére. Egyes területeken a területhasználatok megváltozásával a védett érték megjelenése miatt megnőtt a kárérzékenység. [3: 241]

4. A térségi belvízrendszerek terhelése tehát megváltozott, a terhelések számszerűsített ismerte azonban hiányzik a megalapozott védelemvezetői döntésekhez. Ez kedvezőtlenül hat a belvízvédekezés hatékonyságára és a belvízi biztonságra. A változások számszerűsítésére, a belvízrendszereket érő terhelések hatásának egységes szemléletű meghatározására jelenleg nincsen egységes szakmai álláspont.

A kutatási hipotéziseimet és célkitűzéseimet a fentiekben bemutatott tudományos problémák megoldása érdekében dolgoztam ki.

HIPOTÉZISEK

A tudományos probléma megfogalmazását követően a tervezett kutatási feladat megvalósításához az alábbi hipotéziseket fogalmaztam meg:

1. Feltételezem, hogy az országhatáron átnyúló belvízrendszerekben a jelenlegi belvízvédekezések gyakorlatát és a védekezési szabályzatokat a klímaváltozás miatt várható szélsőséges vízjárási helyzetekhez való alkalmazkodás érdekében felül kell vizsgálni.
2. Feltételezem, hogy a belvizek kártételei elleni védekezés eredményessége érdekében, főként a megelőzésben, további lehetőségek tárhatók fel, amelyek megvalósításban az állami és közigazgatási szervezetek együttműködése szükséges.
3. Feltételezem, hogy a belvízrendszerek méretezésére vonatkozó irányelvek a talajvízből származó terheléseket nem megfelelő hangsúllyal kezelik, különös tekintettel a földárja jelenség által érintett területeken. Feltételezem továbbá, hogy a vízgyűjtőterületeken a korábbiaktól eltérő területhasználat és az emberi tevékenység megváltoztatta a belvizek összegyülekezési és lefolyási feltételeit, amelyet a jelenlegi méretezési elvek nem tudnak kezelni a mértékadó terhelés meghatározása kapcsán. Feltételezem, hogy belvízrendszert érő emberi tevékenységnek, valamint a talajvizek és a földárja jelenségnek a belvízrendszerre gyakorolt hatása hidrodinamikai számításokkal meghatározható.
4. Feltételezem, hogy az elvégzett vizsgálataim és a modellezés eredményei alapján meghatározható egy olyan általános módszertan, amely alapján egységes szemlélet alapján végrehajtható más belvízrendszerek felülvizsgálata is a belvíz és az aszály elleni védekezés intézkedéseinek összehangolása céljából és a védelemvezetői döntés megalapozása érdekében.

A KUTATÁSI CÉLOK

Kutatási céljaimat a bemutatott tudományos kérdések vizsgálata érdekében a hipotéziseim igazolása mentén határoztam meg. Ennek érdekében az alábbi kutatási célokat tűztem ki:

1. A belvízvédekezés nemzetközi érintettsége kapcsán:

   Feltárom a határvízi egyezmények történeti fejlődését és a határon átnyúló belvízrendszerek sajátosságait.

   Vizsgálom, hogy a klímaváltozásból adódó vízgazdálkodási szélsőségek esetében a jelenlegi belvízvédelmi szabályzatok megfelelő kereteket biztosítanak-e hazánknak a határon átnyúló belvízvédekezés és aszálykár-elhárítás esetére, illetve a vizek jó ökológiai állapotára vonatkozó intézkedések végrehajtására.

2. A védekezésben résztvevő szervezetek együttműködésének vonatkozásában:

   Vizsgálom a belvizek elleni védekezés történetiségén, valamint a belvíz elleni védekezés jogi hátterén keresztül a belvízvédekezésben az állam irányítói szerepét.

   Kutatom a további lehetőségeket a védekező szervezetek együttműködésére, amelyek a belvíz elleni védekezés hatékonyságát javítják, különös tekintettel katasztrófavédelmi veszélyhelyzetet okozó belvizek és a megelőzés esetében.

3. A belvízrendszerek terhelésének meghatározása kapcsán:

   Vizsgálom a belvízrendszerek jelenlegi méretezési gyakorlatát, hogy alkalmasak-e a talajvízből, így a földárja jelenségből, valamint a megváltozott területhasználatból eredő hatást kimutatni és kezelni, amely a hatékony belvízmentesítés érdekében szükségszerű. Ennek érdekében feltárom és rendszerezem az emberi tevékenységi és a területhasználati változásokat, melyek feltételezett hatással vannak a belvizek összegyülekezési és lefolyási viszonyaira.

   Kutatom a hazai és a külföldi példák alapján a belvízi folyamatok leírására, a talajvíz és területi változások hatásának kimutatására alkalmas hidrológiai modelleket.

   Feltárom és elemzem egy földárja jelenséggel érintett mintaterületen a kiválasztott hidrodinamikai modell segítségével a talajvíz, a megváltozott területhasználatok és emberi tevékenység belvízrendszerre gyakorolt hatásait.

4. Vizsgálom a lehetőségét a kutatási eredményeim és a mintaterületi vizsgálat alapján más vízrendszerek felülvizsgálatára is alkalmas egységes módszertan kialakítására.

A KUTATÁSI MÓDSZEREK

A kutatásom során többféle módszert alkalmaztam a különböző kutatási célkitűzéseim teljesítése érdekében. Ezen kutatási módszerek az alábbiak:

1. Az összehasonlítás és általánosítás módszerét a belvízvédekezés és vízkárelhárítás jogi hátterének vizsgálata során alkalmaztam. Vizsgáltam a haza és külföldi releváns szakirodalmat és jogszabályokat, a vízügyi igazgatóság és más szervezetek adatbázisait, tervtárait, szakmai anyagait, védekezési beszámolóit, jelentéseit. A kutatásom a vonatkozó dokumentumok tanulmányozására és feldolgozására egyaránt kiterjedt. Megvizsgáltam a határon túli országok belvízvédekezési gyakorlatát is.
2. Kronologikus vizsgálatokat végeztem nemcsak a jogszabálykutatás során, hanem a hidrológiai és védekezési adatok feldolgozása és elemzése során is.
3. Az elemző-logikai módszer segítségével elemeztem a jelenlegi jogi szabályozási környezetet, a hidrológiai és védekezési adatokat, továbbá az eredmények alapján következtetéseket vontam le és javaslatokat fogalmaztam meg.
4. Az empirikus módszert elsősorban a vizsgált szakterületen szerzett személyes szakmai és más szakemberek tapasztalatán alapulóan hasznosítottam, amely jellemzően a rendelkezésre álló belvízi védekezések eredményeinek elemzésével valósult meg.
5. A dedukció módszerének alkalmazásával más területeken megvalósított modellezési tapasztalatokat hasznosítottam a mintaterületi modell építése során.
6. A belvíz-levonulási folyamatok vizsgálatára alkalmazott numerikus modellezési módszer kapcsán számos természettudományi összefüggést és szakmai megközelítést használtam.
7. A kutatási munkám során rendszeresen konzultáltam a témában elismert szakemberekkel.

A felsorolt módszerek mellett kutatásomat jelentős mértékben segítették a lefolytatott szakmai interjúk, valamint a szakmai rendezvényeken, konferenciákon való részvétel, amelyek tapasztalatait és eredményeit szintén beépítem a dolgozatomba. Hasznos tapasztalatokat szereztem más doktori iskola hallgatójával közös szakmai cikk kidolgozása során is.

A RELEVÁNS SZAKIRODALOM ÁTTEKINTÉSE

A szakirodalmi kutatásomat a célkitűzésemben megfogalmazottak alapján két fő irányban indítottam el. A kutatásom első fázisa a vízkárelhárítás és a katasztrófavédelem belvízvédekezési tevékenységgel kapcsolatos védelmi igazgatási és jogi környezetére irányult. A másik fő kutatási irányom a belvízjelenség természettudományi és hidrológiai-műszaki szempontú megközelítése volt.

A vízkárok elleni védekezésről szóló közigazgatási és katasztrófavédelmi szempontú hazai tudományos műveket elsősorban az Nemzeti Közszolgálati Egyetem repozitóriumában kutattam fel. A védelmi igazgatás és védelmi módszertan megismeréséhez oktatóim és a védelmi igazgatás szakemberei nyújtottak segítséget. Muhoray Árpád személyes iránymutatása, valamint tudományos publikációi főként a katasztrófavédelmi igazgatási rendszer, a védelmi és biztonsági rendszer, az árvízvédelem és katasztrófavédelem kapcsolata, ill. a veszélyhelyzeti védekezés és irányításrendszerének tudományos hátterének kutatását tette lehetővé számomra, amely megállapítások általánosságban beépültek a dolgozatomba a vonatkozó hivatkozások alapján. [5] [12]

A katasztrófavédelmi igazgatási rendszer és az egyes szakterületek speciális védelmi feladatait és tudományos eredményeit főként Vass Gyula [13], Kátai-Urbán Lajos [13], Mógor Mária Judit [14], Endrődi István [15], Padányi József [16], Hornyacsek Júlia [17] munkáiból ismertem meg, amely általános tudáskén jelentenek számomra és épültek be a dolgozatba.

A Nemzeti Közszolgálati Egyetemen számos publikáció, PhD dolgozat született, melyek közül számomra különösen az utóbbi években, a 2011-2012-es katasztrófavédelmi törvény és a védekezési tevékenységekre vonatkozó változást elemző dolgozatok voltak fontosak, amelyek az általam kitűzött kutatási célokhoz is illeszkedtek. A KMDI[2] doktori iskola PhD publikációit is felhasználtam. Ezek közül kiemelem Bárdos Zoltán ár-, és belvizek elleni önkormányzati védekezési [6], Schweickhardt Gotthilf katasztrófavédelmi igazgatással [18], Petró Tibor lakosságvédelmi feladatrendszerrel [19], Antal Örs az árvizek és földrengések okozta katasztrófák elleni védekezéssel [20], valamint Hábermayer Tamás ár- és belvíz elleni katasztrófavédelmi feladatokkal kapcsolatos [21] dolgozatait, amelyek a védekezések hatékonyságát és lehetséges új módszerek kialakítását célozzák. Ezen anyagok szintén a katasztrófavédelemmel összefüggő tudásomat szélesítették. Teknős László a klímaváltozás

[2] KMDI: Katonai Műszaki Doktori Iskola

okozta veszélyhelyzetben történő védekezésről szóló [22] doktori dolgozatában hasonló célkitűzéssel kutatta a klímaváltozás védekezésre vonatkozó hatásait.

Az ár- és belvizekkel kapcsolatos nemzetközi veszélyeztetettség mértékének megállapítása során a Katasztrófák Epidemiológiai Kutatóközpontjának Természeti Katasztrófák Emberi Áldozatai kiadványát [23] tekintettem mérvadónak.

Kutatásom másik fő területe a belvíz, mint természeti jelenség vizsgálata, valamint a kártételek elleni védekezés. Ezzel a hidrológiai jelenséggel kapcsolatos szakirodalom hazánkban olyan jelentős nagyságrendű, hogy a mértékadó szakirodalom meghatározása is nehéz feladat. A közel 150 éves kutatási területen nem csak a „vizes szakemberek" publikációi jelentősek, hanem a kapcsolódó tudományágak szakirodalmi publikáció is. Így kutatásom során feldolgoztam földtani, hidrogeológiai, matematikai modellezéssel és mezőgazdasági szakterülettel kapcsolatos publikációkat, foglalkoztam távérzékeléssel, a „big data" állományokkal és a digitális vízgazdálkodással is. A vonatkozó szakirodalmakat a későbbi fejezetrészekben közlöm.

Az ár- és belvíz, mint hidrológiai jelenség, valamint a vízkárok elleni védekezés vízügyi szakmai vonatkozású tudományos eredményeinek, továbbá a vízkárokkal kapcsolatos biztonság kérdéskörének bemutatását Pálfai Imre [3], Rakonczai János [2], Fejér László [1] [24], Szlávik Lajos [4] [25], Nagy László [26], Vágás István [27], Kozák Péter [28] [29] és Láng István [30] szakcikkei alapozták meg. Számomra a jogi szakterület ár- és belvízvédekezéssel foglalkozó anyagait Gerencsér Balázs [31] munkája segítette. A felsorolt szakirodalmi anyagokat hivatkozással a vonatkozó fejezetekben teszem közzé. A belvízzel és földárja jelenséggel kapcsolatos kutatásokban nem találkoztam a belvízrendszerek, illetve azok talajvízből eredő terhelésének meghatározásával, a területhasználat megváltozásából eredő hatások számszerűsítésével foglalkozó anyagokkal. A korábbi, mintegy 40 éves méretezési elvek új környezetbe ültetése a szakmai munkákba még nem került átgondolásra. A belvízbiztonsággal kapcsolatos gondolataimat Nagy László árvízzel kapcsolatos megállapításai alapozták meg.

A kutatásomat lassította a belvízhez kapcsolódó szerteágazó szakterületeken folytatott kutatómunka. A belvíz modellezésének megvalósítása során egyre több kérdés merült fel bennem, amelynek egy-egy kisebb kutatás lett az eredménye. Ennek során más doktori iskolák PhD dolgozatát is felhasználtam, amelyeket a földtudomány, a természettudomány, az információs rendszerek, a talajtan, a hidrogeológia szakterületén publikáltak. Néhány fontosabb

doktori tanulmányt kiemelve ezek Balázs Boglárka belvíz-veszélyeztetettség vizsgálatával foglalkozó [32] és Forgóné Nemcsics Mária belvízkár elhárító rendszerek mezőgazdasági vonatkozású dolgozata [33], amelyek a belvíz különböző szempontú megközelítéseit tárták fel, azonban a belvízrendszerek terhelésének meghatározásával ők sem foglalkoztak.

A talajtan és a talajok hidrológiai tulajdonságainak, a szivárgási tényezőinek megállapítása, a növényzet levélborítottsági indexe és a gyökérmélység meghatározása, az evapotranspiráció és talajnedvesség meghatározása és változása csak néhány azon adatok közül, amelyeket a belvíz, mint természeti jelenség modellezésénél szükséges bemenő adatként megadnunk a program számára.

A földárja jelenséggel kapcsolatos kutatásomhoz felhasznált szakirodalom jellemzően a Völgyesi Mérnöki Iroda [34], Pálfai Imre [2] [35], Rakonczai János [2], Körösparti János [10], Bozán Csaba [10] és Treitz Péter [37] publikációi voltak. Szélesebb körben ide tartoznak a feltörő vizekkel és szikes tavakkal foglalkozó szakcikkek is. Az általános hazai vélekedéssel szemben, mely szerint a belvíz és a földárja jelenség hazai sajátosság [3] ellenpéldaként említem, hogy a vízfeltörések a világ több pontján is jelen vannak. A jelenségről már 1882-ben feljegyezték, hogy Strasbourg környékén a Rajna-völgyében, valamint a Szajna-völgyében Párizsban is tapasztalták a földárját.[39] A „groundwater flooding" (talajvízfeltörés) szakirodalma Európa más országaiban is kifejezetten szerteágazó. A British Geological Survey (Brit Geológiai Kutatóintézet), valamint a Delfti Egyetem (Hollandia) publikációi alapján Ausztrália, Amerika, Arab félsziget, Kína, Európa számtalan területén folytak és folynak kutatások e témában. [39]

Kutatásom során megállapítottam, hogy az uniós feladatok teljesítése kapcsán (pl. árvízi kockázati térképezés) jelent meg számos publikáció, valamint a térinformatikai-technikai alkalmazásokkal kapcsolatos cikkek is egyre nagyobb számban érhetőek el, amelyet a belvízi kockázatok és a modellezési témám kutatása során is hasznosítottam. [40] [41] [43] [44]

Kutatásaim során figyelembe vettem a vonatkozó szakági stratégiákat, így a Nemzeti Vízstratégiát, a Kvassay Tervet [7], a Nemzeti Vidékstratégiát, a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiát, a Nemzeti Környezetvédelmi Program irányelveit és uniós irányelveket is (pl. EU Duna Régió Stratégia). Ezek közül kiemelem a Víz-Keretirányelv célkitűzéseit és a megvalósítását célzó hazai Vízgyűjtő-gazdálkodási Terveket [45], valamint az Árvízkockázat Kezelési Irányelv célkitűzéseit. [7: 6]

Kutatásom során felhasználtam az Állami Számvevőszék ár- és belvízvédekezésre, önkormányzati védelmi tevékenységre vonatkozó vizsgálatainak eredményeit is [46] [47], továbbá az MTA 2011-ben publikált Magyarország vízgazdálkodása helyzetkép és stratégiai feladatok című dokumentációját is. [8]

A külföldi szakirodalom jellemzően a klímaváltozáshoz kapcsolódó víztöbbletek kezeléséhez, a megváltozott területhasználatok által generált vízkár helyzetek, valamint az egyének és önkormányzatok alkalmazkodóképességének növeléséhez kapcsolódik.

A határvízi egyezmények kutatása során nem csak az egyezmények szövegezését és történetiségét kutattam, hanem számos interjút készítettem az egyezmények végrehajtásában résztvevő kollégákkal. Megvizsgáltam az EU-ban más országok gyakorlatát is, különös tekintettel a belvízvédekezésben az egyéni felelősségvállalást és az állami szerepvállalást.

1. FEJEZET: A BELVÍZVÉDEKEZÉS NEMZETKÖZI VONATKOZÁSÁNAK VIZSGÁLATA

1.1. A belvízvédekezés és katasztrófavédelem nemzetközi kitekintésben

A belvízvédekezés hazai sajátosságainak megértéséhez szükséges annak történetiségének és nemzetközi relációinak is megismerése. A belvízvédekezés a vízkárelhárítási egyik eleme, kiterjedt belvíz esetén is bekövetkezhet katasztrófa[3], így a belvízvédelem része a katasztrófavédelmi intézményi rendszernek is, amely szintén nemzetközi jogszabályok és keretrendszer mentén működik.

A klímaváltozás szcenárió kutatói a hidrológiai szélsőségek fokozódását vetítik előre a világon, így hazánkban is. A már jelenleg is tapasztalható szélsőséges vízgazdálkodási helyzetek (vízhiányos és vízbő időszakok egyidejű jelenléte) országhatárokon átnyúló hatása megerősíti a nemzetközi együttműködés szükségességét a katasztrófavédelem és a vízgazdálkodás szempontjából is.

A belvíz, mint vízkár esemény alapvetően lokális káreseménynek tekinthető. Ezért a belvizek elleni sajátos védelmi tevékenység nemzetközi vonatkozásai kevésbé ismertek és publikáltak, az árvízi katasztrófa és árvízvédekezés témakörében. A belvízvédelem a Kárpát-medence és a területileg illetékes országok sajátos földrajzi adottságai miatt a együttműködéseket kényszerít ki a szomszédos tagállamokkal. Dolgozatomban ezért nagy hangsúlyt fektettem hazánk belvízvédekezése kapcsán a releváns nemzetközi hatások feltárására, ismertetésére és elemzésére.

A belvízvédekezési tevékenységet, mint a vízgazdálkodás egyik elemét, nemzetközi egyezmények és jogszabályok is szabályozzák, ahogyan a katasztrófavédelmi tevékenységet is. Hazánkat, mint az Európai Unió, ill. ENSZ tagját számos egyezmény kötelezi együttműködésre és jogharmonizációra.

A vízkárok elleni védekezési tevékenységet, így a belvízvédekezést is az országhatárokkal osztott vízgyűjtőterület az országhatárokat átszelő csatornák és vízrendszerek

[3] *Katasztrófa definíciója a 2011. évi CXXVIII. törvény szerint:"* a veszélyhelyzet kihirdetésére alkalmas, illetve e helyzet kihirdetését el nem érő mértékű olyan állapot vagy helyzet, amely emberek életét, egészségét, anyagi értékeiket, a lakosság alapvető ellátását, a természeti környezetet, a természeti értékeket olyan módon vagy mértékben veszélyezteti, károsítja, hogy a kár megelőzése, elhárítása vagy a következmények felszámolása meghaladja az erre rendelt szervezetek előírt együttműködési rendben történő védekezési lehetőségeit, és különleges intézkedések bevezetését, valamint az önkormányzatok és az állami szervek folyamatos és szigorúan összehangolt együttműködését, illetve nemzetközi segítség igénybevételét igényli."

miatt a szomszédos országokkal megkötött nemzetközi egyezmények, úgynevezett határvízi egyezmények is szabályozzák. [9: 18]

A klímaváltozás a hasznosítható vízkészletek változását is okozza, így a vízhiányos időszakok elleni védelem erősödésének kényszere miatt a belvízvédekezés nemzetközi gyakorlatának folyamatos felülvizsgálatát is igényli. [9: 20]

Kérdés, hogy a gyakorlat és a releváns szabályozók milyen lehetőségeket adnak a Feleknek, így hazánknak, a vízkárok elleni védelem, így a belvízvédelem és az egyre sürgetőbb vízhiányok elleni védekezés kapcsán, továbbá milyen lehetőségek vannak a határvízi egyezmények újra tárgyalásával az érdekeik érvényesítésére.

1.2. Klímaváltozás várható hatása a víztöbbletekből és vízhiányból eredő vízkárok elleni védekezés helyzetére

A belvíz, mint természeti jelenség jövőbeni megjelenése alapvetően függ a klímaváltozás lehetséges hatásaitól. Tekintettel arra, hogy ugyanazon vízgyűjtő területen jelenik meg hazánkban az aszály és a belvíz, továbbá a kettősműködésű rendszerekben a védekezés feladat-ellátása is ugyanazon infrastruktúrán történik, a belvíz mellett az aszály kérdéskörének párhuzamos vizsgálata nélkülözhetetlen. Különösen abból a szempontból, hogy a víztöbbletek elleni vízkárelhárítási tevékenység kedvezőtlen hatást okoz/okozhat a vízhiányok elleni védekezés szempontjából. A klímaváltozás hazánkra vonatkozó előrejelzését ebből a szempontból is vizsgálni kell.

Az éghajlatváltozással kapcsolatos szcenáriók és elemzések a mai napig folyamatosan jelennek meg. Egyes vélekedések szerint a klímaváltozás a Föld történetének természetes velejárója. Így például ismert a „középkori meleg időszak”, majd az ezt követő a késő középkori, újkori „kis jégkorszak” két szélsőséges éghajlati időszak, amelynek érdekessége, hogy ez utóbbi időszak a Kárpát-medencében tovább megmaradt, mint a Föld többi részén. [48: 272]

A klímaváltozás ténye az utóbbi évtizedben általánosan elfogadottá vált. Az 1990-es évek óta megélénkülő vizsgálatok eredményeit ma már, így például a csapadékviszonyok várható megváltozását is, tényként és reális szcenárióként kezeljük. Az IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, azaz Éghajlatváltozási Kormányközi Testület) jelentése a hőmérséklet növekedését és a szélsőséges időjárás következtében előforduló gyakoribb káreseményeket, az extrém esőzések következtében kialakuló árvízi és belvízi

eseményeket, valamint az aszály gyakoriságát vetíti előre. [49] A Nemzeti Éghajlat-változási Stratégiához kapcsolódó tanulmányok szerint a szélsőséges időjárási események gyakoribbak és intenzívek lesznek.

Az éghajlati előrejelzések és különböző forgatókönyvek többsége Magyarországon és a Kárpát-medencében a 21. századra a hőmérséklet növekedését és az éghajlat szárazodását jelzik. Szezonális eltéréssel, minden évszakban, jelentős térbeli változatossággal, számítani lehet a hőmérséklet emelkedésére, különösen az Alföldön. Hasonlóan időszakos eltérés tapasztalható majd az éves csapadék mennyiség változásában is, amely viszont jelentős szezonális eltolódásokkal, de összességében csökkenni fog (ezzel együtt a téli időszakban a csapadék mennyiségének növekedése várható). [50]

Szegedi Egyetem kutatói hasonló eredményt közöltek, mely szerint a korábbi elemzések szerint az elmúlt 100 évben a Kárpát-medencében a csapadékintenzitási index a nyári félévben növekedett. A klímaváltozás szcenáriók szerint hasonló mennyiségű, de évi megjelenésben átrendeződő csapadékot várhatunk. A nyári félév kb. 20%-os csökkenését a téli hasonló növekedése kiegyenlíti, de a nagyobb intenzitású csapadékok számának emelkedése az intenzitás növekedését jelzi. [51] A csökkenő mennyiségű, de intenzívebb (rövidebb idő alatt lehulló) csapadékok beszivárgási folyamata megváltozik, ezzel együtt a vízelvezető rendszert érő terhelések is megváltoznak. A levegő magasabb hőmérséklete miatt a párolgás növekszik, ezzel együtt a megváltozott beszivárgás az aszálykárok mértékét súlyosbítja majd. [52] [53]

A fentiekben ismertetett klímaváltozás előrejelzése alapján a földárja-jelenség előfordulása kapcsán elviekben csökkenő tendenciára számíthatunk. A csapadékok szélsőséges intenzitású megjelenése nem kedvez a mélységi beszivárgási folyamatoknak. A hőmérséklet várható emelkedése szintén nem kedvez a földárja-jelenség kialakulásának, hiszen a vizsgálatok alapján a földárja megjelenése előtt hosszú, az átlagosnál nedvesebb és hűvösebb időszak szükséges, amikor a párolgás helyett a csapadék beszivárgási folyamatok dominálnak. [3]

A releváns szakirodalmi megállapítások is előre jelzik, hogy egyaránt fel kell készülni aszályra, belvízre és árvízre is, a vízkárokkal kapcsolatos katasztrófákra. Törekedni kell a katasztrófahelyzetek megelőzésre, a károk csökkentésére, a károk után a helyreállításra, a kapcsolódó jogszabályi háttér és a kártérítés lehetőségének megteremtésére. [6] [17] [21] [54]

Összességében a klímaváltozás előrejelzései alapján a szélsőséges időjárási körülmények hatására a mai viszonyoknál is szélsőségesebbé váló vízgazdálkodási

körülmények által okozott vízkárok (ár-, belvíz, aszály) elleni küzdelemre nemzetközi vonatkozásban is számítani kell, a védekezés végrehajtása helyei és nemzetközi szinten összefogást igényel.

1.3. A katasztrófavédelem nemzetközi vonatkozásai

Elsősorban a vizek többletéhez és a vizek hiányához kapcsolódó természeti katasztrófák és káresemények vizsgálatával foglalkoztam. A Katasztrófák előfordulását Kutató Központ Nemzetközi Katasztrófa Adatbázisának (rövidítve CRED EM-DAT) adatai szerint a 2000. és a 2016. évek között a természeti katasztrófák áldozatainak száma megközelítette az 1,3 millió főt, a káros hatások a föld teljes lakosságának mintegy 47 %-át közvetlenül érintették. Az anyagi kár ezen időszak alatt, globális szinten 1,9 ezer milliárd dollárra becsülhető. Ha hosszabb időintervallumot vizsgálunk, akkor 1950-2016 közötti időszakra vetítve összesen 2,89 trillió dollár az anyagi kár becsült nagysága, amely időszak főbb katasztrófa eseményeit számszerűsítve az *1. táblázatban* mutatok be. [20]

1. táblázat. A természeti katasztrófák előfordulása 1950-2016. időszakban katasztrófatípusonként *forrás: CREM EMDAT* [20: 39]

Katasztrófa típusa	Események száma	Halottak száma	Sérültek száma	Érintettek száma	Kár összege [ezer USD]
Szárazság	669	2 211 294	0	2 631 878 014	145 885 305
Földrengés	**1 165**	**1 392 015**	**2 695 845**	**192 190 923**	**800 658 627**
Járványok, fertőzések	1 456	248 185	651 165	28 597 962	230 132
Extrém hőmérséklet	532	184 214	1 971 915	101 061 504	62 866 343
Árvizek	**4 678**	**2 384 437**	**1 360 672**	**3 630 018 955**	**719 726 794**
Földcsuszamlás	709	48 364	11 106	14 039 037	9 932 598
Vihar	**3 784**	**973 169**	**1 365 609**	**1 010 878 870**	**1 083 689 039**
Vulkanikus aktivitás	216	34 509	11 561	6 487 989	3 830 348
Erdőtűz	396	2 334	7 335	6 522 516	62 717 475
Meteor	1	0	1491	301 491	33 000
Összesen	**13 606**	**7 478 521**	**8 076 699**	**7 621 977 261**	**2 889 569 661**

Az 1. táblázat katasztrófákat összesítő adatai alapján jól látható a vizekkel kapcsolatos katasztrófák jelentősége. A vízbő időszakok kártételei, azaz az árvízi katasztrófák az összes katasztrófa kártételének a 25%-át okozta. A katasztrófákkal érintett összes lakosság 47 %-a árvízi károkozással érintett területen él. A vízhiány, azaz a szárazság által okozott halálesetek száma hasonló nagyságrendet képvisel, mint az árvízi katasztrófák. Összesítésben a katasztrófák 30 %-át a szárazság és 32 %-át az árvizek okozzák. [20] [54]

A katasztrófák elleni védekezés és a kockázatok csökkentésének nemzetközi tevékenysége és keretrendszere az elmúlt évtizedekben jelentős változáson, fejlődésen ment át. Az 1960-as években az ENSZ elsősorban a katasztrófák következtében kialakult károk és veszteségek felmérését és elemzését végezte el. A ’70-80-as években a természeti katasztrófák esetében áthelyeződött a hangsúly a nemzetközi segítségnyújtásra. Ezzel egyidejűleg nemzetközi és nemzeti szinten is megjelent a katasztrófák káros hatásai ellen tervezési folyamat. Az 1990-2000 időszakban továbbra is a természeti katasztrófák hatásának csökkentése volt elsődleges szempont. Ennek keretében 1994-ben hozták létre a Yokohama stratégiát és akciótervet, amelyet Japánban a Természeti Katasztrófák Csökkentésének Világkonferenciáján fogadtak el az ENSZ tagállamok. A stratégia alapján a tervezés során az emberi életek mentése és a vagyon védelme áll a középpontban. Emellett megfogalmazták egy globális megelőzési rendszer kifejlesztésének igényét. [21: 63]

A 2000-es évektől napjainkig tartó időszakban a korábbiaktól eltérően a katasztrófák káros hatásainak kezelése helyett a katasztrófa kockázatok csökkentésére helyezték a hangsúlyt. 2005-ben a Japánban a Katasztrófa Csökkentési Világkonferencián fogadták el a Hyogói keretegyezményt, amely a katasztrófacsökkentés szellemében született meg. A stratégiai célokat 168 ország kormányzata fogadta el.

2015-ben szintén Japánban, a III. Katasztrófa kockázat csökkentési Világkonferencián az ENSZ tagállamok aláírták a Sendai Keretrendszert. Ebben 2015-2030 időszakra hét célkitűzés megvalósítását négy prioritás mellett vállalták a tagállamok 2030-ig. A 4 fő prioritást a katasztrófa kockázatok megértése és elemzése, a szabályozási folyamatok megerősítése, az ellenállóképesség (reziliencia) növelése, a hatékony reagálás fejlesztése képezik. Fontos célkitűzés a nemzeti és helyi katasztrófa csökkentési stratégiával rendelkező országok számának növelése, továbbá a katasztrófavédelemmel kapcsolatos tudást a fejlődő országok számára is elérhetővé kell tenni. Nagy hangsúlyt kapott a lakosság katasztrófa- kockázattal

kapcsolatos tájékoztatásának és a veszély-előrejelző rendszerek elterjesztésének szükségessége. [21: 64]

A veszélyes anyagokkal, az egyes ipari tevékenységekkel járó súlyos baleseti kockázatok értékelésével az 1982-ben kiadott Seveso I. Irányelv[4], foglalkozott először átfogóan. 1997-ben megszületett a Seveso II. irányelv, majd az Európai Parlament és a Tanács 2012-ben elfogadta a SEVESO III. irányelvet. [55] Ezen irányelvek a vízgyűjtőhatárokon átnyúló egyezményekre, a nemzetközi vízügyi egyezményekre is jelentős hatást gyakorolnak.

A hazai katasztrófavédelmi igazgatási rendszer, a kockázatalapú védekezési rendszer, a polgári lakosság védekezési feladatokba történő bevonásának gyakorlata hazánk EU-s csatlakozását követően átalakult. Ennek egyik dokumentuma az Európai Parlament és a Tanács 1313/2013/EU határozata az uniós polgári védelmi mechanizmusról, majd ennek a határozatnak módosítása a 2019/420 határozat, továbbá a 2015/C 261/03 A Bizottság Közleménye Iránymutatás a kockázatkezelési képesség értékeléséhez dokumentuma. [20] [21]

Az uniós egységes szabályozás részeként lépett életbe a kockázat-értékelés, amely hazánkban a katasztrófavédelmi rendszer megújításakor, a katasztrófavédelmi jogszabályok átdolgozásával lépett életbe. Ennek során, a települések kockázatértékelése és katasztrófavédelmi osztályokba történő sorolásának módszertana, a katasztrófavédelmi törvény végrehajtási rendeletében [56] [58] kerültek szabályozásra. [5] [6] A víztöbbletek, az ár- és belvíz vonatkozásában elkészültek a kockázatkezelési tervek. [60]

1.4. A víz értéke és a vízkárok jelentősége nemzetközi kitekintésben

A belvízvédekezés, egy-egy terület belvízmentesítése, jellemzően lokális védelmi feladatot jelent, azonban hazánk esetében a határokkal osztott vízgyűjtő miatt a nemzetközi védelmi intézkedésekre is szükség lehet, amely adott esetben nem csak a vízügyi szervezetek közötti, hanem katasztrófavédelmi szervezetekkel történő együttműködést is jelenthet.

Talán ellentmondásosnak tűnhet a belvízzel kapcsolatos disszertációban a vízhiánnyal kapcsolatos konfliktusokra utalni. Azonban a klímaváltozással erősödő vízjárási szélsőségek a térségünkben is hatással lesznek nemcsak a víztöbbletek elleni, hanem a vízhiányos időszakokban szükséges védekezési tevékenységre és intézkedésekre, amelynek nemzetközi vonatkozásai is vannak és lesznek.

[4] Európai Gazdasági Közösségek Tanácsa 1982. június 24.-i 82/501 EGK számú Irányelve

A víztöbbletek mellett egyre gyakrabban jelennek meg a vízhiányból adódó káresemények, s amint az előző fejezetben kifejtettem, a szárazság, mint katasztrófa, áldozatokat is követel. A víztöbbletek és vízhiányos helyzetek a szomszédos országok közötti összeütközést mélyíthetik. [59]

Erre példaként Közel-Keletet említem, ahol a „Termékeny félhold" övezetében szakértők szerint az érintett területnek az éghajlatváltozás miatt legfeljebb egy évszázada lehet még hátra a teljes kiszáradásig. A vízhiányos térségekben már ma is gyakorta katonai konfliktus fejlődik ki a vízkészletek birtoklásáért. Ilyen helyzetek alakultak ki már az 1960-as évektől kezdve a mai napig tartóan Izrael, Libanon és Szíria között, a Krím félszigeten 2014-ben, de hasonló konfliktus alakult ki számos helyen, az afrikai kontinensen is, így pl. Etiópia és Egyiptom között. [59]

A vízkészletek méltányos elosztása és a vízhiányos időszakok kártételei elleni védekezés a Kárpát-medencében a hazánkkal szomszédos országok között is egyre komolyabb kérdésként merül fel. Továbbá a vízkonfliktusok már nem csak országhatárokon kívül jelennek meg, hanem a vízhiánynak kitett területeken már ma is jelen van, így például hazánkban is a Duna-Tisza-közi homokhátságon, ahol a vízhiányos időszakokban hiányzó vízkészletek pótlására lehetőséget jelenthet a ma még „károkozóként" számon tartott belvíz.

2015-ben az ENSZ Világfórumon fogadták el a *fenntartható fejlődés* 17 célkitűzését, amelynek 6. célkitűzése, hogy 2030-ig mindenki számára biztosítsák a vízhez és szanitációhoz (köztisztasághoz) történő hozzáférést és a fenntartható vízgazdálkodást. [61]

A víz az élet alapja, természeti érték és korlátozott erőforrás, a globalizáció által veszélyeztetett, hozzáférhetősége a világ számos pontján korlátozott. Ezért a vízkincs és vízkészlet védelmére számos nemzetközi egyezmény született. A víz fontosságára, a problémákra és a sürgető megoldásokkal kapcsolatban az utolsó, 1977-es argentin víz világtalálkozót követően 36 évvel később Magyarország hívta fel a figyelmet 2018-ban a Budapesti Víz Világtalálkozón. [62]

A 2019 októberében rendezett 3. Budapesti Víz Világtalálkozó a vízválság hatásainak elkerülésére paradigmaváltást javasolt. Új, innovatív, digitális megközelítést ajánlott az információ gyűjtésére, feldolgozására és a különböző szintű döntéshozatalban való alkalmazására. [63]

1992-ben a Nemzetközi Környezet és Fejlődés Konferencián elfogadták a *Riói Egyezményt a biológiai sokféleségről.* Az ENSZ közgyűlés ezt követően kezdeményezte a Víz

Világnapjának megünneplését minden év március 22-én. Célja, hogy minden évben aktuális jelmondattal ráirányítsa a figyelmet az elérhető tiszta víz fontosságára és az édesvízkészletek veszélyeztetettségére.

A 1992. évi *Helsinki Egyezmény* a felszíni és felszín alatti vizek védelmét, továbbá a vizeket érő káros hatások csökkentését és a vízgazdálkodási problémák kezelését tűzte ki célul. Az egyezményt elfogadó kormányok vállalták a határvizek szennyezéseinek megelőzését és csökkentését, a határvizek megfelelő vízgazdálkodását, a vízkészletek ésszerű és méltányos használatát. Az egyezmény főbb alapelvei az elővigyázatosság elve és a szennyező fizet elve, továbbá az integrált megközelítés a vízgazdálkodást érintő helyi és regionális tervezés kapcsán. [64]

Az *1994. évi Szófiai Egyezmény* a Duna védelmére és fenntartható használatára irányuló együttműködés alapként szolgál hazánk érintett határvízi egyezményeiben. Jogi eszközként jelenik meg a határon átnyúló vízkezelés és együttműködés kérdéskörében. A fenntartható és méltányos vízgazdálkodás elérése érdekében főbb célkitűzése a felszíni és felszín alatti vizek megőrzése, javítása és ésszerű használata, az árvizekkel, a jégveszéllyel és a veszélyes anyagok miatti balesetekkel kapcsolatos kockázatok megelőzése, továbbá a Fekete-tengerbe jutó szennyeződések mértékének csökkentése. Az aláíró nemzetek összehangolják a nemzeti és nemzetközi szinten tervezett és végrehajtandó intézkedéseket. [64]

Az EU-s tagországok vizek védelmével kapcsolatos tevékenységét és együttműködését további egyezmények is szabályozzák, amely közvetetten a vízkárelhárítási tevékenységre is hatással van. Ezek közül kiemelem a nemzetközi jelentőségű vízi utakról szóló Európai Megállapodást (AGN) (Genf, 1996); az országhatárokon átterjedő környezeti hatások vizsgálatáról szóló Espoo-i Egyezményt (1991), valamint a nemzetközi jelentőségű vadvizekről, különösen, a vízimadarak tartózkodási helyéről szóló Ramsari Egyezményt (1971).

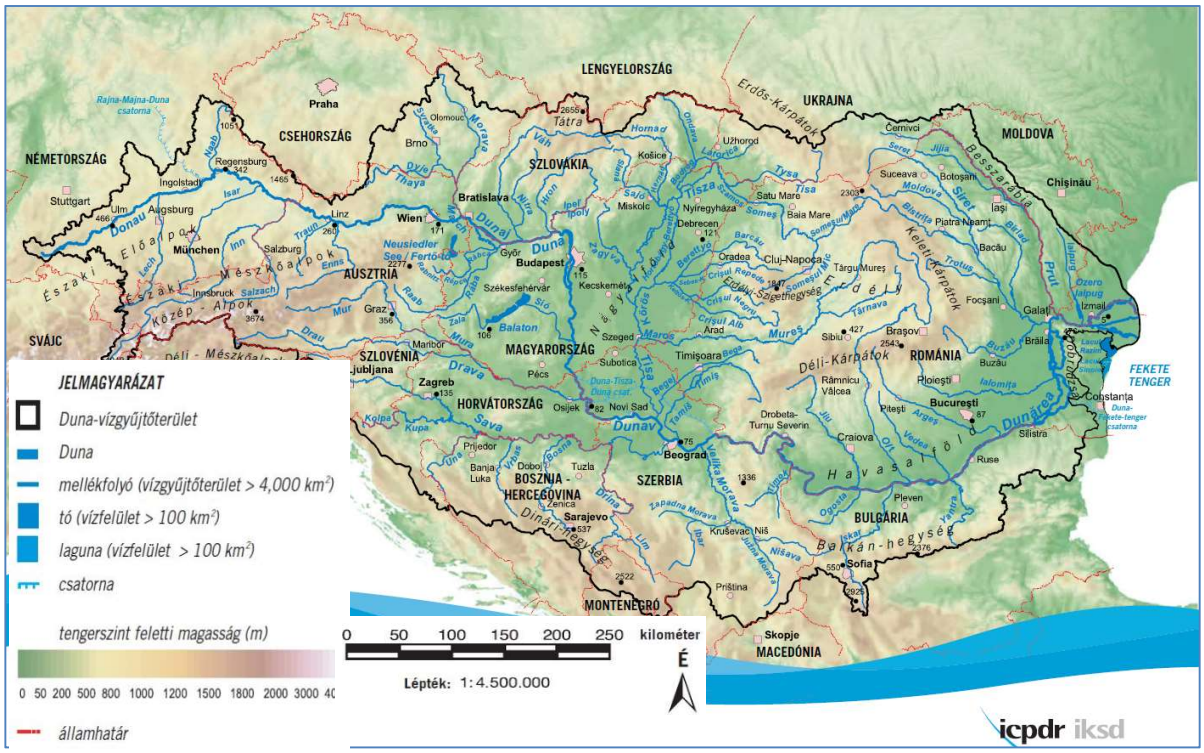
Az EU-s tagországok számára, így hazánk számára is kötelező, Szerbia önként vállalt kötelezettsége az Európai Parlament és Tanács 2000/60/EK irányelve, a Víz Keretirányelv (rövidítve VKI). Ez a jogszabály a nemzetközi vízgazdálkodási együttműködésekben alapvető szemléletváltozásokat hozott, így a hazai vízgazdálkodásban is. Az irányelv fő célkitűzése a vizek vízgyűjtőszemlélet alapján történő megközelítése mellett a vizek jó állapotának elérése, a vizek védelme, amely elsősorban ökológiai alapokra helyezte a vízgazdálkodást. A VKI a

kapcsolódó jogszabályain keresztül valósítja meg a vízvédelmet és járul hozzá a vizek terhelésének csökkentéséhez. [9: 13] [65]

A VKI végrehajtásának első lépéseként Magyarország első vízgyűjtő-gazdálkodási terve (VGT1) 2010 áprilisában készült el, majd a 6 éves felülvizsgálati ciklus alapján jelenleg már a VGT3 tervezési ciklus van folyamatban. Itt jegyzem meg, hogy hazánkban korábban is vízgyűjtő-szemlélet megközelítés volt a vizekkel való gazdálkodás alapja, amely nem csak a korai vízimunkák és folyószabályozások tervezését hatotta át, de a később megalakított vízügyi igazgatóságok működési területében is testet öltött. [66]

A Víz Keretirányelv alapelvei mentén szükséges a 2007/60/EK Irányelv alapján az árvízi kockázatok értékelése és kezelése hazánkban is, amely meghatározza a belvízvédekezések kapcsán végrehajtható intézkedéseket.[58] Hazánk belvízkockázattal kapcsolatos értékelésével a 3.1. fejezet foglalkozik részletesebben.

A Duna régióban az egyezmények és a VKI irányelv végrehajtásának társadalmi támogatására alakult a Nemzetközi Duna-védelmi Bizottság (International Commission for the Protection of the Danube River - ICPDR). Az *1. ábra* a Duna vízgyűjtőn érintett országokat mutatja be. [67]



1. ábra. A Duna-vízgyűjtő országai áttekintő helyszínrajza *(forrás: ICPDR)* [67]

Az 1.2. fejezetben ismertettem a klímaváltozás vízgazdálkodásra gyakorolt hatásait, amely hatással lesz a nemzetközi vízvédelmi együttmüködésekre és vízgyűjtőgazdálkodási tervezésre is. „A klímaváltozás hatásainak kb. nyolcvan százaléka vízzel, vízen keresztül és víz által manifesztálódik, így a fenntartható vízgazdálkodás, vizeink védelme az emberiség és életfenntartó ökoszisztémái fenntarthatóságának kulcskérdése.” [68]

A klímaváltozás térségünkben tovább fokozza az egyezményekben foglalt kötelezettségek teljesítésének fontosságát és az egyezmények fejlesztésének szükségességét, így a víztöbbletek elleni védekezés mellett a vízhiányos időszakokra vonatkozó egyeztetett és elfogadott intézkedések meghatározását is szükségessé teszi a jövőben.

1.5. Belvízvédekezés a határvízi egyezmények tükrében

Az 1.4. fejezetben ismertetett nemzetközi egyezmények adnak keretet hazánknak a határ menti országokkal megkötött vízgazdálkodással és vízkárelhárítással, így a belvízvédekezéssel kapcsolatos egyezmények végrehajtásához.

„Magyarországra a Kárpát-medencében elfoglalt földrajzi helye alapján kijelenthető, hogy a szomszédos országok környezeti és civilizációs kockázatai hazánk környezeti biztonságára hatással vannak, és Magyarország is befolyásolja más, környező országok környezeti biztonságát.” [54: 83]

A Kárpát-medencében a 19-20. században kialakított egységes vízrendszert az I. világháborút követően megalakult új államok országhatárai szétszabdalták. A mai Magyarország területének belvízrendszerében a határ menti területeken helyi sajátosságként megjelennek az országhatárokat metsző vízfolyások, csatornák. A határral osztott vízrendszerekben hazánk egyrészt alvízi, azaz a szomszéd ország területéről vizeket saját rendszerébe befogadó, másrészt felvízi, azaz a szomszéd ország területére vízátvezető helyzetbe került. Ezért a határ menti síkvidéki területeken eredményes belvízmentesítés csak a szomszédos országokkal történő együttműködésben végezhető. [69]

A 19. század végére a történelmi Magyarországon korszerű ár- és belvízvédelmi művek épültek ki, amely vízrendszerek biztosították a települések és a mezőgazdasági területek vízkárok elleni védelmét. A védelmi művek megépítését a területileg érdekeltek által megalakított ármentesítő, valamint lecsapoló-belvízelvezető és vízhasználati társulatok végezték. [3] [24]

Az első világháborút követően hazánk és a szomszédos területek egyedülálló vízgazdálkodási helyzetére tekintettel a Trianoni békeszerződésbe [70] bekerültek a III. fejezet, Vízügyi rendelkezések 292. és a 293. cikkelyei, amelyek a későbbi, szomszédos államok között megkötendő vízügyi egyezmények jogalapjául szolgáltak. [71]

A 292. cikk megállapította a *közös érdek* fogalmát. Az államok között olyan megállapodást kell létesíteni, amely mindegyikük érdekeit és szerzett jogait biztosítja. Előírta az államok közötti megállapodás megkötésének szükségességét: ha az új határ következtében valamely államban a vízrendezés más állam területén végzett munkálatoktól függ, vagy ha valamely állam területén olyan vizeket vagy vízierőt használnak fel, amelynek eredete más állam területén van. [70] [71]

A 293. cikk biztosította a vízügyi rendelkezések egységességét és rendelkezett a vízrajzi előrejelzéshez szükséges adatszolgáltatásról. Meghatározta a területek felett állami fennhatóságot gyakorló államok közös érdekében az Állandó Vízügyi Műszaki Bizottság felállítását, amely szervezetben a területileg érdekelt államok egy-egy delegált képviselőt biztosítottak. [71]

Hazánk és a szomszédos országok közös érdeke volt a határon átnyúló vízügyi egyezmények létrehozása és a vizekkel kapcsolatos kérdéskör együttműködésben történő kezelése. Magyarország, az akkori öt szomszédos országgal kétoldalú egyezményben rendezte a vízügyi kérdéseket. Romániával és Szovjetunióval 1950-ben, Jugoszláviával 1955-ben, Ausztriával 1956-ban és Csehszlovákiával 1976-ban került aláírásra a megállapodás. Az egyezmények az úgynevezett közös érdekeltségű területekre terjednek ki. Ezen területek jellemzője, hogy az ott történő vízgazdálkodási változásoknak, beavatkozásoknak jelentős határon átterjedő hatása lehet.

A szomszédos ország vízrendszerének nem megfelelő állapota, illetőleg elégtelen működése a kapcsolódó, országon átnyúló vízgyűjtőterületeken súlyos károkat is okozhatnak. Így történt ez például az első világháborút követő nehéz gazdasági helyzetben is, amikor a belvízelvezető-rendszerek karbantartása, illetve a megrongálódott vízrendezési művek újjáépítése elmaradt. Emiatt 1940-ben, a rendkívül csapadékos időjárás következményeként katasztrofális belvízi elöntések és károk keletkeztek. [69]

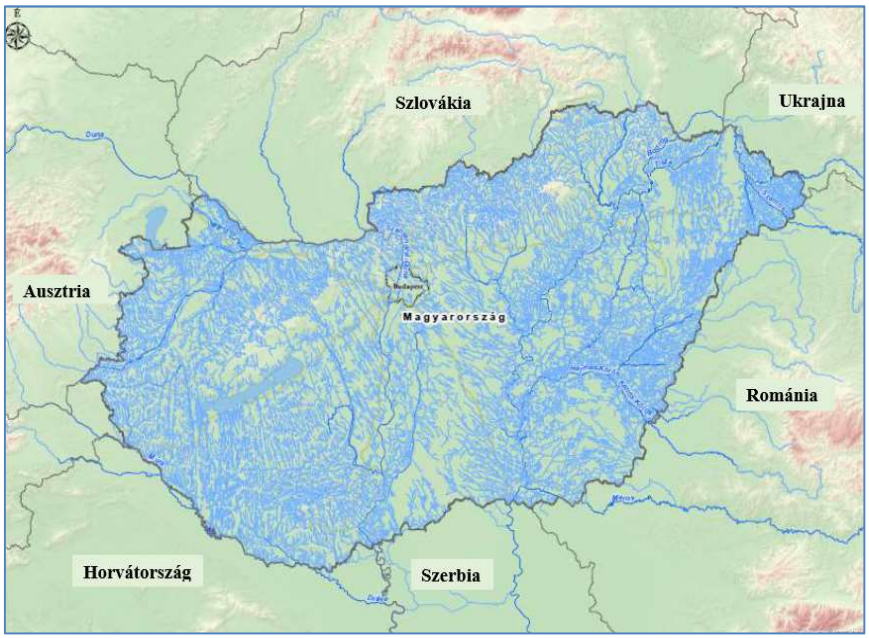
A térségünkben lezajlott társadalmi-politikai változások az új államok megalakulásával a határ menti egyezményekben is változást hoztak, hiszen a vízgazdálkodási és vízkárelhárítási kérdések rendezése minden ország alapvető érdeke. Az egyezményeket a folyamatos átalakulás

jellemzi. Hazánk és a szomszédos országok EU-s csatlakozását követően az új közösségi rendelkezések elvárásai megjelentek a megállapodásokban is.

1.6. Magyarország hatályos határvízi egyezményei

Magyarországon a vízgazdálkodásról szóló 1995. évi LVII. törvény határozza meg az állam vízgazdálkodási feladatait, melynek 2. § (1) bekezdésének c) pontja rendelkezik az állam nemzetközi együttműködésből adódó vízügyi feladatok ellátásáról. [72]

A *2. ábra* mutatja be hazánk vízrendszerét és a szomszédos országokat. A szomszédos országokkal határvízi egyezmények biztosítják a vízgazdálkodási és vízkárelhárítási feladatok ellátását az országhatárok mentén és a határon átnyúló vízrendszerekben.



2. ábra. Magyarország vízrendszere és a szomszédos országok
(szerkesztette a szerző) [64]

A határvízi egyezményeket jogszabályban történő közzététellel hirdetik ki. A kormányközi megállapodások kihirdetésének hazai jogszabályban való megjelenését megnevezéssel és az egyezmény megkötésének időpontjával összefoglalóan a *2. táblázatban* teszem közzé.

2. táblázat. Magyarország hatályos határvízi egyezményei *(készítette a szerző)*

Szomszédos ország	**Egyezmény megnevezése**	**Egyezmény kelte**	**A kihirdetés módja**
Ausztria	Egyezmény az Osztrák Köztársaság és a Magyar Népköztársaság között a határvidék vízgazdálkodási kérdéseinek szabályozása tárgyában	Bécs, 1956. április 9.	1959. évi 32. törvényerejű rendelet
Szlovákia	A Magyar Népköztársaság Kormánya és a Csehszlovák Szocialista Köztársaság Kormánya között a vízgazdálkodási kérdések szabályozásáról	Budapest, 1976. május 31.	55/1978. (XII.10.) Minisztertanácsi rendelet
Ukrajna	A Magyar Köztársaság Kormánya és Ukrajna Kormánya között a határvizekkel kapcsolatos vízgazdálkodási kérdésekről	Budapest, 1997. november 11.	117/1999. (VIII.6.) Korm. rendelet
Románia	Magyar Köztársaság Kormánya és Románia Kormánya között a határvizek védelme és fenntartható hasznosítás céljából folytatandó együttműködésről	Budapest, 2003. szeptember 15.	196/2004. (VI.21.) Korm. rendelet
Szerbia	Magyarország Kormánya és a Szerb Köztársaság Kormánya között a fenntartható vízgazdálkodás terén a határvizeken és a közös érdekű vízgyűjtőkön történő együttműködésről szóló egyezmény	Szabadka, 2019. április 15.	97/2019. (IV. 30.) Korm. rendelet
Horvátország	A Magyar Köztársaság Kormánya és a Horvát Köztársaság Kormánya között a vízgazdálkodási együttműködés kérdéseiben	Pécs, 1994. június 10.	127/1996. (VII.25.) Korm. rendelet
Szlovénia	A Magyar Köztársaság Kormánya és a Szlovén Köztársaság Kormánya között a vízgazdálkodási kérdések tárgyában	Ljubljana, 1994. október 21.	41/2001. (III. 14.) Korm. rendelet

Az együttműködések kormányközi megállapodáson alapulnak, végrehajtásukért a határvízi bizottságok, illetve azok vezetői, a két együttműködő kormány által kinevezett meghatalmazottak és meghatalmazott-helyettesek a felelősek. Az egyezmények

végrehajtásának szakmai irányítója az Országos Vízügyi Főigazgatóság, a végrehajtásba bevont szervezetek a területileg illetékes vízügyi igazgatóságok. [73]

A határvízi együttműködések az igazgatóságok tevékenységi körébe tartozó szakterületeket érintik, legfőképpen az ár- és belvízvédelem, vízminőség-védelem, vízrajzi adatgyűjtés, előrejelzések témakörét. A belvízvédelem területén a védekezés operatív és együttműködésben történő megvalósítása, valamint a belvízvédelmi művek őszi felülvizsgálatán túlmenően a közös érdekeltségű belvízi szakaszokon fontos a határon átnyúló hatással bíró vízrendszer-fejlesztések egyeztetése, és a közös fejlesztési projektek során az együttműködés. A releváns vízgyűjtőkön a belvízvédekezésre külön szabályzatok kerültek kidolgozásra. [73]

1.7. Belvízvédekezés a határvízi egyezményekben

A területi sajátosságok a határ menti együttműködésekben is megjelennek, így az országhatárokon átnyúló belvízvédelem problémaköre csak a síkvidéki vízgyűjtők esetében releváns az egyezményekben, amely országonként az alábbi:

- *Magyarország–Ausztria* viszonylatában a határon átnyúló közös vízgyűjtőn történő belvízvédekezés, illetve belvízátvezetés a határon túli vízgyűjtőben nem hangsúlyos tényező. Ausztria jellemzően hegy- és dombvidéki területi adottságokkal bír. A két ország határvízi egyezményében foglalt közös érdekeltségű vízmedrei között azonban belvízcsatornák is szerepelnek. Ausztria Burgenland tartományban a Hanság-főcsatorna – Tarcsai-határcsatorna – Fertő-tó közötti belvízöblözet érintett. A kis jelentősége miatt a magyar–osztrák határvízi egyezményben nincs külön szabályzat a belvízvédekezésre vonatkozóan. [74] [75]

  Ausztriában *a* vízkárok elleni védekezés szabályozása eltér a hazaitól, a természeti adottságai miatt a belvizek elleni védelem nem jelenik meg. A vízkárok elleni beavatkozások önkormányzati szinten történnek, amelyre nincs külön szervezet. A katasztrófavédelmi feladatokat a tűzoltóságok végzik, amely szervezetek a Fenntarthatóságért és Turizmusért Szövetségi Minisztérium alá tartoznak [64]
- *Magyarország–Szlovákia* viszonylatában a határon átnyúló vízrendszerek külön rendelkeznek a belvizek elleni védelemről. Ennek dokumentuma a „Megállapodás a magyar és csehszlovák vízügyi szervek együttműködéséről az árvíz, a belvíz és a jég elleni védekezésre”. A területi adottságok alapján a Duna és az Ipoly folyó vonatkozásában határt

metsző belvízi öblözetekről nem beszélhetünk, de a síkvidéki közös vízgyűjtőn a határvízi egyezményben 13 csatorna nevesített, amely országhatárt képez, vagy országhatáron áthalad. Az egyezmény alapján a magyar belvízrendszert terhelő szlovák vízgyűjtő terület nagysága 21,13 km^2, míg a szlovák belvízi befogadókat terhelő magyar vízgyűjtőterület nagysága 21,35 km^2. Az egyezmény rögzíti a fogadó szomszéd ország kötelezettségét az érkező belvízmennyiségek elvezetésére. [76] [64]

Szlovákiában a szlovák vízügyi igazgatóság kezelésében vannak a nagyobb csatornák és vízfolyások. A belvízvédekező szervezet a szlovák vízügyi szervezet. Katasztrófavédelmi helyzetben a helyi katasztrófavédelmi szervezet vonható be a védekezésbe, egyrészt a logisztika terén, a védekező létszám kivezénylésével, valamint az esetlegesen szükségessé váló kitelepítés végrehajtásába. [64]

- *Magyarország–Ukrajna* esetében közös és kölcsönös érdekeltséget jelentenek a határon átnyúló belvízrendszerek. Ukrajnában az egyezmény kapcsán Kárpátalja megye érintett. Magyarországon 422,5 km^2, Ukrajnában 322,7 km^2 nagyságú vízgyűjtőterület tartozik a közös érdekeltségű vízgyűjtő területhez. Ez Ukrajnában mintegy 48 km, magyar oldalon 92 km csatornaszakaszt érint, amelyek egyaránt al- és felvízi érdekeltségűek is. A Vízkárelhárítási Melléklet a határvízi egyezmény mellékletét képezi, amelyben belvízvédelemre vonatkozóan külön rendelkezéseket tartalmaz. A közös érdekű területekről kölcsönösen mindkét ország fogad a szomszédos országból átvezetett belvizeket, amely kapcsán biztosítja a szomszédos terület belvízmentesítését. [77] [64]

  Ukrajnában a belvízvédekezési tevékenységet a Tiszai Vízgyűjtő-gazdálkodási Hivatal (vízügyi szervezet) és annak területi kirendeltségei végzik. Hasonlóan a magyar rendelkezésekhez, az ukrán önkormányzatok saját területükön felelősek a belvízi elöntések megakadályozásáért és a védekezés megvalósításáért. Az önkormányzatok belvízvédelmi tevékenyégébe szükség esetén bevonható a vízügyi szervezet és a katasztrófavédelem is, továbbá a tűzoltóság és a központi, valamint közigazgatási szervek által kirendelt egyéb szervezeti egységek. Haváriák (árvíz, belvíz) esetén központi irányítás mellett végzik a védelmi tevékenységeket. [64]
- *Magyarország–Románia* által megkötött egyezményben jelentős a síkvidéki területek miatt a belvízvédekezési tevékenység kapcsán az együttműködés, amely kölcsönösen alapvető a két ország számára. A felek területén lévő vízrendszerek egyaránt fogadnak a szomszéd ország területéről belvizeket, amelyre vonatkozóan elvezetési kötelezettségük van. A

„Belvízvédekezési Szabályzat” meghatározza az érintett vízrendszerekben a belvízcsatornák, szivattyútelepek és vízkormányzó műtárgyak üzemeltetésének, kezelésének rendjét.

A szabályzat intézkedései hazánk K-i és DK-i, Romániával közös határa mentén összesen 53 darab belvízcsatornát érintenek. Magyarország, mint alvízi ország, a román oldalról mintegy 30 csatornán összesen 52,42 m^3/s vízmennyiség befogadására és továbbvezetésére kötelezett. A szabályzat Románia számára 12 csatornán a magyar területekről átvezetett 6,24 m^3/s vízmennyiséget befogadásáról rendelkezik. A felek az egymásrautaltság csökkentésére az első világháborút követően vízrendszereikben vízkormányzást lehetővé tévő beruházásokat hajtottak végre: új szivattyútelepek, új csatornanyomvonalak épültek ki. A természetes lefolyási viszonyok megváltoztak a határ menti területeken. [69] [78] [79]

A határvízi együttműködésben közvetlenül a Román Vizek Nemzeti Igazgatósága (Administraţia Naţională Apele Române”) vízügyi szervezet vesz részt, amely a magyar vízügyi szervezetekhez hasonlóan vízgyűjtő területekre szervezetten látja el vízgazdálkodás és árvízvédelem feladatait. A belvízvédekezést egy másik szervezet, a Meliorációs Nemzeti Ügynökség (Agenția Națională de Îmbunătățiri Funciare, azaz ANIF) illetékes területi egységei és szervezetei végzik. Az ANIF a belvízrendszerekben az üzemeltetési szabályzatban foglalt védekezési fokozatokhoz tartozó vízszinteket tart. Az önkormányzatok vízkárelhárítási, belvízvédekezési feladatait a katasztrófavédelmi szervezet látja el, amelyet a megyei közigazgatási szervezet irányít (prefektúra). [64]

- *Magyarország–Szerbia* országhatára szintén jelentős kiterjedésű síkvidéki vízgyűjtőket választ ketté, amely indokolja a belvízvédekezés jelentős szerepét a két ország együttműködésében. A „Szabályzat az árvíz, belvíz, valamint jégtorlódás elleni védekezéshez, a magyar–jugoszláv határ menti és a határ által metszett vízfolyások és vízrendszerek közös érdekű szakaszaira” szabályzat intézkedései érvényesek a határ menti régió védelmi feladatainak ellátása során. A domborzati viszonyok alapján elsődlegesen magyar területről vezetnek át belvizet a szerb területre, amely 1674 km^2 vízgyűjtőterületről összesen 22,57 m^3/s vízbefogadási kötelezettséget jelent Szerbia számára. Magyarország 3,15 km^2 nagyságú szerb vízgyűjtőterületről 0,015 m^3/s vízhozammal fogadja a belvizeket, s vezeti el a befogadók felé. [80] [81] [82]

Az egyezményben a belvízvédekezésre külön rendelkezések jelennek meg. A „6. Szabályzat az árvíz, belvíz, valamint a jégtorlódás elleni védekezéshez a magyar–szerb határ menti és a határ által metszett vízfolyások és vízrendszerek közös érdekű szakaszaira” című rendelkezés foglalkozik a belvízvédelemmel. [64]

Szerbiában az állami szervezetként működő Vode Vojvodine (Vajdasági Vizek - szerb vízügyi igazgatóság) irányítja és végzi az ár- és belvízvédekezési tevékenységet. Az illetékes vízgazdálkodási vállalatok a Vode Vojvodine megbízása alapján hajtják végre a védekezési beavatkozásokat. Rendkívüli helyzet kihirdetése esetén a katasztrófavédelem kirendelt egységei vesznek részt a védekezésben. [64]

- *Magyarország–Horvátország* határ menti területeinek vízföldrajzi adottságai miatt nincs határon átnyúló belvízöblözet, így nem szükséges a belvizek elleni közös védekezés. A határvízi együttműködés jellemzően az árvízvédelem, jégvédelem és vízgazdálkodási területeken folyik. [83] [84] [85]

  Horvátországban a vízgazdálkodásért és vízkárelhárításért felelős állami vízügyi vállalat a hazai gyakorlathoz hasonlóan vízgyűjtőterület alapján szervezett Horvát vizek (Hrvatske voda). Veszélyhelyzet esetén a megyei szintű védekezési feladatokra prefektust neveznek ki. Katasztrófahelyzetet a Horvát Köztársaság kormánya hirdetheti ki. A helyi és regionális önkormányzati egységek, valamint a védelmi és mentési közigazgatási szervezet kezdeményezik a védelmi és mentési egység és a védelmi és mentési operatív erők, valamint adott esetben a katonai és rendőri erők bevonását a vízkárelhárítási feladatokba. A területek vízmentesítéséért építményenként vízjárulékot kell fizetni, amely részben fedezi a Horvát vizek működését. [64] [86]

- *Magyarország–Szlovénia* esetében a domborzati adottságok miatt ugyancsak nem releváns a belvízi együttműködés, az érintett határ menti terület jellemzően dombvidék-jellegű. [87]

  Szlovéniában a belvízvédekezés nem releváns vízkárelhárítási esemény. Az árvízi káresemények alkalmával a Pomgrad VGP hajtja végre a beavatkozásokat, amely vízgyűjtő-alapon megszervezett közszolgáltatási építőipari vállalat. Szerződés alapján látja el a szlovén Vízügyi Igazgatóságok által meghatározott fenntartási, illetve a védekezési munkákat. Árvízi helyzetben a területileg illetékes Önkéntes Tűzoltó Társaság egységei és a polgári védelmi szolgálat is védekeznek, a katasztrófavédelmi helyzetben a polgári védelmi szervezet irányítja a védekezést. Magyarországhoz hasonlóan irányítótörzs látja el a védekezés irányítási feladatait. [64] [88]

Az országhatárok által osztott síkvidéki területekre egy jellemző példájaként a Dél-Alföld egyik sajátos vízgazdálkodási helyzetben lévő Torontáli térséget mutatom be a 3. ábrán. A síkvidéki terület a 11.03. belvízvédelmi szakaszon, az Alsó-Tisza vidéki Vízügyi Igazgatóság (ATIVIZIG) működési területén található. Magyarország–Románia–Szerbia közötti hármas határ területén, Szeged-Szőreg-Deszk-Újszentiván-Kiszombor térség az 1879-es kiépített vízrendszer lefolyási iránya szerint az Aranka vízrendszer felé (ma Románia és Szerbia területén lévő vízrendszer) vezette el gravitációsan a belvizeket. Az érintett vízrendszerben hazánk és Románia is független vízelvezetési irányokat, megváltozott fenékeséssel csatornákat és szivattyútelepeket épített ki a saját oldalon lévő befogadó folyók irányába. [64]

3. ábra. A Torontáli térség megváltozott vízelvezetési iránya: a terepesés ellentétes a csatornák belvízmentesítést biztosító fenékesésével *(szerkesztette a szerző)* [64]

Hazánk egészen az 1970-es évekig tartó nagyszabású beruházással valósította meg a magyar terület hazai befogadó felé történő belvízmentesítését. A terep lefolyási irányával ellenesésben megépített csatornák, torkolati és közbenső szivattyútelepek segítségével történik a belvízmentesítés. Az átalakított vízrendszer ma már mesterséges lefolyási viszonyokkal

működik, bár az országhatáron történő vízátvezetés elvi lehetősége a szabályzatban megmaradt. [9] [71]

A Víz Keretirányelv ökológiai megközelítésében a vizek jó állapotának eléréséhez a természetes állapotok visszaállítása kívánatos. Azonban a természetes vízjárási állapotok rekonstrukciója csak a felek közös szándéka és együttműködése alapján valósítható meg.

A határvízi egyezményeket értékelve Magyarország határmenti síkvidéki területein a belvízmentesítés több esetben csak az országhatárokon átnyúló vízrendszereken át, a határvízi egyezmények és a belvízi szabályzatok alapján biztosítható. A kétirányban történő vízelvezetési igény miatt a felek kölcsönösen al-, és felvízi viszonylatban (azaz a belvíz befogadói és átvezető szerepkörben) is érintettek. Ez a közös feladat és felelősség elsősorban Ukrajna, Románia, Szerbia viszonylatában jelentős, kis mértékben Szlovákia is érintett.

A végrehajtásért felelős szervezetek az egyezmények alapján a kidolgozott riasztási és együttműködési rendben látják el a belvízvédelmi feladatokat. Ezek be nem tartása esetén káresemények léphetnek fel a határ menti területeken, amelyek mezőgazdasági és lakott területeken okozhatnak elöntéseket és károkat.

A kutatásom egyik célkitűzése volt a belvízvédekezést szabályozó határvízi egyezmények korszerűsítési folyamatának vizsgálata, így pl. az átvezetett vizek minőségével, a vizek jó ökológiai állapotának elérésével, avagy a klímaváltozással várható szélsőséges vízjárási helyzetek kezelésével kapcsolatos felülvizsgálati igények hogyan érvényesíthetők az egyezményekben a korábbi tapasztalatok alapján.

A határvízi egyezmények közös egyetértéssel történő megváltoztatása előzetes szakmapolitikai egyeztetéseket igényel a szomszédos országok között. Az egyezményekben megjelenő változások elemzésének eredményét az alábbiak szerint foglalom össze a kutatásom alapján:

- *Ausztriával* az 1953-ban kötött egyezmény korszerűsítésére nem került sor. Magyarország EU-ba történő belépésével a Víz Keretirányelv megvalósítása kötelező érvényűvé vált mindkét tagország számára, valamint mindkét ország ICPDR tag is. A hatályos egyezmény kapcsán a különböző érdekekből adódó konfliktusok továbbra is felmerülnek, de a megállapodás még ma is jól szolgálja a két ország együttműködését a vízgazdálkodás terén. Belvízvédekezés az egyezményben nem releváns. [75]
- *Szlovákiával* a jelenleg hatályos vízügyi határvízi egyezmény nem tartalmaz nemzetközi egyezményekre történő utalást. Szlovákiával jelenleg a Csehszlovákiával megkötött eredeti

határvízi egyezmény van érvényben. Azonban EU-s tagországként mindkét ország számára a VKI és egyéb uniós törekvések kötelező érvényűek. Szlovákia is, tagja az ICPDR-nak, amely további közös irányvonalat szab az egyezmények kapcsán is. [64]

- *Ukrajnával* megkötött határvízi egyezményben a felek kinyilatkozzák, hogy elfogadják a 1992-es Helsinki Konvenciót és az 1994-es Szófiai Egyezményt is. A VKI végrehajtása Ukrajna számára nem kötelező érvényű, tekintettel, hogy nem tagja az EU-nak. Azonban az ország elköteleződését mutatja, hogy az ICPDR tagja és a Duna-menti egyezmények végrehajtását fontosnak tartja. [77]
- *Romániával* a hatályos határvízi egyezményben a felek szerepeltetik a Víz Keretirányelvet, az 1992-ben elfogadott Helsinki Egyezményt és a 1994-es Szófiai Egyezményt is. Továbbá Romániai is EU-s tagország, valamint az ICPDR tagja, amely közös kötelezettséget jelent.[78]
- *Horvátországgal* az 1994. óta érvényben lévő egyezményben az 1985-ös Duna menti államok együttműködéséről szóló Nyilatkozatra és a 1992-es Helsinki Egyezményre történő hivatkozás jelenik meg. EU-s tagországként a VKI előírások betartása mindkét tagország kötelezettsége, emellett szintén ICPDR tagország is. [83]
- *Szlovéniával* 1994-től érvényes egyezményünk szintén hivatkozik a 1992-ben elfogadott Helsinki Egyezményre és az 1994-es Szófiai Egyezményre. EU-s tagországként a VKI előírások mindkét tagország kötelezettsége, valamint Szlovénia is ICPDR tagország. [87] [88]
- *Szerbiával* 2019-ben egy több éves egyeztetési folyamat lezárásaként született meg az új korszerűsített egyezmény, amely felváltotta az 1955-ban megkötött egyezményt. Az egyezmény alapelveként tartja számon a már említett Helsinki (1992), Szófiai (1994) és a tiszai hajózásról szóló egyezményt (Niš, 2016); valamint az EU-s Víz Keretirányelv és az árvízkockázatok értékeléséről és kezeléséről szóló rendelkezéseket. Szerbia a rendelkezések kötelezettségeit annak ellenére vállalta, hogy jelenleg nem EU-s tagország. Az egyezményben nagy hangsúllyal jelennek meg a vízminőségi és természetvédelmi szempontok is, így pl. a Helsinki Egyezmény, az Espooi Egyezmény, avagy a Ramsari Egyezmény. Az határvízi együttműködés közös célja a vizek mennyiségi és minőségi állapotának fenntartása és javítása. [80]

Megállapítható, hogy a társadalmi-politikai változások a feleket folyamatos együttműködésre késztetik az egyezmények korszerűsítése terén. [69] [75] A határvízi egyezmények közös szemlélettel és egyetértésben történő átdolgozása és jogszabályi szintű elfogadásának folyamata, az álláspontok kialakítása vízügyi politikai kérdés, amely hosszú, többéves, kitartó szakértői munkát igényel a felek részéről.

1.8. Részkövetkeztetések

Az országhatárainkon átnyúló vízrendszerekben a belvízvédekezések az érintett vízgyűjtőkön a határvízi együttműködés keretei között végezhetők. A határvízi egyezmények betartása kötelező hazánk határ menti területeinek belvízvédelmi biztonsága szempontjából.

A klímaváltozás prognózisa alapján a szélsőséges vízháztartási helyzetek erősödése a belvízi események gyakoriságát is előrevetíti, egyúttal a vízhiányos időszakokban a vízkészlet hiányt is. Ezen kettős kihívást a határvízi egyezményekben is kezelni kell. A nemzetközi egyezményekben, jogszabályokban megfogalmazott elvárások, így például a Víz Keretirányelv elvárása okán az ökológiai vízkészletek biztosítására és a megváltozott lefolyású vízgyűjtőkön a korábban természetes lefolyású vízkészletek átadási igénye kapcsán ma már a vízgyűjtőn keletkező vizek méltányos megosztásának szükségessége kerül egyre inkább előtérbe.

Az EU-s tagországok esetében (Ausztria, Szlovénia, Horvátország, Szlovákia, Románia) a Víz Keretirányelv megfelelő keretet ad a határvízi egyezmények korszerű, megváltozott szemléletű felülvizsgálatára. Szerbia és Ukrajna, mint ICPR tagok (de nem EU tagok), elfogadják a vizek jó állapotának elérésére tett törekvéseket, amelyek alapjául szolgálnak a vízkormányzási intézkedések közös felülvizsgálatának is. Azonban a VKI intézkedésének országok közötti összehangolásának folyamata nem egyértelműen megfogalmazott.

A határvízi egyezményekben a síkvidéki területeken a belvízvédekezés továbbra is alapvető fontossággal bír. Azonban a klímaváltozás kapcsán előre jelzett vízháztartási szélsőségek erősödésével az aszályos időszakok gyakoriságára és kártételeik növekedésére is kell számítani. A belvizek elleni szabályzatokban ez idáig csak víztöbbletek kezelése kapcsán rögzítettek intézkedéseket (vízállások, vízhozamok, vízkormányzási előírások). A vízhiányos időszakok kezelésére és a vízkészletek megosztása érdekében vízkormányzási gyakorlatok felülvizsgálata szükséges.

A határvízi egyezmények betartása kapcsán az elmúlt évtizedekben a felek elsősorban vízkárelhárítási szempont alapján végezték a vízkormányzást, a többlet vizek károkozásának elkerülése volt a fő célkitűzés. A határvízi egyezmények jellemzően a maximálisan átvezethető vízmennyiségeket határozzák meg, a minimumot, a vízfolyások nyári időszaki legkisebb vízszintjét, a kötelezően átadandó vízhozamát nem. Ezt a gyakorlatot al- és felvízi érintettség alapján is felül kell vizsgálni.

A hazai vízgazdálkodási gyakorlatban felmerülő paradigmaváltás szükségessége, amely a vizek elvezetési gyakorlata helyett a vizek megtartását helyezi előtérbe, a határvízi egyezmények gyakorlatának felülvizsgálatát is igényli.

A felvízi országokban kialakított víztározók, amelyek egyrészt kedvező helyzetet teremtettek az árvízi szituációkban, a kisvízi időszakokban az alvízi országokban vízhiányos állapotok kialakulásához vezetnek. Ezen helyzet közös vizsgálata és az egyezmények kiegészítése a vízkészletek megosztásra vonatkozóan sürgető igényként jelenik meg az alvízi országok részéről.

A tagországok területein végrehajtott egyes vízrendszer-átalakítások megváltoztatták a vizek természetes lefolyási viszonyait, ezzel hatással vannak a szomszédos ország vízkészletére és a vizek jó ökológiai állapotára.

A határon átnyúló vízrendszerekben a vizek jó állapotának elérése mennyiségi és minőségi kérdéseket is felvet. A vízminőség nem csak a folyók kapcsán, hanem a határt metsző kisvízfolyásokban, csatornákban is előtérbe kerül.

A vízhiányos és vízbő időszakok problémáinak kezelésére közös komplex intézkedések és megoldások kidolgozása szükséges, amelyek határon átnyúló hatásait is vizsgálni kell.

Erősíteni kell a „jó gyakorlatok” kialakítására a nemzetközi projektek által kínált lehetőséget, ahol egy-egy konkrét vízkárelhárítási/vízgazdálkodási problémára a felek megegyezéssel közös intézkedéseket dolgozhatnak ki.

2. FEJEZET: AZ ÁLLAM SZEREPÉNEK VIZSGÁLATA A BELVÍZVÉDEKEZÉSBEN

2.1. A belvízbiztonság

Az államok alapvető, át nem ruházható kötelezettsége, hogy az állampolgárok számára biztonságot nyújtsanak az életüket és vagyonukat egyedi, vagy tömeges méretekben veszélyeztető esetekben. [46: 5]

Hazánk Alaptörvénye (Alkotmány) rendelkezik az élet-, és vagyonbiztonságról, amely jelen esetben a vízkárokkal kapcsolatos biztonságot jelenti [89: 50.cikk b)], illetve az ezt veszélyeztető helyzetek kezeléséről. [89: 51.-53.cikk]

A vízügyi stratégia célkitűzésként fogalmazza meg a vízkárokkal kapcsolatban: „kellő biztonságban kell legyünk a víz fenyegető káraitól" [7: 1], azonban megállapítja, hogy az „abszolút biztonság" szintje nem elérhető, és racionálisan célként nem is megközelíthető. [7: 61]

A belvízbiztonság a belvízveszély és a kockázat beazonosítását követően a védekezés és a megelőző intézkedések végrehajtásának eredményeként érhető el, ezért a belvízbiztonság számszerűsítése igen bonyolult, amelyre a dolgozatban kifejtett természeti és antropogén hatások is visszahatnak.

A belvízbiztonság szintjének meghatározása az állam teherviselő képességétől és gazdasági potenciáljától függ, hiszen egy adott biztonsági szint eléréséhez több intézkedés, jogszabályi háttér és főként pénzügyi forrás szükséges. A belvízi biztonság szintjének meghatározása sok mindenre közvetlen és közvetett hatással van, így többek között a belvízrendszer méretezésének műszaki előírásaira (pl. a méretezés alapjául szolgáló csapadékintenzitás, a vízrendszer előírt teljesítő-képességének meghatározása), a településrendezési szabályozókra, a védekező szervezetek finanszírozására, a védekezésben résztvevő önkéntes háttér kialakítására. [5] [90] [91]

A belvízbiztonságra a belvízvédelem intézményi és jogi környezete is hatással van, amelyben folyamatos változás tapasztalható. Így például a 2011-2014 időszakban nemcsak a vízügyi igazgatás, hanem a katasztrófavédelmi és hatósági szakigazgatás, továbbá a vonatkozó jogszabályi környezetben is jelentős változások voltak. [92]

A vízgazdálkodással és vízkárelhárítással foglalkozó szervezetek számára jelenleg is a fő kihívást a vízjárási szélsőséges időszakok rendszeresen, de véletlenszerűen visszatérő

változásai jelentik, amely a folyamatos készenlét, fejlődés és az alkalmazkodás kényszerét és feladatát állítja eléjük. [5] [20] [21]

Az 1.2 fejezetben kifejtett klímaváltozással kapcsolatos előrejelzések alapján a vízháztartási szélsőségek fokozódására kell számítani, ezért a vízkárok elleni védekezés és a biztonság fenntartása továbbra is fontos feladata a védekező szervezeteknek, az önkormányzatoknak és az állampolgároknak egyaránt. [17] [22] [30]

2.2. Magyarország belvíz-veszélyeztetettsége, az állami szerepvállalás szükségszerűsége

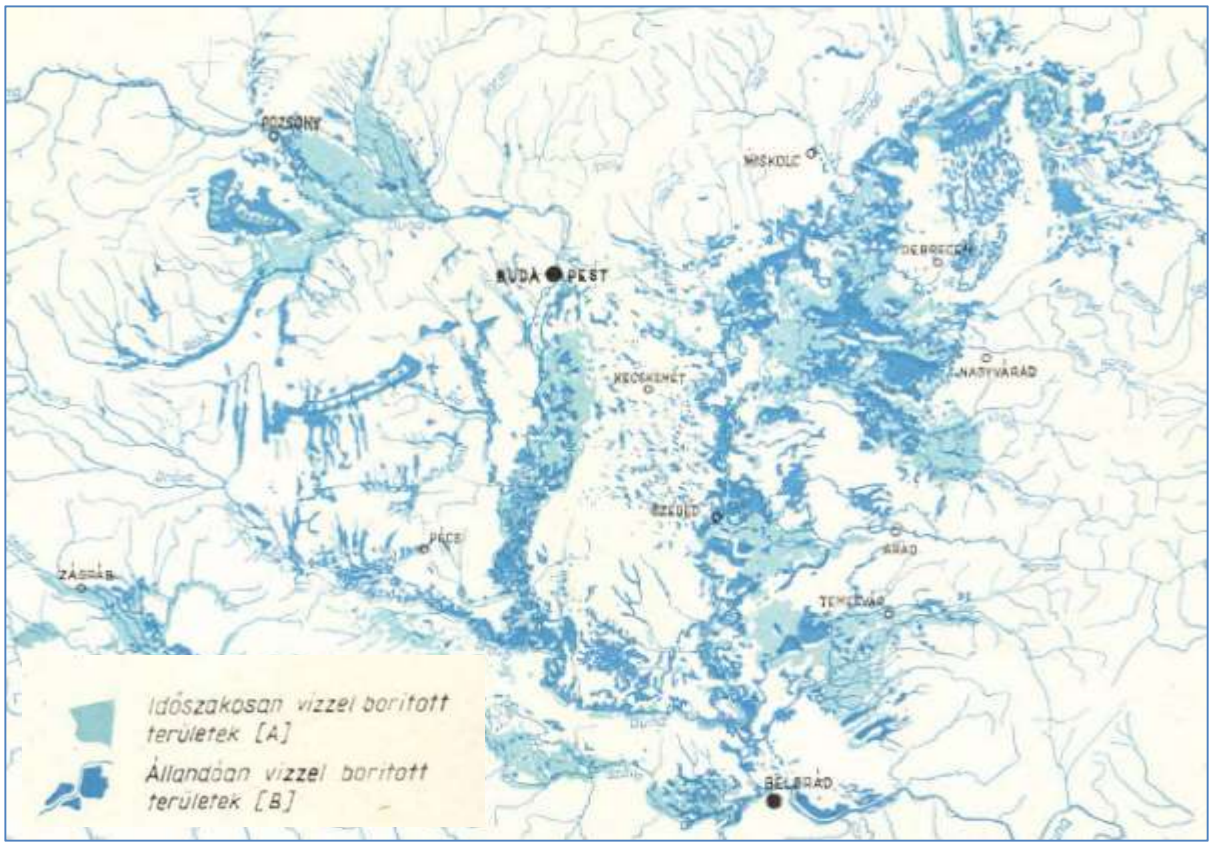
Magyarországon az állam és a törvénykezés vízhez való viszonya történelmi távlatokra tekint vissza. Az állami szerepvállalás szükségszerűségét a belvízvédekezésben hazánk vízkároknak kitett földrajzi elhelyezkedése indokolja, amit a belvíz-veszélyeztetettség és a belvízi kockázatok számszerűsítve is alátámasztanak.

A Kárpát-medence sajátos hidrológiai és vízjárású adottsága a vízkárokkal kapcsolatos veszélyeztetettségünkben meghatározó. Magyarországon a vízzel borított és időszakosan elöntött területek nagysága az ármentesítések előtt 48.769 km^2 volt, amelyből állandóan elöntött területként 8.561 km^2 területet tartottak nyilván. Ezek a rendszeres elöntések jelentős gátat jelentettek a mezőgazdasági termelésnek és fejlődésnek. [3] [93]

A folyószabályozás előtti időkig az árvízvédelem és a belvízvédelem nem választható szét, hiszen a folyókon érkező víztömegek kiterültek a síkvidéki ártereken, az árhullámokat követően a visszamaradó vizek gyakorlatilag a mai belvízi elöntések területein okoztak elöntéseket, ahol láp- és mocsárvilág volt jellemző. [93]

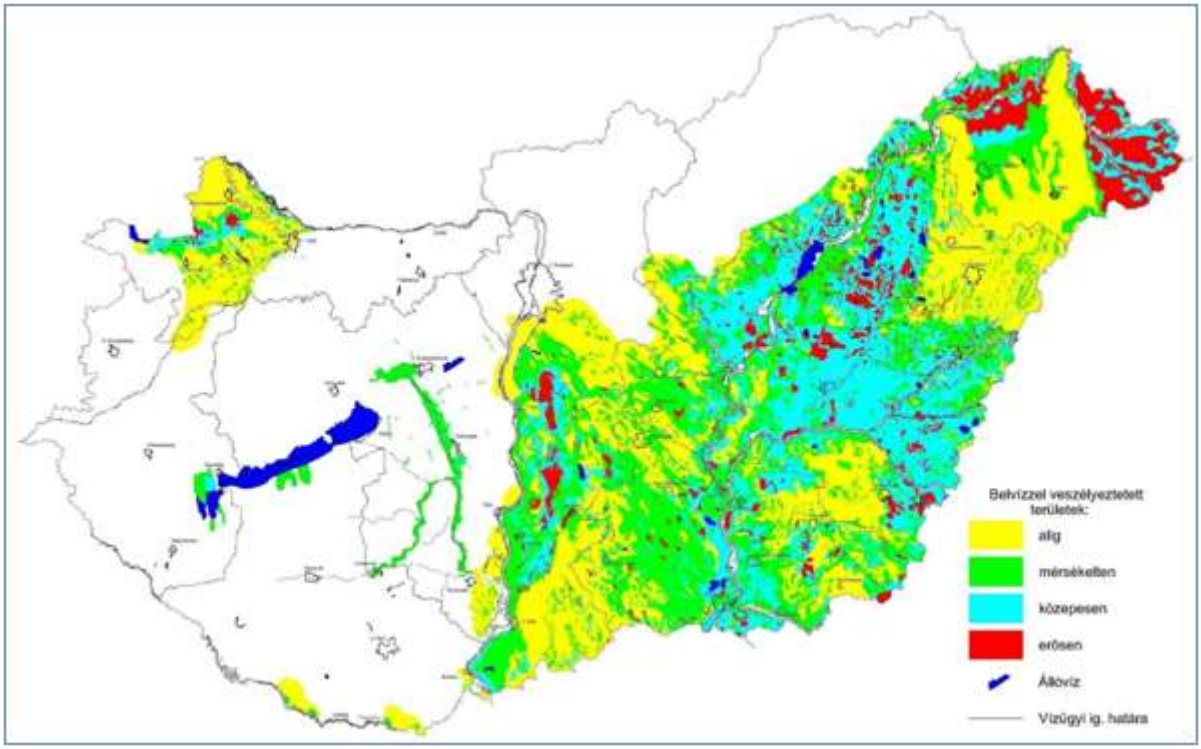
A későbbi folyószabályozások és a mocsaras területek lecsapolása társadalmi elvárás volt. A gazdasági érdek a népesség növekedése miatt jelent meg, az élelmiszer- termeléséhez szükséges földterület iránti igény jelentősen megnőtt. A mezőgazdasági termelés számára szükséges, vízkároktól mentes termőterület növelésének igénye volt a folyószabályozások alapvető oka, amelyre a *Verejtékes honfoglalás* könyvcím is utal. [93]

A *4. ábrán* a folyószabályozási idők előtti állapotban a rendszeresen és időszakosan vízborított területek láthatók.



4. ábra. A Kárpát-medence vízborította területei a XVIII. század végén, a magyar vízszabályozási munkák megindítása és tervszerű végrehajtása előtt *(készült a korabeli térképek alapján –részlet, forrás: Ihrig)* [66]

Hazánkban a belvízi kockázatok számszerűsítése, azaz a belvíz-veszélyeztetettség társadalom számára történő bemutatása, megelőzve az EU-s irányelveket és jogszabályi előírásokat, már az 1980-as években az *5. ábra* „Pálfai-féle belvíz-veszélyeztetettséget" ábrázoló térkép elkészítésével megvalósult. A belvíz kialakulásával kapcsolatos területi jellemzőket egy térképi megjelenítésben dolgozták fel: a hidrometeorológia, domborzat, talajtan, földtan, talajvíz, területhasználati adottságokat. A minősítési osztályokat, a veszélyeztetett kategóriákat különböző színjelzéssel ábrázolták: erősen veszélyeztett (piros), közepesen veszélyeztett (kék), mérsékelten veszélyeztetett (zöld), alig veszélyeztett (sárga) jelöléssel. [3] [94]



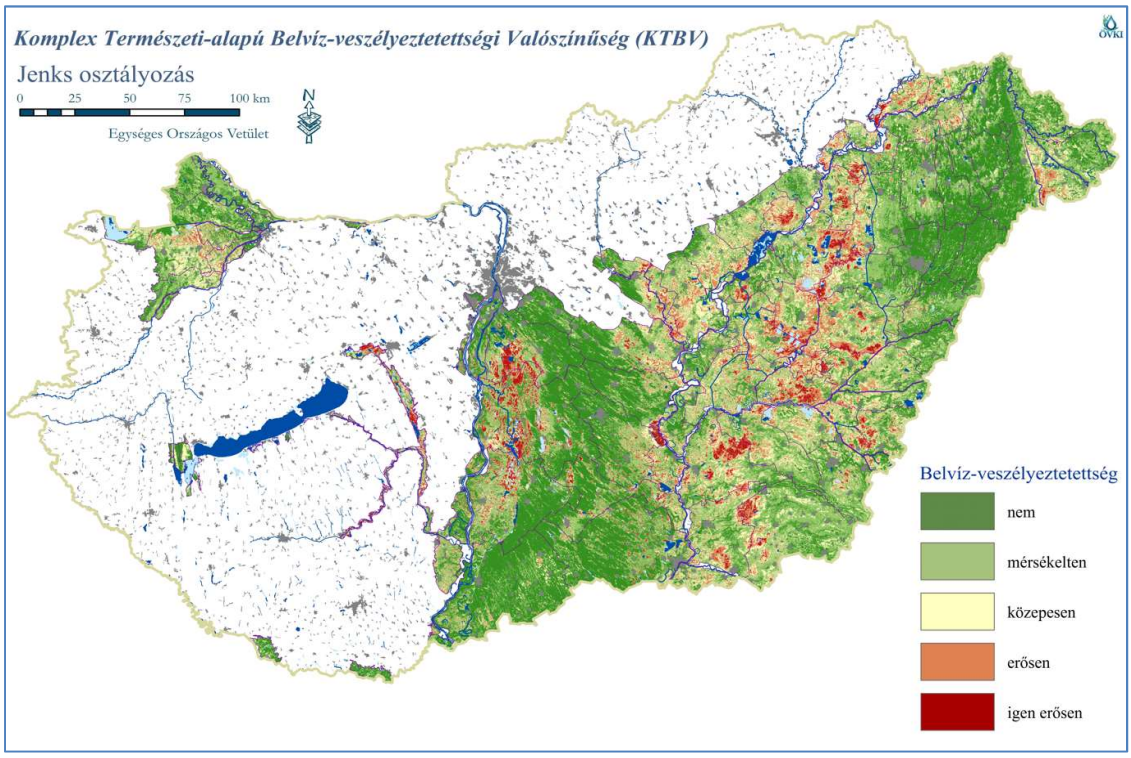
5. ábra. Magyarország Pálfai-féle belvíz-veszélyeztetettségi térképe
(forrás: Pálfai) [3: I. melléklet]

Szintén az EU-s szabályozást megelőzően született meg a települések ár- és belvíz veszélyeztetettségi besorolását tartalmazó 18/2003. (XII.9.) KvVM-BM rendelet [95], amely az árvízi veszélyhez kapcsolódóan mutatja be az érintett települések belvíz veszélyeztetettségét. Ezek a jogszabály értelmezésében a fakadóvizek, a védtöltések miatt megszűnt belvízi gravitációs kivezetések, illetve a megemelkedett talajvízállás miatti belvízi veszélyeztetettséget jelentik, azaz csak a folyó menti településekre fogalmaz meg belvíz-veszélyeztetettséget. A településeink vízkárokkal kapcsolatos veszélyeztetettségét azonban így is jól mutatja, hogy a 3154 település[5] közül 1305 település, azaz a településink 41,3 %-a e rendelet alapján vízkárokkal (alapvetően árvízzel és ehhez kapcsolódó belvízzel) veszélyeztetett. Ez a tény az állami, kormányzati szerepvállalás szükségességét támasztja alá. [94] Azonban a hivatkozott jogszabály nem foglalkozik a mélyártéren kívüli települések belvíz-veszélyeztetettségével, amely pedig szintén fennálló veszélyeztetettség a síkvidéki, folyótól távolabbi települések esetében is.

[5] KSH 2014. adat Forrás: http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/mo_telepuleshalozata/varosok_falvak.pdf

Magyarország EU-s csatlakozása után a kockázatok és veszélyeztetettség számszerűsítése az uniós tagországok számára előírt, egységes módszertan alapján történik, amelyre az 1.3. fejezetrészben utaltam.

A vízügyi ágazatban a vízkárok kockázatok-értékelése a 2007/60/EK Irányelv árvízi kockázatok értékelésének és kezelés szabályozásáról szóló EU-s direktíva szerint történik, amely hazai alkalmazását 178/2010. (V.13.) Korm. rendelet fogalmazza meg. [60] A sajátosságok miatt hazánk az árvíz mellett a belvízi kockázatokat külön kezeli. [95] Ezen kockázati térképezési munkában készült el Magyarország Komplex Belvíz-veszélyeztetettségi Valószínűség térképe, amely színekkel mutatja be a belvízi veszélyeztetettséget a síkvidéki területeken.



6. ábra. Magyarország Komplex Természeti-alapú Belvíz-veszélyeztetettségi Valószínűségi térképe (KTBV). A kevésbé (zöld) és a jelentősen (piros) veszélyeztetett területek *(forrás: OVF)* [96: 60]

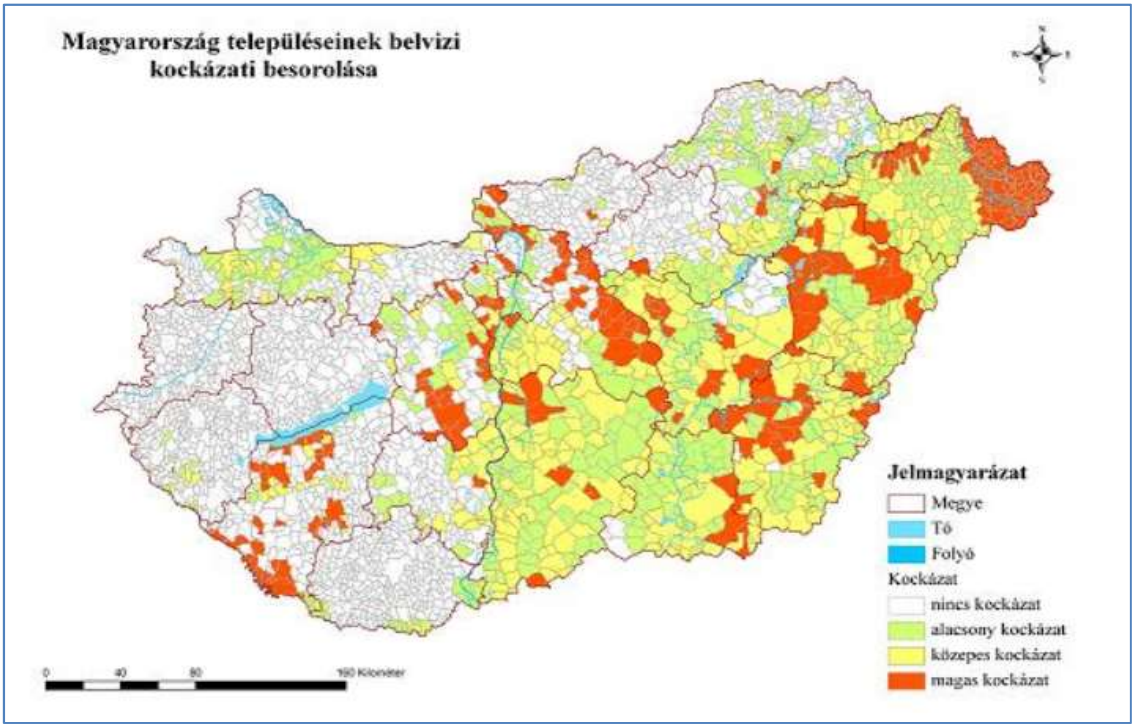
A 2011-es katasztrófavédelmi törtvény módosulásával megjelent a kockázat-azonosításon és elemzésen alapuló védelmi (veszélyelhárítási) tervezés folyamata is. [5] [97]

2014-ben Magyarország, az EU tagjaként, elkészítette a kockázatértékelési jelentését, amelyben hangsúlyosan jelent meg, hogy hazánkban az azonosított veszélyek között az egyre gyakrabban előforduló természeti katasztrófák jelentik a legnagyobb kockázatot. Az

éghajlatváltozással várható szélsőségesebbé váló időjárás miatt egyre gyakoribb es súlyosabb következményekkel járó eseményekkel kell számolni. A beazonosított kockázatok közül a természeti veszélyforrások, azon belül is a vizek kártételei a legjelentősebbek. [5] [15]

Országos összesítésben a települések 40%-a erősen, mintegy 80%-a valamilyen mértékben veszélyeztetett a vizek kártételeitől. A települések alig 20%-án a vízkárral kapcsolatos veszélyeztetettséggel nagy valószínűség szerint nem kell számolni. [6: 5] A települések katasztrófavédelmi kockázati osztályba sorolásának módszertana alapján alakult ki a települések korszerű, komplex szemléletű, a valós helyi adottságaikra jellemző veszélyeztető hatások felmérésén és kockázatelemzésen alapuló katasztrófa-veszélyeztetettségi besorolás rendszere. [6] [21]

A katasztrófavédelmi törvény [56] hatálybelépése óta hazánkban minden települést egyedi kockázat-becslés alapján sorolnak be a három katasztrófavédelmi osztály egyikébe, amelynek hangsúlyos eleme az ár- és belvízvédelmi veszélyeztetettség. A települések kockázati besorolása alapján készült a *7. ábra*, amely jól mutatja, hogy a síkvidéki települések szinte mindegyike kisebb-nagyobb mértékben belvízzel veszélyeztetett. A kockázati besorolás a vízügyi igazgatóságok bevonásával évente felülvizsgálatra kerül. [5]

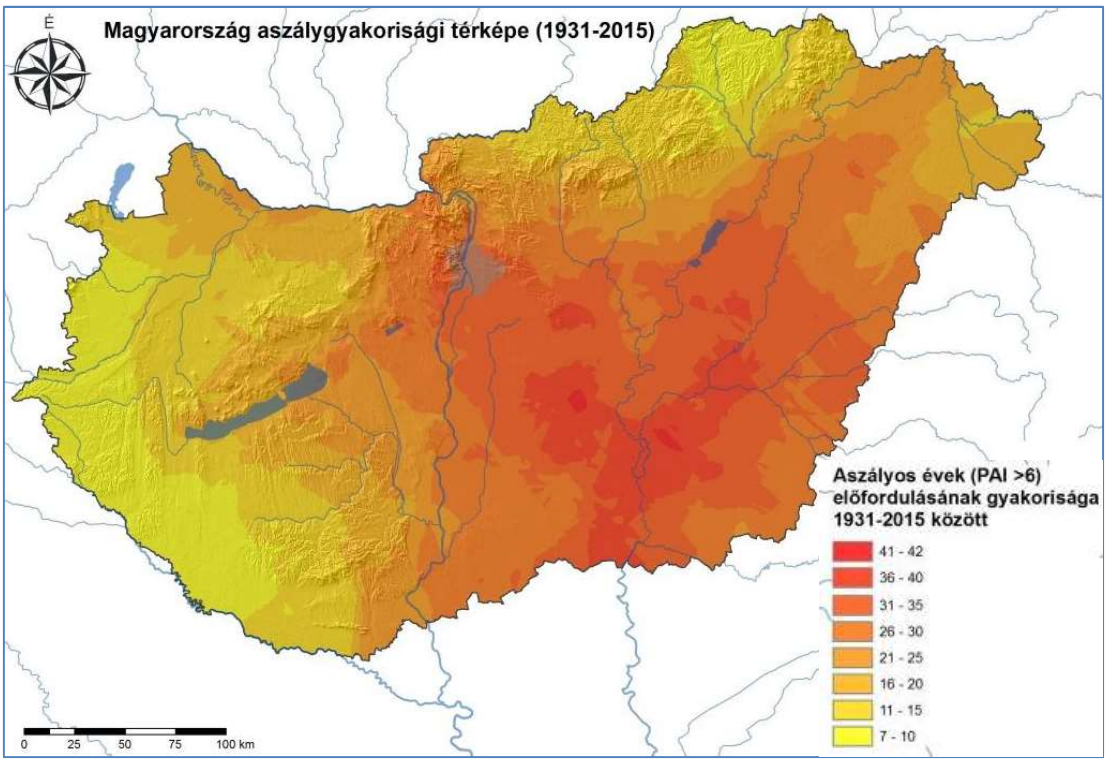


7. ábra. Magyarország településeinek belvízi kockázati besorolása. Veszélyeztetettség mértéke szerint alacsony (zöld), közepes (sárga) és magas (piros) kockázati kategóriák *(forrás: Védelem. Katasztrófa- és tűzvédelmi szemle)* [98: 11]

A 2014-es hazai kockázatértékelési jelentés alapján a szélsőséges időjárás egyik következményeként kialakuló aszály is már magas prioritású kockázatnak minősül. A klímaváltozás szcenáriói alapján, mint azt a bevezetőben és az 1. fejezetben is ismertettem, a szélsőséges vízjárási állapotok erősödését jelzik előre, ezzel együtt a vízbő és vízhiányos időszakok kártételeinek fokozódására számíthatunk. [51]

Hazánk területére vonatkozóan az aszály területi veszélyeztetettségét a 8. ábrán mutatom be, amely az aszály előfordulásának gyakoriságát mutatja 1931-2015 közötti időszakban:

- vörös szín az aszállyal leginkább veszélyeztetett (vizsgált időszakban 41-42 alkalommal fordult elő PAI[6] 6-nál nagyobb mértékű aszály),
- sárga szín (vizsgált időszakban 7-10 alkalommal fordult elő PAI 6-nál nagyobb mértékű aszály).



8. ábra. Magyarország aszálygyakorisági térképe az aszályos évek előfordulásának gyakorisága alapján 1931-2015 között *(forrás: Kvassay Terv)* [7: 47]

[6] PAI: Pálfai-féle aszályindex Ha a PAI értéke kisebb 6, akkor nem beszélhetünk aszályról, 6-8 közötti mérsékelt, 8-10 között közepes erősségű, 10-12 között súlyos, <12 rendkívül súlyos aszályról beszélünk.[3]

A vízkárokkal kapcsolatos kockázatok összegzéseként, a *8. ábrát* az *5. a 6. és a 7. ábrával* összevetve, megállapítható, hogy a belvizekkel kapcsolatos veszélyeztetettség szinte ugyanazon területeket érinti legsúlyosabban, ahol az aszály előfordulására és kártételeire is leggyakrabban számíthatunk. Elsősorban az Alföld a legveszélyeztetettebb mindkét káreseménnyel, ezért a megelőzés és a vízkárokkal kapcsolatos intézkedések kapcsán a komplex szemlélet elengedhetetlen, azaz a tervezett és megtett intézkedések hatását a belvízre és aszályra vonatkozóan is egyidejűleg értékelni és vizsgálni kell. [7] [94]

2.3. A belvízvédekezés jogszabályi hátterének kialakulása Magyarországon

Az árvizek és belvizek elleni védekezés a területi kiterjedés kapcsán eltérő sajátosságokat mutat. Az árvízvédekezés egy jól meghatározott védvonal (árvízi védtöltés) menti beavatkozás. Azonban a belvízvédekezés a síkvidéki kiterjedése miatt sok szereplőt érint. A védekezésben érdekeltek és kötelezettek a magán ingatlantulajdonosok, a mezőgazdasági termelők, az önkormányzatok és az állam is, akik a vízrendszerben védelmi tevékenységükkel egymásra hatnak, így például a szakszerűtlen beavatkozás a másik helyen elöntést és kárt okozhat. Ezt a védekezési munkát irányítani kell és a tevékenységeket össze kell hangolni, amely az állam feladata.

Az állam a vízkárelhárításra, így a belvízvédekezésre vonatkozó jogszabályok megalkotásával, valamint a pénzügyi feltételek biztosításával megteremtette a belvíz elleni védekezés feltételeit, ezzel lehetővé vált a védekezést végrehajtó szervezet és a védekezési infrastruktúra létrehozása is. Az állam jogszabályok útján szabályozza a védekezési tevékenységet, a védekezésre kötelezettek körét, a kötelezettségeket és hatásköröket. Az állami tulajdonú belvízvédelmi infrastruktúra (vízrendezési művek) fejlesztését és üzemeltetését az állam a vízügyi igazgatóságok útján látja el. [4] [5]

A vízkárok és belvíz elleni védekezés törteti fejlődésének szemléltetésére néhány főbb korszakot és rendeletet mutatok be. A vízkárok elleni védelem már a királyi rendeletekben is megfogalmazott feladat volt Magyarországon, amely a folyamatosan fejlődő jogszabályi környezetben napjainkig szabályozza az érintettek kötelezettségeit és feladatait. [24] [99]

Hazánk törvénykezésében a vízkárelhárítással kapcsolatos kötelezettségek már a középkorban megjelentek, így például az árvizek elleni védekezés kapcsán a nemesek kötelezettségét az első királyi rendelkezésben Zsigmond király hozta 1426-ban. Az árvizek

(vízkárok) elleni intézményes védekezés törvényi formában először az 1569. évi XXI. tv-ben jelent meg. [31] Ebben az időben a belvízvédekezés és az árvízvédelem még nem különült el.

A kiterülő vizek ellen a közös területen élők és gazdálkodók rendszeresen megjelenő vízkárral való veszélyeztetettségére megoldást kellett találni. Az országgyűlés az 1807-es XVII. törvénycikkel[7] [101] teremtette meg a vízi társulatok megalakításának lehetőségét, amely megerősítette a gazdák szándékát a közös cselekvésre és felelősség-vállalásra. [24] Megfogalmazták azt a máig is érvényes, időnként háttérbe szoruló *alapelvet, hogy a területi vízrendezést csak vízgyűjtő alapon lehet megvalósítani, s a vízgyűjtőterület érintettjeinek közös teherviselése szükséges.* Ennek értelmében, ha a területen élők és gazdálkodók többsége a tervezett munkálatokat megszavazza, akkor a kisebbségnek ezt tűrnie kell, s ugyanúgy hozzá is kell járulnia a költségviseléshez. Ez teremtett jogalapot az első vízgazdálkodási társulat megalakulásához 1810-ben a Sárvíz szabályozására. [24: 11] [31]

A vízkárok elleni védekezés történetében a következő jelentős törvény volt a vizekről és csatornákról szóló 1840. évi X. törvény[8], amely a vízi munkálatokat, illetve az azokkal okozott károk megtérítését is szabályozta, továbbá a törvény kimondta, hogy a vízi munkálatok költségeit a helyi tulajdonosok közösségének kell viselnie. [24]

A vízgazdálkodás új korszaka az abszolút monarchia korában (1848-as forradalmat követően) kezdődött meg. A mindenkori kormányzat biztosította a jogi és pénzügyi hátteret a vízkárelhárítási feladatok végrehajtására. [100]

Az érdekeltekből megalakult ármentesítő társulatoknak kezdetben nem volt törvényben foglalt kötelezettségük a belvízmentesítés, de a többségük ezt a feladatot is elvégezte. [24] Az 1869. évi csapadékos időjárás hatására jelentős károkozással, területi elöntésekkel járó belvízi helyzet alakult ki, amely kiváltotta a tervszerű belvízrendezés igényét az 1871. évi törvény alapján és megalakultak a belvízmentesítő társulatok is.

Az 1885. évi XXIII. vízjogi törvény 1945-ben még hatályban volt, mely alapján az ár- és belvízmentesítés költségei az érintett terület mezőgazdasági népességét terhelték. A háború után kialakult nehéz gazdasági helyzetben a vízrendezés pénzügyi forrását a területen élők nem tudták előteremteni, a finanszírozást az államtól várták. A vízügyi tevékenység az 1945. évi földbirtokreformot követően akadozott, a nagybirtokok helyett egy felaprózott birtokszerkezet

[7] 1807. évi XVII. törvénycikk. a magánosok költségén létesítendő vízművekről.
[8] irodalom0. évi X. törvény vizekről és csatornákról

jött létre, amely gátolta az eredményes belvízmentesítést. Az állami szerepvállalás nélkül a belvízvédekezés és vízrendezési feladatokat nem lehetett eredményesen elvégezni. [24: 119]

A II. világháborút követő időszakban újabb törvények születtek. A társadalmi tulajdon szerepének előtérbe helyezésével, a vízzel kapcsolatos államigazgatási és jogi környezetet újra szabályozták. 1948-tól megvalósult a vízügyi ágazat központosítása. A vízgazdálkodási társulatok államosításával, a vízgazdálkodási feladatok átszervezésével 1953-ban megalakult az egységes vízügyi szolgálat. Az országos vízgazdálkodási feladatok ellátásra egy középirányítói szervezet és vízgyűjtő-területi lehatárolás alapján tizenkettő vízügyi igazgatóság alakult meg. [100]

A központosítás időszakában újra szabályozták a vízkárelhárítás állami keretrendszerét, az árvízvédelmi kormánybiztosról szóló rendelet készült, szabályozták a vízjogi engedélyezési eljárási szabályokat és gondoskodtak az ár- és belvízvédekezés műszaki és államigazgatási feladatainak összehangolásáról. [24]

A vízügyről szóló 1964. évi IV. törvény értelmében az állami tulajdonban lévő vizeket, illetőleg területeket a vízügyi szervek kezelték. Fő célja az állami vízgazdálkodás megteremtése, a vízkészlet tervezett hasznosítása, a vizek mennyiségi és minőségi védelme, valamint a vizek kártételei elleni védekezés volt. [101]

A vízgazdálkodási feladatok központi irányítása végül nem tudta eredményesen kezelni a helyi vízgazdálkodási problémákat, így 1957-ben a vízgazdálkodási társulatok újraalakításáról döntöttek. [24: 12]. Ezzel együtt az is elfogadottá vált, hogy az állami szerepvállalás mellett a területileg illetékes tulajdonosok újra költségviselőivé váltak a területi vízgazdálkodásnak és a vízkárok elleni védelemnek. *Az állami és vízgazdálkodási társulatok párhuzamos feladat-ellátása, valamint az érdekeltek és az állam közös felelősségvállalásának rendszere 2014-ig fennmaradt.*

A hatályos vízkárelhárítás és belvízvédekezés alapját a vízgazdálkodásról szóló 1995. évi LVII. törvény [72] és a kapcsolódó végrehajtási jogszabályok határozzák meg. A törvény részletesen szabályozza a vízgazdálkodással, vízkárelhárítással kapcsolatos állami és helyi önkormányzati feladatokat, valamint a magántulajdonos feladatait is. A vízkárok elleni védekezés végrehajtását a 232/1996. (XII.26.) Korm. rendelet [102] és a 10/1997. (VII.17.) KHVM rendelet [103] szabályozzák, meghatározva az egyes belvízvédelmi készültségek elrendelésének kritériumait, az egyes fokozatokban szükséges teendőket, a védekezésre kötelezettek feladatait és hatásköreit, valamint a védelmi tervek tartalmát. [4] [5] [6]

A vízügyi igazgatóságok megalakításuk óta változó minisztériumi irányítás alatt látják el vízgazdálkodási feladataikat. Így a vízügyi ágazat tartozott már a Közlekedési és Hírközlési Minisztérium, a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, a Vidékfejlesztési Minisztérium alá is. A vízügyi feladatok hatékonyságának növelése érdekében a kormány a vízügyi szervezeteket a 300/2011. (XII. 22.) Korm. rendelet alapján átszervezte, melynek értelmében a vízügyi szervezetek belügyminisztérium igazgatása alá kerültek. [100]

Ezzel egy időben a 2011. évi katasztrófavédelmi törvény[9] is módosításra került, amely változás megerősítette, hogy a katasztrófák elleni védekezés egységes irányítása állami feladat. A védekezést és a következmények felszámolását az erre a célra létrehozott szervek és a különböző védekezési rendszerek működésének összehangolásával, az állampolgárok, a védekező szervezetek, így a vízügyi igazgatási szervek, az önkéntesen részt vevő civil szervezetek az állami szervek és az önkormányzatok (a katasztrófavédelemben részt vevők) bevonásával, illetve közreműködésével kell biztosítani. [5] [12]

A 2011-es katasztrófavédelmi törvény megújulásával az önkormányzatok védekezése is jelentős központi támogatást kapott. Védekezés esetére a települések korszerű kockázatértékelésen alapuló katasztrófavédelmi besorolása lehetővé teszi, hogy a szükséges erőforrások előzetes tervezhetők és biztosíthatók legyenek. A polgármestert a vízkár elleni védekezési munkájában, a település katasztrófavédelmi besorolásától függően (I. és II. osztály), közbiztonsági referens segíti. [21]

A katasztrófavédelmi törvény 2012. évi módosításával a veszélyhelyzet fogalmát kiterjesztették a belvízre is, valamint az önkormányzati hatás- és feladatkörök elosztása is egyértelműen meghatározott lett. Az Alaptörvény 51. Cikke alapján veszélyhelyzet hirdethető ki élet- és vagyonbiztonságot veszélyeztető elemi csapás esetén. A katasztrófavédelmi törvény 44.§ alapján belvízvédekezés kapcsán akkor rendelhető el veszélyhelyzet, „ha a belvíz lakott területeket, ipartelepeket, fő közlekedési utakat, vasutakat veszélyeztet és a veszélyeztetés olyan mértékű, hogy a kár megelőzése, az újabb elöntések elhárítása meghaladja az erre rendelt szervezetek védekezési lehetőségeit.” A veszélyhelyzet elrendelése a védelmi igazgatási rendszer erőforrásait és lehetőségeit teszi könnyebben mozgósíthatóvá. [12]

2014-ben a vízügyi hatósági jogkörök is módosultak. Első lépésként a korábbi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Főfelügyelőség és Felügyelőségek helyett új

[9] 2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról

önálló szervezetként vízügyi hatóság jött létre, majd a területi első fokú vízügyi hatósági és szakhatósági, továbbá az első fokú területi vízvédelmi hatósági és szakhatósági jogkörben eljáró hatóságok újra szabályozásával a jogkör a megyei katasztrófavédelmi igazgatóságokhoz került, ezzel egyidejűleg az országos vízügyi hatósági és az országos vízvédelmi hatósági jogkör az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatósághoz került. [100]

2014-ben további változást jelentett, hogy a kormány a vízkárelhárítási feladatokra történő egységes felkészülés és a védekezés hatékonyabbá tétele érdekében módosította a vízgazdálkodásról szóló törvényt. A módosítás alapján az állami tulajdonban lévő vizek és vízilétesítmények vagyonkezelését, azok üzemeltetését, fenntartását és fejlesztését a vízgazdálkodási társulatoknál lévő művek esetében is a továbbra is a vízügyi igazgatóságok (VIZIG-ek) látják el. E rendelkezés alapján vízgazdálkodási társulatok a kezelésükben lévő állami tulajdonú műveket átadták a területileg illetékes vízügyi igazgatóságoknak, egyúttal a közcélú, önkormányzatok által felajánlott létesítményeket is átvették az igazgatóságok üzemeltetésre. [100]

A vízgazdálkodási törvény alapján 2014-ben megvalósított üzemeltetői és vagyonkezelői jogok átadásával megváltozott a közel 200 éves (1807-es XVII. törvény alapján kimondott), „a közös vízgyűjtőterületen történő közös felelősségvállalás a vizekkel szembeni kártételekkel” elv, e helyett az állam átvette a területi szereplőktől a belvízvédekezés (továbbá a vízelvezető rendszerek fenntartásának és üzemeltetésének) közvetlen felelősségét és a költségviselés terheit. Azonban problémát jelent az, hogy a korábban termelőszövetkezeti tulajdonú, ma jellemzően önkormányzati tulajdonú csatornák, az úgynevezett harmadlagos csatornák többsége elhanyagolt állapotban van. A csatornák helyzete a jelenleg megalakulás alatt lévő öntözési közösségek érdekeinek érvényesítése kapcsán rendeződhet, ha egy közösség újra értékeli a saját belvízbiztonsága és vízpótlásának kiszolgálása érdekében szükséges intézkedések fontosságát, azaz az öntözési közösség felvállalja és finanszírozza a mezőgazdasági termelés biztonsága érdekében a területét közvetlenül érintő csatornák fenntartását.

A vízkárok elleni védekezésben további változást jelentett az árvíz- és belvízvédekezésről[10] szóló rendelet módosítása, amely a 2021. októberi változását követően kiegészült a vízhiányos helyzet és a tartósan vízhiányos időszak védelmi feladatainak ellátási

[10] 10/1997. (VII. 17.) KHVM az árvíz- és a belvízvédekezésről szóló rendelet

kötelezettségével. Ezzel *az ár- és belvíz mellett az aszályos időszakok kárelhárítási feladatai is megfogalmazásra kerültek a hazai jogszabályokban.* A vízhiány elleni védekezés állami feladatait szintén a vízügyi igazgatóságok látják el.

2.4. A belvíz elleni védelem kapcsán érintett szervezetek

A belvízvédelemmel kapcsolatos *védelmi* és *megelőző intézkedések* meghatározása, szabályozása, a felelősségi és intézkedési jogkörök meghatározása kapcsán a jogszabályok megalkotása, a védekezési tevékenység irányítása, valamint az állami műveken történő védekezési forrásának biztosítása állami feladat. [4] [5]

A vizek kártételei elleni védelem *a megelőzés,* azaz a tervezés és engedélyezés folyamatában is megjelenik. Az állam különböző közigazgatási szervezetei közreműködnek a fejlesztések engedélyezési eljárásai során, amelyek közvetetten, vagy közvetlenül hatnak egy-egy térség belvízbiztonságára.

A megelőzés egyik fontos jogi eszköze a vízjogi engedélyezési hatósági eljárás lefolytatása (elvi, létesítési és üzemeltetési), amelyet a belvízelvezető létesítményekre vonatkozóan is el kell végezni, amely eljárásban a megyei katasztrófavédelmi igazgatóságok illetékesek. Az engedélyezési eljárás során az állami tulajdonban lévő vizek ügyében a területileg illetékes vízügyi igazgatóságok vagyonkezelői nyilatkozatát is figyelembe veszi a hatóság. A műszaki létesítmények tervezését a Magyar Mérnöki Kamara által kiadott jogosultság alapján végezhetik a tervezők. Ezek együttesen segítik, hogy már a megelőzés folyamatában az állam előírásait érvényesíthesse és a vonatkozó szabályozásokat betartassa. Így például egy települési csapadékvíz-elvezetés vízjogi engedélyezési eljárás során a hatóság ellenőrzi és előírja megfelelő vízelvezetési kapacitás biztosítását.

A vízjogi engedélyezési eljárásban a vízgazdálkodási társulatok vízügyi igazgatóságok számára történő átadási folyamat végrehajtása során problémák merültek fel a vonalas létesítmények (csatornák) rendezetlen terület-tulajdonviszonyai, a vitatott felépítmény tulajdonjogi kérdései, továbbá a csatornák rendezetlen engedélyezési állapota miatt. Ezért a belvízelvezető művek vízügyi igazgatóságok számára történő átadási folyamata a mai napig nem zárult le teljesen, sem fizikai, sem jogi vonatkozásban. Ez a belvízbiztonságra is kihat, hiszen a jogilag rendezetlen helyzetben az igazgatóságok számára a *beavatkozás (fenntartás és védekezés) kapcsán bizonytalanságot és kifogásolható helyzetet teremt.* A társulattól átvett csatornák nyomvonalán gyakran közbeékelődő magántulajdonú és önkormányzati ingatlanok

vannak, amely számos esetben osztatlan közös tulajdonúak és eltérő művelési ágú területek. Ez a rendezetlen ingatlan és tulajdoni állapot több száz csatorna esetében lehetetleníti el a vízjogi engedélyezési eljárások eredményes lefolytatását, mert az engedélyezési eljárásához szükséges az érintett területtulajdonosok hozzájárulásának beszerzése. Ez esetenként több, akár százas nagyságrendben is szükségessé teszi az érintett tulajdonosok megkeresését, amely a rendelkezésre álló humánerőforrás és eljárási idő miatt rendkívül időigényes, és a megkeresések gyakran eredménytelenül záródnak. Az idegen ingatlanon üzemeltetési engedély hiányában a védekező szervezet jogcím nélkül avatkozna be, hiszen a jogszabály[11] egyértelműen kimondja, hogy az ingatlan tulajdonosa, illetve az engedélyes köteles e feladatokat végrehajtani. [72: 16.§ a) bekezdés]

További gondként merül fel a földhivatali nyilvántartások adattartalma, amely megnehezíti a vízilétesítmény nyomvonalán a közbeékelődött idegen ingatlantulajdonosok felkutatását.

A megelőzés további fontos eszközeként említem meg, hogy az *építési engedélyezési* eljárás során a belvízi adottságoknak megfelelő területhasználatokkal a belvízi kockázat és károkozás csökkenthető, például a mélyfekvésű területek beépítésének szabályozásával, a beépítés korlátozásával, vagy esetleges tilalmával.

Szintén a vízkárokkal kapcsolatos megelőzés fontos államigazgatási eszköze a *veszélyhelyzeti-tervezés és a kockázat-elemzés eszközrendszere*. [5] [21]

A megelőzés és tervezés másik fontos támogató eszköze az *ellenőrzés*. Az állam részéről a felelősségvállalás súlyát az is jelzi, hogy a kormány az Állami Számvevőszék (ÁSZ) bevonásával időszakosan elvégezteti a katasztrófavédelmi, vízkárelhárítási és a belvízvédekezési tevékenységek és folyamatok vizsgálatát. Ezen vizsgálatok például 2005-ben, a 2006-ban, 2007-ben, majd 2011-ben is foglalkoztak az ár- és belvízvédekezések, az önkormányzati vízkárelhárítás és természeti katasztrófák elhárításával kapcsolatos tevékenységek, valamint a 2016-os a katasztrófavédelem új rendszerének vizsgálatával. Ezen jelentések tartalmaznak olyan előremutató megállapításokat, amelyek alapján a vizsgálati jelentésekben megállapított hiányosságokat, ellentmondásokat a későbbiekben állami intézkedések, jogszabály módosítás, pénzügyi forrás biztosítása követtek. [46] [47] [104]

[11] 1995. évi LVII. törvény a vízgazdálkodásról

2.5. A belvízvédekezés irányítása és a védelmi igazgatás szervezetei

A vízgazdálkodás és vízkárelhárítás operatív területi feladatait az országos vízgyűjtőterület szerinti illetékességi területen 12 vízügyi igazgatóság végzi. Ellátják az árvíz- és belvízvédelmi művek üzemeltetését, fenntartását és fejlesztését, a vízrajzi adatgyűjtést, továbbá ár- és belvízvédekezés idején az állami műveken a védekezés műszaki feladatait és illetékességi területükön a védekezés irányítását. A megelőzés terén az igazgatóságok feladata az állami, az önkormányzati és a magántulajdonban lévő vízkár-elhárítási vízilétesítmények fenntartói, üzemeltetési, rekonstrukciós és fejlesztési összhangjának megteremtése is, amelyhez a vízügyi hatóság támogatása szükséges. [4] [5]

A vízkárok elleni védekezés és a vízügyi igazgatási szervek irányítása 2012. február 11-től kezdődően Belügyminisztérium[12] felelősségi körébe tartozik. [5]

Az ár- és belvízvédekezés országos irányítását a vízgazdálkodásról szóló 1995. évi LVII. törvény [107] alapján a vízgazdálkodásért felelős miniszter látja el. A törvény rendelkezik a vizek kártételei elleni védelem érdekében a vízkárelhárítási tevékenység szabályozásáról (szervezés, irányítás, ellenőrzés), a helyi közfeladatokat meghaladó védekezésről. A védekezéshez kapcsolódó részletes feladatokat, hatás- és jogköröket a végrehajtási rendeletek szabályozzák. [5] [21] [105]

A miniszter, vagy a Katasztrófavédelmi Koordinációs Tárcaközi Bizottság (továbbiakban KBB) a vízkárelhárítás és vízminőségi kárelhárítás műszaki feladatainak országos irányítását *minősített helyzeten kívüli időszakban delegálja*. Az irányítást az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) és a KKB Nemzeti Veszélyhelyzet-kezelési Központjának (KKB NVK) a vízkárelhárítás és vízminőségi kárelhárítás elleni védekezési munkabizottságaként működő Országos Műszaki Irányító Törzs (OMIT), valamint a területileg illetékes vízügyi igazgatóságok és Budapest Főváros védelmi szervei útján látja el. [5]

Veszélyhelyzeten kívüli védekezés esetében a vízügyi igazgatási szervek irányításáért felelős miniszter az országos vízkárelhárítás tevékenység vezetője. *Veszélyhelyzet kihirdetésekor* a védekezés országos irányítója a katasztrófák elleni védekezésért felelős miniszter lesz. Hazánkban a veszélyhelyzet nélküli és a veszélyhelyzetben végrehajtott vízkárelhárítási tevékenységek irányítója a belügyminiszter személyében megegyezik. [5] [94]

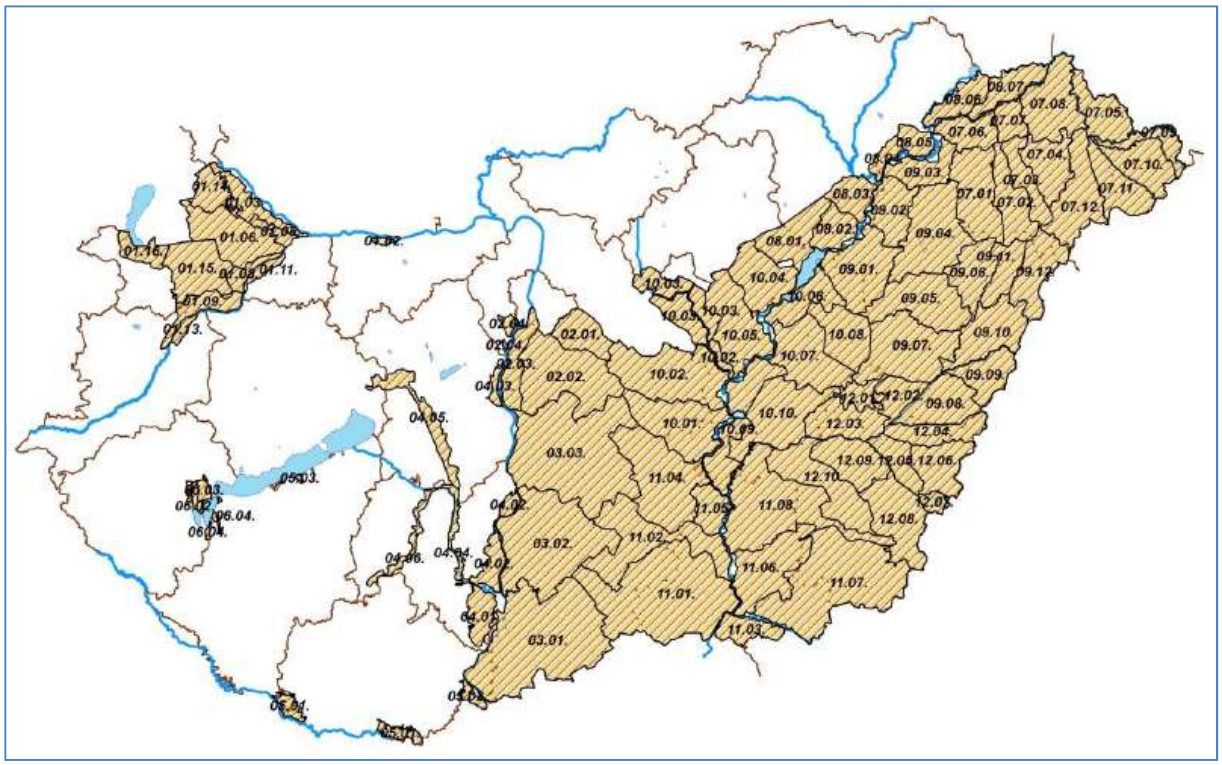
[12] A vízügyi ágazat az 1953-as megalakítása óta több minisztérium alá tartozott.

Védekezési készültség idején a védekezés műszaki feladatainak helyi irányítását védelemvezetőként a VIZIG-nél az igazgató, az önállóan védekező településeken – az általa fenntartott műveken, a település közigazgatási határán belül – a polgármester, vagy az általa kinevezett védelemvezető, amely tevékenységet vízügyi igazgatási szervek szakmai irányításával látja el.

A VIZIG-ek önkormányzati védekezések irányítására vonatkozó feladatellátása *egy egyidejű ár- és belvízvédelmi szituációban az állami főműveken is szükséges védelmi tevékenység ellátása kapcsán jelentős erőforráshiányt okozhat*. Egy vízügyi igazgatóság működési területén kialakuló kiterjedt, humánerőforrás-hiányt jelentő védekezési tevékenység esetén a vízügyi ágazat belső átcsoportosításával lehet megoldani a védelmi szervezet felállítását. Az átvezénylésre a jelenlegi jogszabályok lehetőséget biztosítanak, amely egyébiránt rendszeresen előforduló eseménynek számítanak a mértékadót meghaladó ár- és belvízvédekezések kapcsán. [94]

Az önkormányzati védekezést támogató feladatnak a nagyságrendjét az ATIVIZIG működési területére vonatkozóan mutatom be, ahol 114 település van. Jelentősebb vízkárelhárítás során az önkormányzatokkal egyidejű védelmi feladatellátás zajlott: 2000-ben hatvannégy, 2005-ben harminc, 2006-ban ötvenegy, 2009-ben ötvenhat, 2010-ben hatvannégy, 2011-ben ötvenhárom önkormányzat védekezett egyidejűleg az ATIVIZIG működési területén. Ezekben az időszakokban az állami védműveken végrehajtott rendkívüli árvízi védekezés és kiterjedt belvízvédekezés feladatainak ellátását végezte a vízügyi szolgálat, amely védekezés csak más igazgatóságok területéről átvezényelt vízügyi osztagok segítségével volt teljesíthető. Az önkormányzatok védekezését csak esetenként és tanácsadással segítette az igazgatóság. [94]

A belvízvédekezés területi egysége a vízgyűjtőterület alapján lehatárolt belvízvédelmi szakasz, amely a belvízvédekezés legkisebb egysége. A védekezés a belvízvédelmi szakasz védelemvezető irányítása alatt valósul meg. Magyarország belvízvédelmi szakaszait a 9. ábra mutatja be.



9. ábra. Magyarország belvízvédelmi szakaszai *(forrás: OVF)* [103: 2. melléklet]

Minősített védelmi helyzetben, azaz katasztrófa idején (rendkívüli belvízvédelmi fokozat és a kihirdetett veszélyhelyzet esetén) a vízkárelhárítási feladatok végrehajtása túlmutat a vízügyi igazgatóságok hatáskörén és a rendelkezésre álló erőforrásain. Ezen időszakban katasztrófavédelmi feladatok végrehajtása is szükségessé válhat (pl. lakosságvédelem, kitelepítés, önkormányzati segítségnyújtás, lakossági tájékoztatás, stb.). Ennek a védelmi szervezeti-közigazgatási háttérnek és a védekezés forrásának biztosítása szintén kiemelt állami feladat, amelyet hazánkban a már hivatkozott katasztrófavédelmi törvény és végrehajtási rendeletei teljes körűen szabályoznak. [5] [94]

Veszélyhelyzetben a belvízvédekezési tevékenységet, a következmények felszámolását az állampolgárok, a védekező szervezetek, így a vízügyi igazgatási szervek, az önkéntesen részt vevő civil szervezetek az állami szervek és az önkormányzatok bevonásával, illetve közreműködésével kell biztosítani. [90]

Veszélyhelyzetben a katasztrófavédelmi törvény alapján a katasztrófavédelem valamennyi felelős szereplője részére a veszélyhelyzet fokozathoz határozták meg az irányítói hatásköröket. Rendkívüli belvízi helyzetben, például egy kiterjedt földárja jelenség időszakában a veszélyhelyzet elrendelését a vízügyi igazgató az OMIT útján, vagy a

polgármester a helyi védelmi bizottság (HVB) és megyei védelmi bizottság (MVB) elnöke, a Belügyminisztérium (BM) Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (OKF) útján kezdeményezheti. [5]

Minősített helyzetekben a védekezés irányítása megváltozik. A vízkárok elleni védekezés során a vízügyi igazgatóságok szakmai munkáját támogató, ill. az egyéb védelmi feladat ellátására katasztrófavédelmi és egyéb kirendelt szervezetek jelennek meg. A védekezési irányítását a katasztrófavédelmi törvény alapján kinevezett megbízott látja el, a vízkárelhárítás szakmai védekezési feladatait továbbra is a vízügyi igazgatóságok látják el.

Minősített védelmi helyzetben az államigazgatás különböző tárcái a védekezéssel összefüggő szakmai és államigazgatási feladatait az OMIT mellett a miniszter által kinevezett állandó megbízottak koordinálásával végzik. [5]

A védekezés megyei szintje a MVB szintjére delegált, amelynek tagja a vízügyi igazgató is. Javaslatára dönt a bizottság a vízkárelhárítás védekezés céljait szolgáló gazdasági és anyagi szolgáltatási kötelezettség tervezéséről és igénybevételéről. Az MVB feladata a védekezés területi szintű összehangolása, település kitelepítésének elrendelése. [5][6]

A védekezés helyi szintje a HVB, amelyet a járási hivatalvezető vezet. Jogköre szerint védekezéskor utasíthatja a részvevő szervezetek vezetőit a hatáskörükbe tartozó intézkedések megtételére. Szintén a HVB vezetője intézkedik a védekezési eszközök és állományok átcsoportosításáról, bevonásáról. [5]

A védelmi igazgatás helyi szintű végrehajtója a polgármester. A veszélyhelyzet kihirdetését követően a katasztrófavédelmi igazgatás megbízottja, illetve rendkívüli vízkárelhárítási esemény alkalmával miniszteri megbízott veszi át a védekezés irányítását. [19]

2.6. A belvízvédekezés létesítményei és az üzemeltető/védekező szervezetek

Az árvízvédelmi szabályozások során a folyók mentén megépített árvízvédelmi töltések elvágták a háttér (árvizektől mentesített) területekről érkező belvizek útját. Így a mentesített területek csak a folyók áradásaitól váltak védetté, a mögöttes területekről az összegyülekező csapadékvizek elárasztották a mélyfekvésű, folyó menti területeket. Eleinte a töltések átvágásával vezették vissza a folyóba ezeket a vizeket, majd az ipari forradalom eredményeként megjelenő gőzgépek hoztak megoldást a belvizek befogadó folyókba történő átszivattyúzására. Ezek a szivattyútelepek voltak a mai, elektromos üzemű torkolati szivattyútelepek elődei. A

mocsaras, vízjárta területek lecsapolására a meglévő érvonulatok mentén kiépültek a vízrendezési és vízelvezető rendszerek. [4] [93]

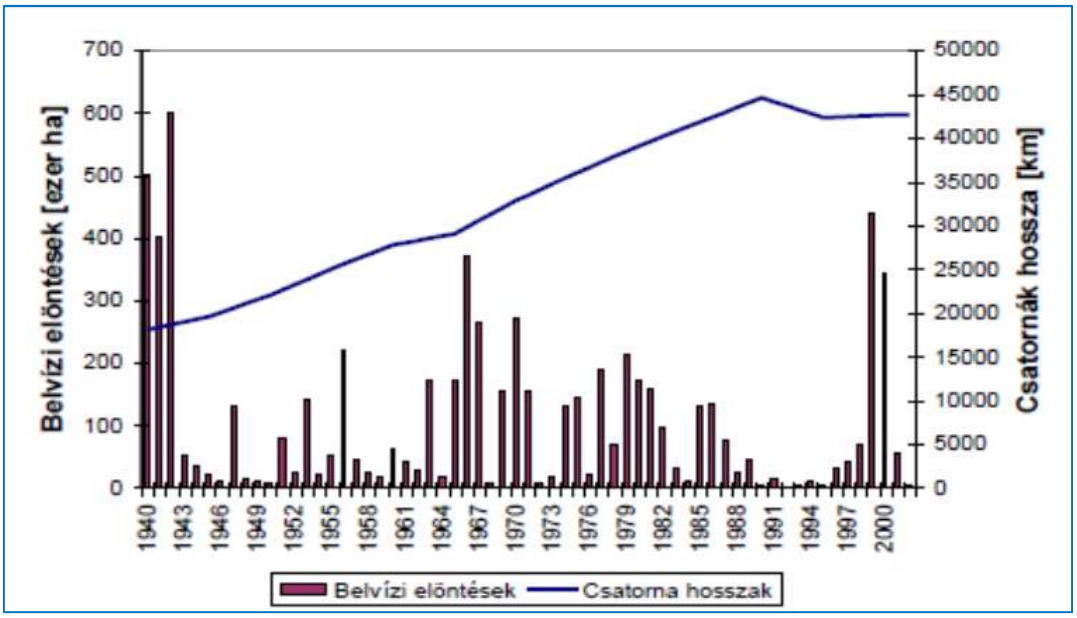
A folyószabályozás és lecsapolás gigászi munkálatainak a megtervezése és végrehajtása állami szerepvállalás nélkül elképzelhetetlen lett volna, de a magántőke bevonása nélkül sem lett volna megvalósítható. Ilyen nagyszabású árvízi és vízrendezési beavatkozás csak Hollandiában, valamint Olaszországban a Pó folyó völgyében valósult meg, amely a magyar szakemberek számára példaértékű volt. [29: 9]

A kormányzat és a közigazgatási rendszer (vármegyék) jellemzően a hajózó utak biztosításával, a vízrajzi felmérések, valamint a szabályozási tervek elkészítésével foglalkoztak, amelynek kormányzati alapját az 1815-ben létrehozott só-alap biztosította. Az állam a só megemelt hatósági árából befolyt pénzösszeget fordította az állami vízimunkák költségeinek fedezésére. Az érdekeltek által megalakított ármentesítő és lecsapoló vízgazdálkodási társulatok látták el közös felelősség és költségviselés mellett a védekezési feladatokat. [24] [93]

A vízrendszerek fejlődése nagy léptékben indult meg. 1890-ben 3 851 km csatorna és tizenkét darab szivattyú-telep szolgálta a Tisza-völgy belvizeinek levezetését. A XIX. század végére már kiépültek azok a belvíz elvezető csatornák, amelyek a mai hálózat gerincét képezik, majd a külvizek elvezetésére elkészültek a nagyobb "felfogó" csatornák. 1919-re 12 477 km belvízcsatorna és kilencvenkilenc szivattyútelep épült a Tisza völgyében, a belvízmentesített mezőgazdasági terület nagysága meghaladta az 1 millió hektárt. A II. világháború elejére a csatornahossz 19 543 km-re nőtt, valamint összesen 222 m^3/s teljesítményű átemelő-kapacitással rendelkezett a vízhálózat. [24]

A II. világháborút követően elsőként a háborús rongálások helyreállítását kellett elvégezni. Az 1.5. fejezetben leírtak alapján a háború után a szétszakított területek vízrendszerei és a víztársulatok is szétszakadtak, egyes területeken üzemképtelenné váltak. Az 1966-os nagy belvízi károkozással járó elöntéseket követően hazánkban megélénkült a vízrendezési művek fejlesztése. [3] [24]

A belvízrendszerek fejlesztése az 1990-es évekig folyamatos volt, majd az aszályos időszak megtorpanást jelentett a belvízrendszerek fejlesztésében. A 10. ábrán a belvízrendszerek építésének fejlődését mutatom be az 1940-2002 időszakban, amely a belvízcsatornák hosszát (km) és a belvízi elöntések (ha) alakulását mutatja.



10. ábra. A belvízcsatornák hossza (km) és a belvízi elöntések (ha) alakulása az 1940-2002 időszakban *(forrás: Kozák)* [29]

A 2000-es évet követő időszakra vonatkozóan a csatorna-hosszra vonatkozó adatok jelentős bizonytalansággal terheltek, de az megállapítható a tapasztalatok alapján, hogy a külterületeken jelentős mértékű csatornaépítések nem történtek ezt követően. A kezdetben nagyjából 2000 km-es csatornahossz 4500 km hosszra történő fejlődése nem eredményezte az elöntések nagyságának tendenciózus csökkenését, amelyet az 1999-2000-es évek jelentős elöntési adatában láthatunk. [29] Ennek oka valószínűsíthetően az volt, hogy a 1990-es évek aszályos időszakában a csatornarendszerek karbantartási munkája jellemzően elmaradt és a rendkívüli csapadékból keletkező belvíztömeget a vízrendszer nem tudta hatékonyan elvezetni.

Az 1960-70-es években a mélyfekvésű területek víztelenítése érdekében esésnövelő szivattyútelepekkel egészült ki a belvízelvezető-rendszer. A síkvidéki területek belvízmentesítése az 1980-as években a nagy állami beruházásként megvalósított meliorációval vált teljessé. [100]

1957-2014 között az állami műveken a belvízvédelmi feladatokat a vízügyi igazgatóságokkal párhuzamosan a vízgazdálkodási társulatok látták el. Az állami művek üzemeltetésének szervezetek közötti megosztása jellemzően a művek kapacitásának nagyságrendje alapján történt. A belvízi infrastruktúra 63-65 %-át a vízgazdálkodási társulatok és a vízügyi igazgatóságok üzemeltették.

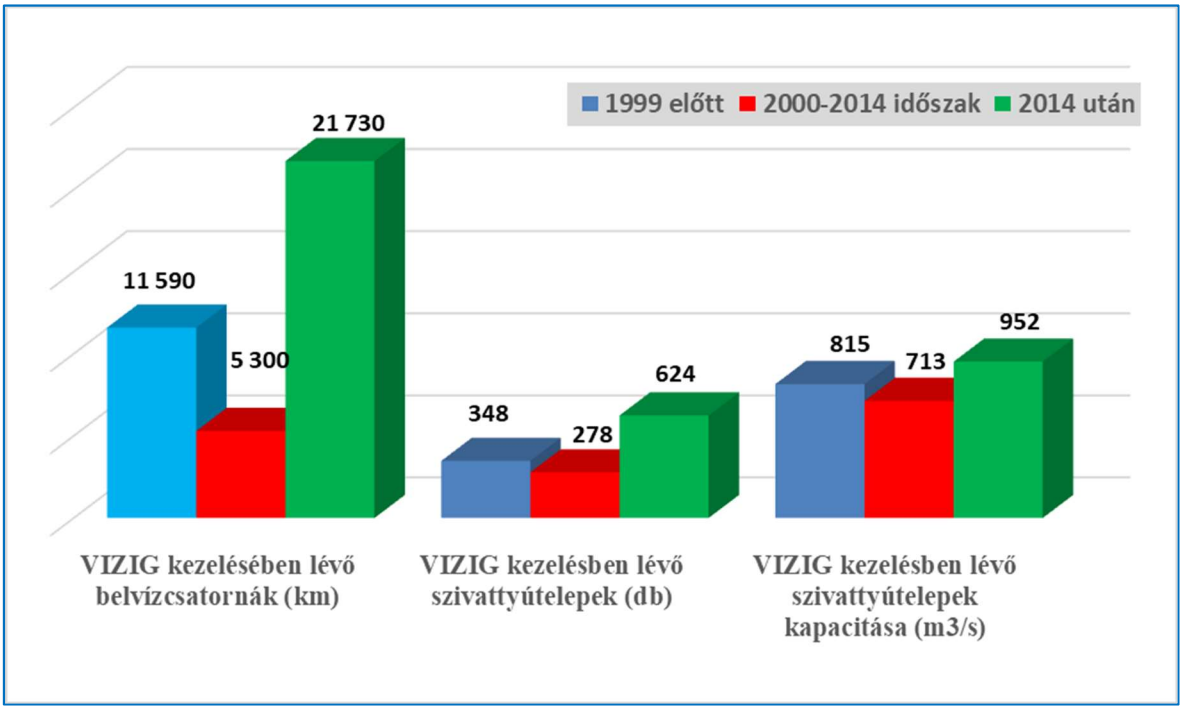
A vízügyi szakterület feladat- és hatáskörében a jogszabályi változások közel 70 év alatt több alkalommal nagymértékű változást hoztak az állami művek üzemeltetői szervezetei kapcsán.

1. 1953-ban a központosított vízügyi szolgálat vette át a megszüntetett vízgazdálkodási társulatoktól a belvízrendezési és öntözőművek üzemeltetését.
2. 1957-ben újra alakították a vízgazdálkodási társulatokat. A következő időszakban párhuzamosan üzemeltették a vízügyi igazgatóságok és a társulatok a belvízmentesítés infrastruktúráját, 1998-2000-ig nem volt nagyobb átszervezés. [24]
3. 2000-2001-ben az 1998-as vízgazdálkodási törvény módosításával a vízgazdálkodási társulatok megerősítésében látta az akkori kormányzat a belvízvédelem megújítását. Ezért a törvény rendelkezései alapján a vízügyi igazgatóságok a társulatok számára átadták üzemeltetésre a 2,0 m3/s torkolati kapacitásnál kisebb kapacitású belvízi, valamint a mezőgazdasági és öntöző műveket, az úgynevezett forgalomképes állami műveket, a csatornákat és szivattyútelepeket. A főművek az igazgatóságok üzemeltetésében maradtak. [24]
4. 2014-ben a vízgazdálkodási törvény módosításával, a belvízvédelmet biztosító állami tulajdonú csatornák és szivattyútelepek a vízgazdálkodási társulatoktól teljes körűen átkerültek a területileg illetékes vízügyi igazgatóságokhoz. A törvény lehetőséget adott arra is, hogy az önkormányzatok a közcélú csatornákat és szivattyútelepet átadják üzemeltetésre a területileg illetékes vízügyi igazgatóságok számára. Ezzel a kormányzat a vízügyi igazgatóságok útján erősítette meg az állami irányítás és a végrehajtói (üzemeltetői) szerepét a belvízvédekezési tevékenységben. [100]

2014-ben a vízügyi igazgatóságok 28 472 km hosszú vízilétesítményt vettek át a társulatoktól, ezt követően összesen több mint 41 ezer km hosszú csatorna és kisvízfolyás üzemeltetését látják el. Ebből 21 730 km belvízcsatorna, 4 326 km kettősműködésű csatorna, az üzemeltetett kisvízfolyások hossza pedig 14 989 km. [7: 10]

A vízügyi igazgatóságok az állami költségvetés terhére jelentős infrastruktúra fenntartását, üzemeltetését és fejlesztését látják el az átvételt követően. Megvizsgáltam és elemeztem a vízügyi igazgatóságok által kezelt és üzemeltetett belvízvédelmi-vízrendezési létesítmények időbeni változását, amely adatokat a *11. ábrán* mutatom be az alábbi három időszakra vonatkozóan:

1. A vízügyi igazgatóságok és vízgazdálkodási társulatok párhuzamos működése (1999 előtt),
2. A vízgazdálkodási társulatok részére megvalósult átadást követően - társulatok megerősödésének időszaka (2000-2014),
3. A vízügyi igazgatóságok részére megvalósult átadást követően - vízügyi igazgatóságok szerepének megerősödése (2014 után).



11. ábra. A vízügyi igazgatóságok kezelésében lévő belvízi létesítmények az 1999, a 2000-2014 és a 2014. utáni időszakokban *(készítette a szerző, forrás: OVF)*

A bemutatott adatok alapján 2014-et követően a belvízvédekezés, üzemeltetés és fenntartási feladatok nagyságrendekkel nagyobb feladatot rónak a vízügyi ágazatra.

- A vízügyi igazgatóságok által üzemeltetett csatornák hossza az átvételt követően jelentősen megnőtt. A korábbi 5 300 km hosszú csatornahálózat helyett jelenleg 21 730 km csatorna-rendszer üzemeltetését biztosítják.

  A csatornák kezelését ellátó illetékes csatornaőrök „felügyeleti" csatornahossza átlagosan a duplájára nőtt meg, amely esetenként új őrjárások kialakítását tette szükségessé.
- Az átvétel előtt időszakban 278 szivattyútelepet üzemeltettek az igazgatóságok, ehhez képest az átvételt követően mintegy megkétszereződött az üzemeltetett szivattyúk darabszáma, amely jelenleg 624 darab. Ez összesen 952 m^3/s átemelő kapacitást jelent a

torkolati és közbenső szivattyútelepeken. A szivattyútelepek karbantartása, üzemeltetése és a védelmi feladatok ellátása jelentős szakirányú létszámigényt jelent, amely egyidejű rendelkezésre állása jelenleg nem biztosított az igazgatóságoknál. [100]

2.7. A belvízvédekezés pénzügyi erőforrásai

Az állami főművekre biztosított állami pénzügyi források mellett a 2.2. pontban ismertetett területi illetékességi alapon megfizetett társulati hozzájárulás és az ezt kiegészítő állami támogatás közös pénzügyi alapot teremtett a vízgyűjtő területen a belvízvédelmi művek fenntartási-üzemeltetési feladataira. 2014-től az egyének közösségi felelősségvállalása helyett a belvízvédelmi infrastruktúra fenntartási és üzemeltetési, valamint a belvíz elleni védekezés feladatait és költségeit átvette az állam. A társulati érdekeltségi hozzájárulás eltörlése becslések alapján 4,5 milliárd forinttal csökkentette a vízhálózatra rendelkezésre álló közösségi fenntartási forrást. [7: 59]

A vízügyi igazgatóságokra a vízgazdálkodási társulati létesítmények átvételt követően nagyságrenddel nagyobb fenntartási, üzemeltetési és belvízvédekezési feladat hárul. A szervezet az elmúlt évtizedekben jelentős átszervezéseken és létszámcsökkentésen ment keresztül. Némi enyhítést jelent az ágazatban, hogy a 2014-es társulati művek átvételét követően a 2016-os költségvetésben megteremtett lehetőségként országosan 222 fővel létszámfejlesztés valósult meg. Később az öntözési feladatok és az átvett társulati művekkel kapcsolatos feladat ellátására kismértékben tovább fejlődhetett a humánerőforrás, amely a védekezési feladatok ellátásába is bevonhatóvá vált.

Az igazgatóságok fenntartógép állománya néhány év alatt pályázati és központi források bevonásával jelentős fejlődésen esett át, a megnövekedett nagyságrendű feladat-ellátásra azonban így is csak részben alkalmas. Ezért a védekezési időszakban külső erőforrás bevonása válhat szükségessé.

Az állam szerepe természetesen a szervezeti struktúra és az infrastruktúra fenntartására, működtetésére szükséges pénzügyi források biztosításában is alapvető. Hazánkban az intézményi költségvetési források biztosítják a belvíz megelőzésével kapcsolatos hatósági, oktatási vízügyi és katasztrófa-elhárítás államigazgatási munka elvégzését is, valamint a belvízmentesítés műveinek fenntartási feladatainak és egy hidrológiai szélsőség esetén kialakuló belvízhelyzetben a károk minimalizálását, a belvízvédekezés feladatellátását és a védekezést követően a helyreállítást. [106]

A belvízvédelemmel kapcsolatban felsorolt pénzügyi teherviselés mértékéről néhány számadatot mutatok be: 2008-as adat alapján a belvízelvezető rendszerek fenntartása átlagosan évi 4–5 milliárd forintot igényelne, ezzel szemben erre a feladatra 0,5 milliárd forint összeg állt rendelkezésre. Az elégtelen működés miatt az ötévenkénti 200–300 ezer hektár nagyságú belvízi elöntések 10–20 milliárd forintos nagyságrendű kárt okoznak. [8]

Az állami műveken végrehajtott védekezés költségein túlmenően 2006-ban az önkormányzati vízkárok helyreállításának költségeit is 69–93%-ban állami forrásokból fedezték. [104]

A 2010 nyarán bekövetkezett vizek kártételeivel kapcsolatos kiadások és károk mértéke mintegy 75 milliárd forint volt. Ennek az összegnek a harmadát a védekezés költségek jelentették. A károk legnagyobb része az állami/önkormányzati infrastruktúrát érte. [47]

A mezőgazdasági belvízkárok megtérítése, avagy az önkormányzati védekezés és fenntartás kérdéskörével jelen dolgozat részletesen nem foglalkozik. Egyetlen példát említek csak ebben a témában: a vízkárok kapcsán 2003-ban hozták létre a Wesselényi Ár- és Belvízvédelmi Kártalanítási Alapot (WMA). [107] Az árvízkárok és árvízből eredő belvízkárok megtérítésében való önkéntes részvételre ösztönző elkülönített állami pénzalap 2016-ig biztosította Magyarország veszélyeztetett területein a lakóingatlan tulajdonnal rendelkezők számára a káresemények utáni kártalanítást. A WMA 2016. évi megszűnésével, fejezeti kezelésű előirányzat lett, amelybe a Magyarország hullámtérben, nyílt ártérben, az árvízzel kapcsolatos belvíz által veszélyeztetett területen, vagy mentesített ártérben lakóingatlan tulajdonnal rendelkezők szerződés alapján befizetést teljesíthetnek, ezáltal jogosulttá válhatnak a káresemények utáni kártalanításra.

2.8. A belvízvédekezésben az egyéni felelősségvállalás

A 2012-ben hatályba lépett Alaptörvény [89] a vízzel kapcsolatos közösségi és az egyéni felelősségvállalást is hangsúlyozza. Egyrészt a vizet „természeti erőforrásként” és a „nemzet közös örökségeként” nevesíti, amelynek a jövő nemzedékek számára való megőrzése az állam és minden állampolgár kötelessége. Másrészt, a katasztrófavédelem kapcsán az állampolgárokra vonatkozóan kötelezettségeket tartalmaz, így kimondja, hogy az állampolgárok joga és kötelessége a katasztrófavédelmi helyzetekben a felelősségvállalás és a védelmi munkában való részvétel. [89]

A polgári védelmi szervezetek megalakítása az egyéni felelősségvállaláson alapulóan a veszélyhelyzeti védekezés esetén történő intézményesített feladatellátását biztosítja. [108]

A hazai szabályozások illeszkednek az Európai Unió törekvéséhez, amely az egyéni felelősségvállalás hangsúlyozását és az egyéni érdekeltek teherviselését támogatja, s amely igény áthatja a Víz Keretirányelv intézkedéseit is.

Az egyéni és a közösségi felelősségvállalás-költségvállalás kérdéskörében megvizsgáltam néhány EU-s és nem EU-s környező ország gyakorlatát. Több országban is élnek azzal a gyakorlattal, hogy a vízgyűjtőterületen élő érdekeltek közvetlen befizetéseikkel hozzájárulnak a síkvidéki vízelvezető- és vízpótló-rendszerek fenntartásához és a védekezés költségeihez, továbbá képviseletük révén felügyeletet gyakorolnak a tevékenység kapcsán.

A közösségi felelősségvállaláson alapuló vízgazdálkodási társulatok Európa több országban is jelen vannak. Az EUWMA (The European Union of Water Management Associations – Európai Unióbeli Vízgazdálkodási Társulatok Szövetsége) fogja össze Belgium, Olaszország, Franciaország, Spanyolország, Portugália, Anglia, Hollandia és Magyarország vízgazdálkodási társulatait. Ez a szervezet az 55 milliónyi hektár síkvidéki mélyterületen több mint 8 600 egyéni szervezetet reprezentál, ott, ahol a belvízi elöntés fenyegetést jelent. [109]

Ezek közül két országot emelek ki példaként. Hollandiában, ahol a vizek általi fenyegetettség hazánk helyzetéhez hasonlóan jelentős, a vízgazdálkodásnak, így a vízkárok elleni védelemnek állami és helyi szinten is végrehajtó szervezeti vannak, amelyben a társadalmi képviselet is jelen van. A vizekkel való gazdálkodást végző szervezet (water board[13]) tevékenységét a területileg illetékes földhasználók által választott testület ellenőrzi. A feladatok végrehajtását az adóbevételeken és a területtulajdonosok által befizetett hozzájárulásokból finanszírozzák. Ebből fedezik az árvizek elleni védekezést és a területekről a többletvizek elvezetését (hazánkban belvíz), ill. a vízhiányos időszakokban az öntözővíz szolgáltatást is. Nagyobb fejlesztések, beruházások esetén külön döntés alapján állami hozzájárulást biztosítanak. Tehát, a döntésben és finanszírozásban az állam és az egyén is szerepet vállal. [110]

Olaszországban az Associazione Nazionale Consorzi e Tutela del Territorio e Acque Irrigue[14](ANBI) fogja össze a társulási és önkormányzati konzorciumok vízzel kapcsolatos

[13] water board: vízügyi testület (ford. szerző)

[14] Öntözési és Meliorációs Vízgazdálkodási Konzorciumok Országos Szövetsége

munkáját, amely szervezetet a konzorcium tagjai által demokratikusan megválasztott testület irányít. A társulatok biztosítják adott vízgyűjtő területek belvízmentesítését és az öntözését is. A vízrendszer fenntartási munkáihoz és a tevékenység irányításához szükséges források biztosítása érdekében a szervezetek adóztatási jogkörrel rendelkeznek a vízgyűjtőterületen, a társult városi és mezőgazdasági ingatlanokon. [111]

Nem uniós tagországként Szerbiát hozom példaként. A belvízmentesítő rendszer fenntartásának és üzemeltetési költségei az állami költségvetési alapból, vagyis a "belvíz-elvezetési díjból" származik. A törvények által meghatározott mértékű „vízelvezetés" díjat törvény szerint mindenki köteles fizetni, aki mezőgazdasági, erdei, építési és egyéb terület felhasználója vagy tulajdonosa melyek a vízgyűjtőterület határain belül vannak. A befizetésekből képzett költségvetési alap biztosítja a vízügyi szervezet működését és tevékenységét, amelyet a vizekről szóló törvény, a közjavak használatának díjairól szóló törvény, az általános közigazgatási eljárásokról szóló törvény és a vízdíjak mértékéről szóló köztársasági rendeletek határoznak meg.

A hazai vízügyi ágazati stratégiában (Kvassay-tervben) megfogalmazott jövőbeni célkitűzés a belvizek kapcsán új irányt jelöl meg. A vizek okozta károk megelőzését helyezi előtérbe a jelenleg folytatott elvezetés típusú belvízvédekezés helyett. Továbbá az emberi élet védelme és a nemzeti vagyon kockázathoz igazított mértékű megóvása, a vízgazdálkodási rendszerek és a területhasználati módok összehangolt átalakítását tűzi célul, mely szerint a káros víztömeg a vízhiány mérséklésére legyen fordítható. Ez a törekvés az aszálykárok elleni védekezés kapcsán is fontos célkitűzés. [7: 13]

A stratégiában az árvízi és belvízi kockázatok kezeléséről megfogalmazott hosszú távú[15] célkitűzés szerint a „vízkáreseményekkel egyidejű védekezést fokozatosan felváltja a megelőző, mérlegelt differenciált vízkárelhárítás-szabályozás. Az „abszolút biztonság" szintje racionális célként nem tűzhető ki, ehelyett határozzuk meg a társadalom számára elfogadható kockázat mértékét". A cél, hogy az a lakos, közösség vagy gazdasági szereplő, aki elszenvedheti az elöntés következményeit, alkalmassá váljék saját óvintézkedések megtételére a károk megelőzése, csökkentése érdekében, valamint egy kiterjedt biztosítási rendszer támogassa a kárenyhítést. [7]

[15] 2030-ig kidolgozott kockázat megelőző ár- és belvízvédelem [9]

A fenti célkitűzés teljesülését akadályozhatja, vagy legalábbis jelentősen időben elnyújthatja a dolgozatomban kifejtett előzmény, miszerint hazánkban a jelenlegi vízkárelhárítási, vízügyi szakmai és kárenyhítési jogszabályok és rendszer hosszú évtizedek óta működnek együtt. Ebben a környezetben alakult ki a védekező szervezetek és az önkormányzatok vízkárelhárítás-belvízvédekezési gyakorlata. A jelenlegi, alapvetően állami irányításon alapuló belvízvédekezési rendszerről a differenciált vízkárelhárítás-szabályozásra történő áttérés társadalmi elfogadása jelentős feladatot ró a jövőben az államigazgatás vízkárelhárításban közvetlenül és közvetetten érintett szereplői számára.

2.9. Részkövetkeztetések

A belvízvédekezés teljes síkvidéki vízgyűjtő területre kiterjedő védelmi tevékenység, ahol a védekezésre kötelezettek védelmi tevékenységét össze kell hangolni. Megállapításaim a második fejezetben ismertetett kutatásom alapján:

- Az általános és veszélyhelyzeti belvízvédekezés esetében a védekező szervezetek illetékességi és hatásköre, a védekezés irányítása jól szabályozott.
- A belvízvédekezésben az állam szerepvállalása tovább erősödött a vízügyi igazgatóságok révén. A vízügyi igazgatóságok a megnövekedett feladatot a rendelkezésre álló erőforrások optimális felhasználásával tudják biztosítani. Egyidejű ár- és belvízvédekezés, illetve kiterjedt területen történő belvízvédekezés esetén erőforráshiány áll elő, ezért a védekező szervezetek együttműködése a védekezési feladatok végrehajtása során elengedhetetlen.
- Egyre nagyobb hangsúlyt kell helyezni az aszály- és belvízkárok komplex szemléleten alapuló megelőzésére a különböző szabályozókon keresztül. Ennek a folyamatnak a koordinálása és irányítása állami feladat.
- Számos államigazgatási szervezet munkája és feladatköre kapcsolódik a közvetlenül, vagy közvetetten a belvízvédelemhez, ilyen például a vízügyi hatóság, katasztrófavédelmi igazgatóságok, építésügyi hatóságok, természetvédelmi hatóság, állami számvevőszék, valamint az önkormányzatok is. A megelőzés kapcsán csak az érintett szervezetek együttműködésével lehetséges a komplex megoldások megvalósítása.
- A társulatoktól történő csatornák átvétele az ingatlan tulajdoni viszonyai miatt nem zárult le, az engedélyezési eljárásban ezen rendezetlenség akadályt jelent, amely egyúttal az eredményes belvízvédekezést is akadályozza.

- Az állami szervezetek által vagyonkezelt és üzemeltett belvízvédelmi infrastruktúra üzemeltetés vízjogi engedélyezés kérdéskörben a vízügyi hatósági jogkört gyakorló hatóság nagymértékű támogatása szükséges.
- A nemzetközi gyakorlatban számos országban a területileg érdekeltek anyagi hozzájárulása mellett, esetenként társulati alapon üzemeltetik a belvízelvezető és az öntöző rendszereket, amely szervezetek a társadalom által ellenőrzött formában működnek.
- A katasztrófavédelmi törvény módosításával a polgári védelmi szervezetek belvízvédekezésre történő bevonása kulcsszerepet játszhat a vízügyi szervezetek humán erőforrásának kimerülése esetén. A belvízvédekezésben a helyi sajátosságok ismeretével a polgári védelmi szervezetben beosztottak ismeretátadásával a helyi közösség, így például a legnagyobb szerepet játszó mezőgazdasági termelők tudatformálásában is kulcsszerepet játszhat.
- A megalakított polgári védelmi szervezetek katasztrófavédelmi és vízügyi közös szemléletű felkészítése szükséges, amely során a belvízmentesítés területi sajátosságainak, a vízkárelhárítás feladatainak megismertetése megtörténik. Különös hangsúlyt kell helyezni a jövőben a megelőzéssel kapcsolatos felkészítésre.
- A vízügyi igazgatóságok jelentős szerepet kaphatnak a polgári védelmi szervezetek, a közbiztonsági referensek, a polgármesterek és a katasztrófavédelmi szervezetek belvízvédelemmel és a helyi sajátosságokkal kapcsolatos felkészítésében.

3. FEJEZET: A TERÜLETHASZNÁLATI VÁLTOZÁSOK HATÁSAINAK ÉS A BELVÍZRENDSZEREK MÉRETEZÉSÉNEK VIZSGÁLATA, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A FÖLDÁRJA JELENSÉGRE

3.1. A belvíz meghatározása, típusai

Kutatásom fő témája a belvízképződés és a belvízvédelem. A vizsgálatok első részében a belvízvédelem nem-szerkezeti elemeinek változásának hatását vizsgálom a belvízvédelem hatékonyságának fokozása szempontjából. Célul tűztem ki a belvízrendszer teljesítőképességére, a belvízi biztonság szerkezeti elemeire statikus vagy dinamikus hatással lévő területhasználati, környezeti és természeti változások feltárását és azok rendszerbe foglalását.

Hipotézisem szerint a belvíz vizsgálata során a talajvízből származó terheléseket jelentősebb hangsúllyal kell figyelembe venni, mint ahogyan az a jelenleg hatályos, a belvízrendszerek méretezését meghatározó műszaki irányelvekben szerepel, különös tekintettel a földárja jelenség által érintett területeken. Továbbá, az emberi tevékenység és a természeti-környezeti eredetű változások hatására a belvízrendszereket megváltozott vízterhelés éri.

Megvizsgáltam a belvízrendszerek teljesítőképességének meghatározására és a releváns területi, környezeti és természeti változások okozta hatások számszerűsítésére szolgáló, a jelenlegi gyakorlatban használatos méretezési elveket és számításokat, a mérnöki gyakorlatot. A belvízrendszerek méretezési gyakorlatának tükrében vizsgáltam meg a vízgyűjtőn lezajlott területi hatások érvényesülését.

A síkvidéki, lefolyástalan területeken nagy csapadék, avagy hirtelen hóolvadás által okozott elöntések jelentős károkat okoznak hazánkban. A belvízi jelenség egyes vélekedések szerint akár *hungaricumnak* [112] is tekinthető, azonban ezzel a megfogalmazással nem feltétlenül értek egyet, hiszen belvízi elöntésről akkor beszélhetünk, ha a morfológiai adottságok (síkvidéki, lefolyástalan terület) és/vagy elégtelen beszivárgási feltételek miatt csapadékból elöntés keletkezik, avagy speciális esetben az aluról feláramló talajvíztömeg elöntést okoz (földárja), amely tartósan megmarad és kárt okoz. Ilyen típusú káresemény hasonló hidrológiai adottságú síkvidéki területen szinte bárhol előfordulhat.

Azonban a belvízi jelenséggel, annak keletkezésével kapcsolatos és a károkozás megszüntetésére irányuló szakmai-tudományos munkásság, valamint az ehhez kapcsolódó állami támogatás és háttér valóban unikumnak tekinthető. Ennek történelmi gyökerei az elmúlt

évszázadokban végrehajtott védekezési tevékenységben, a világon is egyedülálló lecsapolási és folyószabályozási munkálatok megvalósításában, majd az azóta is folyamatos, a társadalmi elvárásokon alapuló, vizek kártételei elleni védekezési tevékenységben találhatók.

Pálfai 50-féle meghatározást gyűjtött össze a belvízről a 2000-es „nagy belvizet" követő publikációjában. [3] A belvízi jelenség megfogalmazására számtalan szakértő definícióját idézte, valamint később más szakértők is egyedi értelmezést adtak a jelenségre (Török 1997, Pálfai 2001, Kozák 2003, 2006, Barta et al 2013, Kozma 2013). [2] [29]

A belvizet a vízügyi mérnök, vagy a katasztrófavédelemben dolgozó szakember, a településrendező, a természettudományokkal foglalkozó szakember, a mezőgazdasági termelő más-más szempontból értékeli és írja le. Abban a különböző szakértői megfogalmazások megegyeznek, hogy a belvíz hidrológiai körülmények hatására (intenzív csapadék, vagy hóolvadás) alakul ki a lefolyástalan/síkvidéki területeken, továbbá a belvíz elöntéssel járó jelenség, amely kárt okoz.

A belvíznek, mint káreseménynek, a gazdasági oldalról történő megközelítése is különböző értelmezést ad. Így például a mezőgazdaság számára belvízi kárként jelenik meg a telített talaj miatt kipusztuló vagy károsodó termés, de az elöntött terület miatt elmaradó talajművelés is.[4] A beépített, lakóházas övezetekben, vagy ipari területeken a kár mértéke a mezőgazdasági területen okozott kár mértékének többszöröse is lehet. [29]

Dolgozatomban a belvíz megközelítésének alapja: *vízkárelhárítási szempontból vizsgálva belvízi helyzet akkor alakul ki, amikor nagyobb az elvezetendő/összegyülekező vízhozam, mint a rendelkezésre álló elvezetési kapacitás, azaz a talaj befogadóképessége kimerül, s nincs megfelelő kapacitású elvezető csatornahálózat, és az elöntés kárt okoz. Belvízvédelmi beavatkozásokkal az okozott kár enyhíthető, illetve megelőző intézkedésekkel a kár kialakulásának valószínűsége csökkenthető.*

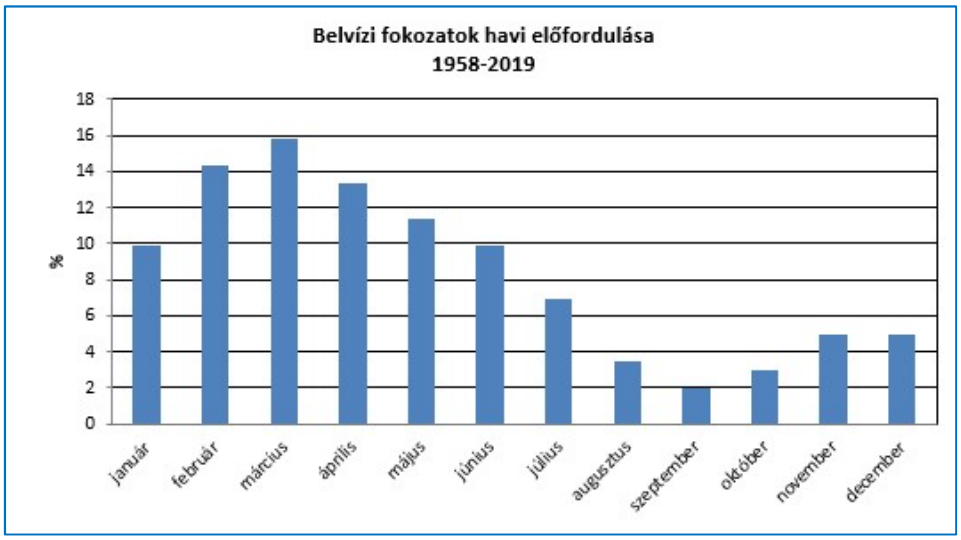
A belvizeket képződési folyamataik alapján is megkülönböztethetjük.

- Az akkumlatív típusú belvizek akkor keletkeznek, amikor a csapadékmennyiség nagyobb, mint a kombinált beszivárgási és lefolyási kapacitás.
- A „sorban-állás" típusú belvizek esetében a rendszer vízelvezetési kapacitása korlátozza a vízlevezetési folyamatokat.

A belvíz kialakulása szempontjából a víztömegek mozgása során tapasztalható dinamikus hatás jelentős, amely nemcsak a felszínen, hanem a felszín alatti vizekkel

kapcsolatosan is nagy jelentőséggel bír. Ez a hatás a jelenlegi mérnöki gyakorlatban még nem kapott elég figyelmet. A belvíz felszín alatti vízmozgással való dinamikus kapcsolatára jó példa a földárja jelenség, amikor belvizes helyzetben megjelenő, feltörő talajvíz tovább súlyosbít egy-egy helyzetet. [2] [4]

A belvíz megjelenése egy naptári éven belüli igen változatos lehet. Az ATIVIZIG működési területén elvégzett vizsgálatok alapján a belvízvédekezési fokozatok időszakait feldolgozva télvégi-tavaszi (január-május hónapok) belvizek előfordulási gyakorisága a legnagyobb és a leghosszabb időszakot érint (több hónapos), a nyári (június-augusztus), őszi (szeptember-november) belvizek előfordulása viszonylagosan ritka, időbeni elhúzódásuk nem jellemző (egy-két hét). [113]



12. ábra. Az elrendelt belvízi fokozatok éven belüli előfordulása 1958-2019. időszakban az ATIVIZIG működési területén *(forrás: Kozák)* [113]

A belvíz *időszakos megjelenése* alapozta meg a *kettősműködésű vízrendszerek* létrehozását, azaz a belvízmentes időszakban, amely május hónapot követően jellemzően kialakul, a belvízrendszer alkalmassá válik ugyanazon csatornamederben a vízhiányos nyári időszakokban vízpótlást biztosítására.

3.2. A belvízképződés folyamata: természeti változások és az emberi tevékenység hatásainak vizsgálata

A belvíz kialakulása és megszűnése számos természeti és antropogén tényezőtől függ, így a jelenség vizsgálata számos más tudományággal kapcsolatos szakismeretet és komplex

megközelítéseket igényel. Ennek az összetett tudásnak a leképezése jelenik meg a belvíz modellezés folyamatában, amelyet részletesen a 4. fejezetrészben fogok kifejteni.

A belvíz kialakulását befolyásoló főbb tényezők térben is időben folyamatosan változnak. *Ezért a belvíz képződése és megszűnése egy dinamikus, időben változó, komplex és bonyolult folyamat eredménye, amelyet számos természeti hatás és emberi tevékenység alakít és formál folyamatosan.* Ennek a folyamatnak alapos ismeretével remélhetjük, hogy a keletkezett károkat mérsékelni tudjuk, ill. a károk kialakulásának kockázatát csökkenthetjük.

A belvíz kialakulását elősegítő főbb természeti tényezők: [2] [3]

- csapadék: intenzív, vagy hosszantartó csapadék, hirtelen hóolvadás elöntést okoz
- hőmérséklet: a fagyott talajba a csapadék nem tud beszivárogni-megszűnik a talaj mélyebb rétegei felé a vízbeszivárgás, avagy a magasabb hőmérséklettel együtt nő a párolgás, ami a belvíz megszűnését segíti elő,
- morfológia, domborzat: lefolyástalan terület, vagy kis terepeséssel rendelkező terület, ahonnan a víz nem tud lefolyni,
- talajvízszint: magas talajvízállás esetén a csapadék leszivárgása korlátozottá válik, a talaj befogadóképessége kimerül.
- speciális eset a földárja jelenség, a talajvíz feláramlása, amely a felszínen elöntést okoz. [2]
- a talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságai: például az agyag és homoktalaj két szélsőséges vízgazdálkodási tulajdonságú talajtípus. A beszivárgás a homoktalajba nagyságrendekkel nagyobb, mint az agyagtalajba. A homok víztartó képessége viszont töredéke az agyagtalajénak
- a terület növényzettel fedettsége: növényzet: a növényzet levélzete és gyökérzete jelentősen befolyásolja a párolgást és beszivárgást – ezzel a belvízképződésre is jelentős hatással van.

A természeti folyamatokon túl az antropogén (emberi) tényezők is jelentősen befolyásolják a belvizek kialakulását. Így például a kiépített árvízi védvonalak. Az árvízvédelmi töltések megépültével a belvizek kinn rekedtek a folyókból, megszűnt a vizek természetes terepi lefolyása a befogadó folyók felé. Az érkező belvizek mesterséges levezetése, átemelése szükséges. [2] [3]

- Elégtelenül kiépített vízelvezető rendszer: csatornák, szivattyútelepek, elvezetik a víztömeget, azonban elégtelen műszaki állapot esetén az elöntést fokozhatja. Elvezetésből adódó belvizek, vagy „Vágás-típusú sorban állás”-ból adódó belvizek, amelyek általában szivattyútelepek előtti csatornaszakaszokon alakulnak ki A levezetendő víztömeg az elégtelen elvezető-kapacitása miatt „sorban áll”, „várakozik” és ezért nem tud elfolyni, aminek következtében elöntést okozhat a környező területeken. [2] [11]
- Mezőgazdasági területek agrotechnikai állapota: a talajjavítás, a szervesanyag tartalom növelése javítja a talaj vízgazdálkodási tulajdonságait, a vízmegtartó képességét. Ezzel ellentétben az eketalpréteg azonban megakadályozza a vizek beszivárgását és növeli a belvízveszélyt. [28]
- Beépített területek: burkolt felületeken a víz nem tud beszivárogni, nő a levezetési vízhozam, amely ár- és belvízi helyzetet okoz. [113] [114] [115]
- Területhasználatok megváltozása: pl. az úthálózat fejlesztése, a mélyfekvésű területek beépítése megváltoztatja a vizek összegyülekezési folyamatát. [116]

A fentiek alapján a belvízrendszerben a vizek összegyülekezése és lefolyás kapcsán egyrészt statikus hatások (például burkolt felületek növekedése, konstans vízhozamú egyéb vízbevezetés a csatornába), másrészt dinamikus hatások (például a talajvízszint változása, a csatorna aktuális fenntartottsági állapota, szivattyúzás) is megjelennek, amelyek jelentősen befolyásolják a belvízképződés folyamatát és a levezetendő mértékadó vízhozamot, így a belvízrendszer teljesítőképességére is hatással vannak.

3.3. A földárja jelenség

A földárja a belvíz egyik különleges megjelenési formája, amely függőleges irányú feláramló, a talajfelszínen elöntést okozó talajvízből alakul ki. A talajvízfeltörésekből származó, ill. a hóolvadásból, esőzésből közvetlenül származó felszíni vízborításokat nehéz megkülönböztetni és szétválasztani, mert megjelenésük között összefüggés van és számos esetben egyidejűleg jelentkeznek. [2] [3]

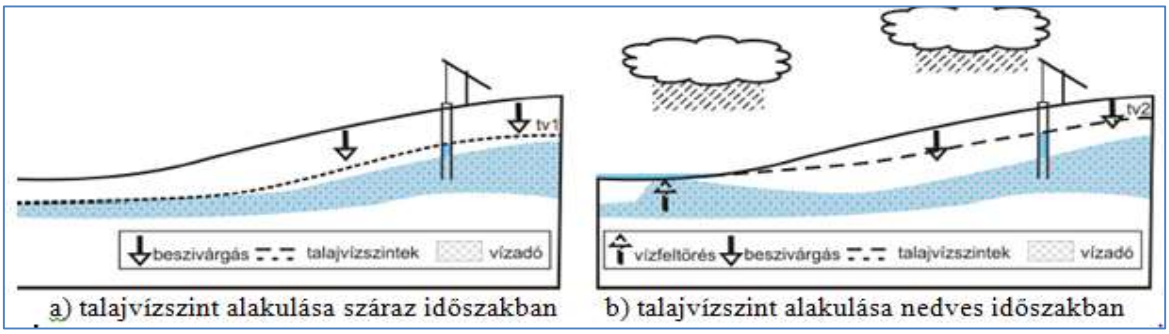
Hazai szakirodalomban Kvassay Jenő 1882-ben publikált könyvében találkoztam először a „föld alatti vizek” fejezetben a földárja jelenséggel. Strasbourg példáján kiindulva, majd hazai példákat véve a folyó menti területeken a vízszintváltozásból adódóan

megemelkedett, feltorlódott talajvízként írja le a jelenséget, s leírja a régi folyómedreken távolabbra is eljutó víztömeget is. [117] A Maros hordalékkúp kapcsán a Maros folyó vízjárása és a földárja jelenséggel kapcsolatban hasonló összefüggést megerősíteni és kizárni sem lehet kutatás hiányában.

Treitz földtani tényezőket vizsgálva állapította meg, hogy a folyamatban lévő talajtani süllyedések szabják meg a belvizek mozgásának irányát. A fúrási szelvények vizsgálatából megállapította, hogy a homokhátságon a földárja a mélyből feltörő gázok által felnyomott víztömegből keletkezik, továbbá a tektonikai vonalak mentén számtalan állandóan működő gázexhalációs hely van. [37] A későbbi kutatások ezt a feltevést nem erősítették meg.

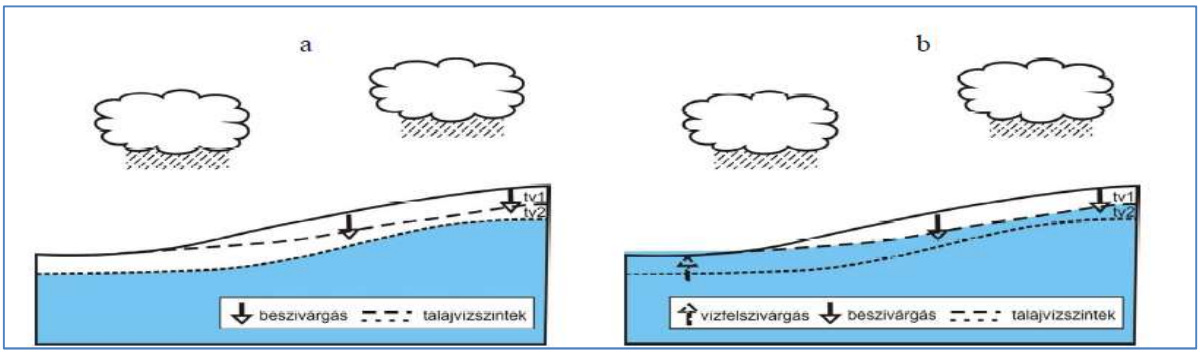
Pálfai elemzése alapján a földárja jelenség kiváltó tényezője a vízháztartási egyensúly drasztikus megbomlása. Hosszú idejű, az átlagos mennyiségnél jóval nagyobb csapadék esetén, valamint hűvös, az átlagosnál alacsonyabb párolgású időszakban a szokásos hidrológiai állapot felborul. A víztöbblet hatására a talajvíz egyre magasabbra emelkedik, megközelíti a felszínt, sőt - sajátos domborzati és földtani viszonyok között - a felszínre is feltör. [2] [35]

A talajvízfeltörések másik oka az adott területre jellemző különleges földtani és domborzati tényezők. Rakonczai a hidrogeológiai háttér alapján a földárja két altípusát különbözteti meg. Egyik esetben a hordalékkúpon a nyomás alatti talajvíz emelkedik felszínre ott, ahol azt a felszínközeli üledékek jellege és a túlnyomás erőssége lehetővé teszi. Ilyen például a Maros hordalékkúp esete, lásd 13. ábra.



13. ábra. A hordalékkúpon kialakuló földárja jelenség folyamata a) száraz és b) nedves időszakban *(forrás: Rakonczai) [2, 1131]*

A felszivárgó belvizek másik típusa olyan helyeken alakul ki, ahol legalább 10–20 méteres felszíni domborzati különbség adott, valamint a talajvíz szintje nincs nyomás alatt. Ennek egyik jellemző területe hazánkban a Duna–Tisza közi homokhátság, lásd 14. ábra. [2][3]



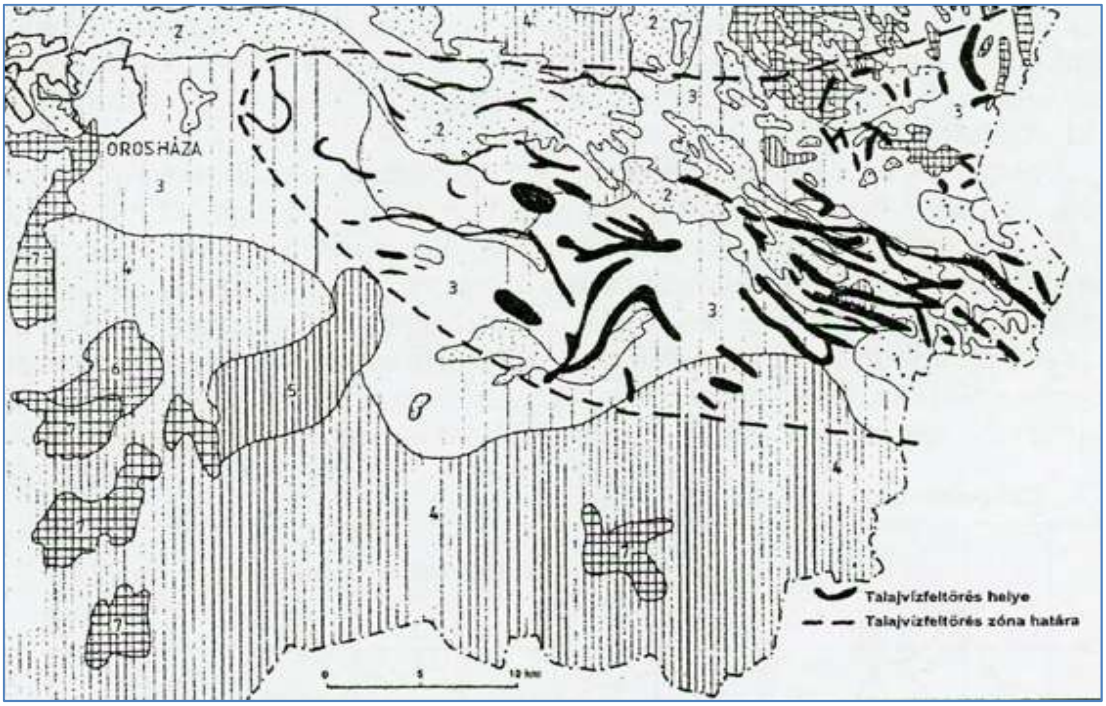
14. ábra. A felszivárgó típusú belvíz képződése nyílt talajvíztükör esetén
a: a talajvíztükör elhelyezkedése száraz időszakban, b: talajvíztükör elhelyezkedése nedves időszakban *(forrás: Rakonczai)* [2, 1131]

A földárja jelenség különleges földtani tényezője, hogy az egykori folyómedrekben a mélyebb rétegek is jó vízelvezető-képességgel rendelkeznek. Ez jellemzi a Maros-hordalékkúpot is, ahol az elhagyott folyómedreket kísérő parti dűnék nagy kiterjedésűek. A jó vízelvezető képességű rétegek a csapadékot a felszíni mélyedésekbe vezetik. Fontos a földárja kialakulása szempontjából, hogy ezek a talajrétegek magasabb térszínen lévő területek, így a beszivárgó vizek utat találnak az alacsonyabb térszínű területek felé. [2]

Pálfai vizsgálataira támaszkodva a Maros hordalékkúpon a talajvízfeltöréseket megelőző időszakok közös jellemzője az átlagnál nagyobb csapadékmennyiség és az átlagnál kisebb párolgás, azaz az átlagnál hűvösebb és kevesebb napsütéses óra. [3]

A földárja jelenség a belvízi helyzetet súlyosbítva katasztrófahelyzetet is okozhat, ahogyan ez 1979-ben a megtörtént a Maros hordalékkúp K-i lejtőjén, a magyar-román országhatár közelében lévő Kevermes, Nagykamarás, Kunágota és Medgyesbodzás térségében. [39] A több éves csapadékos hűvös időszakot követően megjelenő, belvízzel együtt megjelenő földárja jelenség rendkívüli károkat okozott a térségben. A kutatások alapján a káresemények részben a nem megfelelő területhasználat miatt következnek be. A csapadékmentes időszakban beépültek a korábban belvízjárta, mélyfekvésű területek, amelyek morfológiailag egykori folyómedrek voltak. [118] Nagykamaráson és Almáskamaráson a feltörő talajvizek az akkori háztulajdonosokat igen csak meglepték, mert e földtani képződményekről a lakosságnak nem volt tudomása. A szakemberek a jelenséget követő értékelések és kutatásokat követően azonosították be a káresemény tényezőit. A területi vizsgálatok rávilágítottak arra, hogy a földárja „átmegy” a vonalas létesítmények alatt, azaz

csatornahálózattal nem lehet megállítani a földárját, a régi folyó-völgyeletekbe beépített létesítményeket, épületeket, amelyek az „útjába kerülnek”, elönti. [2]



15. ábra. Az 1979-es talajvízfeltörések a Maros Hordalékkúpján
Jelmagyarázat: 1: Folyami homok; 2. Löszös homok; 3. homokos lösz; infúziós lösz; 5. agyagos lösz; 6. réti agyag, 7. szikes agyag (f*orrás: Pálfai)* [3: 59]

A földárja jelenség 2010-ben a Homokhátságon szintén megfigyelhető volt, amikor a hátság peremi zónájában, illetve a változatosabb domborzatú területeken jelent meg a feltörő víz. Mórahalom térségében a feltörő talajvíz közutat is elárasztotta annak ellenére, hogy a térség belvízelvezető csatornahálózatában a területről összegyülekező belvíz még meg sem jelent. [2: 1132]

A földárja előrejelzésének lehetőségére több tanulmány is született. Pálfai szerint a jelenség előrejelzése is lehetséges, amelyhez a csapadék-hőmérséklet adatokon túlmenően főként a talajvíz-kút adatok részletes elemzése szükséges. [3] A Maros-hordalékkúp esetében tanulmányban vizsgálták a meglévő monitoring állomások (talajvízkutak) relevanciáját. Szakértői megállapítás alapján a reális előrejelzéshez a csapadék-hőmérséklet adatok elemzésén túlmenően sűrűbb talajvízkút-hálózat és további vizsgálatok elvégzése szükséges. [2] [10]

A vizsgálatomhoz egy földárja jelenséggel érintett területet választottam ki, mert itt már bizonyított a talajvíz belvízrendszerekre gyakorolt hatásának ténye, azonban a hatások

számszerűsítése nem történt meg. A mintaterületi vizsgálatra a Maros hordalékkúpon az Orosházi szivattyútelep vízgyűjtőterületét választottam ki. Az érintett terület részletes bemutatását, az elemzéseket és vizsgáltok megállapításait a 4. fejezetben mutatom be.

3.4. A belvízrendszerek méretezése és a méretezési alapelveket befolyásoló természeti, területhasználati és egyéb antropogén hatások vizsgálata

3.4.1. A belvízrendszerek méretezésének alapelve

A síkvidéki belvízmentesítés rendszerelemek (csatornák, szivattyútelepek, műtárgyak) *optimális méretezésével* az építés-megvalósítás reális költsége mellett a belvizek által okozott károk csökkenthetők. A művek méretezése akkor megfelelő, ha a beruházás-fejlesztés költsége, valamint egy hosszabb időszak belvízkára és a védekezés költsége együttesen a legkisebb. [9] [117]

- Jelentős alul méretezés esetén viszonylag gyakran (2-3 évente) és tartósan jelentkezhet nagyobb vízhozam elvezetési-igény, mint a kiépített rendszer elvezető-kapacitása, mely esetben gyakori elöntések keletkeznek és nő a belvíz által okozott kár.
- Túlméretezett a rendszer esetében az évtizedek alatt jelentkező elvezetendő vízhozam kisebb, mint a rendszer elvezető-kapacitása, azaz kihasználatlan a rendszer.

Átlagos értékű külterületen a mértékadónak a 10 %-os előfordulási vízhozamot tekintjük. Értéktelenebb területeken a 20-25 %-os valószínűség esetére történő kiépítés is elfogadható. A nagyobb védett érték esetén (pl. védett infrastruktúra, autópálya és vasutak esetében) a keresztező műtárgyak méretezése során 1-2%-os valószínűség figyelembevétele szükséges. [119]

A belvízrendszerek méretezésének alapja a *fajlagos belvízhozam* meghatározása. A belvíz összegyülekezés folyamatának leírása és vizsgálata a síkvidéki vízgyűjtőkön a felszíni valamint a síkvidéki vízelvezető rendszerek tervezésével az elmúlt közel 70 évben számos kiváló szakember foglalkozott hazánkban: Salamin 1956, Kienitz 1969, 1974, Oroszlány 1976, Pálfai 1986, Vágás 1989. [113] Az elméletek a kor megfelelő színvonalán foglalkoztak a belvízképződés folyamatával, azonban a dinamikus hatásokat nem tudták figyelembe venni. [11]

A kidolgozott elméletek és méretezési irányelvek a rendelkezésre álló mért adatokra támaszkodva alkottak meg egy jól áttekinthető keretrendszert (méretezési irányelvet) a belvízképződés folyamatára és a jelenség számszerűsítésére, ezzel lehetővé tették a belvíz-levezetés mérnöki létesítményeinek megtervezését és megépítését. [3]

A mai mérnöki gyakorlatban is használatos mértékadó belvízhozam kiszámítására vonatkozó műszaki irányelvet 1988-ban tette közzé a vízügyi ágazat. [3: 93] [113] A műszaki irányelv bevezetését követően azonban az alkalmazásának hatékonysági és rendszerszintű felülvizsgálata elmaradt.

A 2007-ben újraindult az ágazati tervezési munka, a „belvízreform" többek között a káros vizek elvezetése, költséges befogadóba átemelése helyett azok helyben tartását és a belvízzel történő gazdálkodás feltételeinek kidolgozását tűzte ki célul.[120] A belvizekkel való gazdálkodás újra-tervezési feladatai azonban nem valósultak meg az ágazatban, s továbbra is megmaradt a mezőgazdasági területekkel kapcsolatosan megfogalmazott termelői elvárás a vizek azonnali elvezetése érdekében.

Az egy-egy vízgyűjtőterületről összegyülekező belvíztömeg hatékony elvezetésének gyakorlati megközelítése a belvízrendszerek méretezése, azaz a hidrológiai és hidraulikai vizsgálatok elvégzése A mértékadó/elvezetendő belvízhozam meghatározására az alábbi eljárások használatosak: [3] [11]

- Összegyülekezési elmélet (1932, 1942, 1955, 1956)
- Becsléses módszer (1954)
- Tapasztalati módszer (1971)
- Gazdaságossági módszer (1960)
- Vízháztartási módszer (1966-1970)
- Minta-öblözetek mért adatain alapuló módszer (1984)
- Belvízi tájegységek mért adatain alapuló módszer (1966)

Elemzésemet az MI-10 451:1988 a mértékadó belvízhozamok meghatározására kidolgozott műszaki irányelv mentén végeztem el. Ebben ajánlott három módszer:

1. Az összegyülekezési elméleten alapuló módszer.
2. A becslés módszere.
3. A belvízrendszerek tapasztalati vízszállításán alapuló módszer. [119]

3.4.2. Az összegyülekezési elmélet vizsgálata

Az összegyülekezési elmélet a belvízképződés és lefolyási folyamatának elméleti összefüggései alapján számítja a vízrendszerben a fajlagos belvízhozamot, amely alapján a belvízrendszer elemeinek mértékadó fajlagos vízszállító-képességét határozhatjuk meg. A mértékadó időszak meghatározása érdekében a méretezést a tél-tavaszi, a nyári és az őszi időszakokra is el kell végezni.

Mértékadó fajlagos vízhozam meghatározása:

$$q = q_c + q_s + q_r \qquad (1)$$

q_c : csapadékból keletkező lefolyás fajlagos vízhozam (mm/h)

q_s talajvízből, fakadóvízből keletkező lefolyás fajlagos vízhozam (mm/h)

q_r: egyéb levezetendő fajlagos vízhozam (mm/h)

❖ **A csapadékból származó fajlagos vízhozam számítása: qc**

$$qc = 278\alpha * \frac{t*i}{t+\tau} \qquad (l/s*km^2) \qquad (2)$$

Ahol:

qc – Fajlagos vízhozam csapadékból (mm/h)

α – lefolyási tényező,

i – az összegyülekezési idővel azonos időtartamú csapadék intenzitása (mm/h),

t – összegyülekezési idő (h),

τ – tározási idő (h).

278 – mértékegység mm/h és a $l/s*km^2$ közötti váltószámérték

A számítási módszer alapvetései és azokkal kapcsolatos vizsgálataimat az alábbiakban foglalom össze:

- **Terepen az összegyülekezési idő egyenlő a tűrési, avagy tározódási idővel (t). A (t) értéke ajánlás alapján tél-koratavasz 7 nap, nyáron 1 nap, ősszel 2 nap.** [119]

A probléma sokrétű: a síkvidéki vízgyűjtő sajátosságai miatt az elméletileg meghatározott lefolyási útvonalak és összegyülekezési idő a kis lejtésviszonyok miatt a

valóságban gyakorlatilag alig, vagy nem létezik. A csapadékvíz terepen történő lefolyással a csatornáig csak bizonyos távolságból jut el. Így az „idő” tényező meglehetősen bizonytalan.

A vízgyűjtőn *megváltozott* a *területhasználat*, a birtok-szerkezet és a vetésszerkezet, amely hatására a mezőgazdasági területeken *a tűrési idő és a lefolyási viszonyok is jelentősen megváltoztak*. [115] Így például a korábban mélyfekvésű területeken rét-legelő művelési ág helyett szántóföldi művelést alakítanak ki, amely szintén a tűrési idő lecsökkenését okozza. A precíziós művelésű mezőgazdaságban megnövekedett a termelési érték, az intenzív termelés miatt a mezőgazdasági területeken csökkent a belvízi elöntésekkel szembeni tolerancia. A lehetséges károkozás miatt a késleltetett levezetés már nem alkalmazható, hanem gyakorlatilag azonnali vízelvezetési kényszer lép a helyére. Mivel a csatorna méretezés során ezzel a víztömeggel csak késleltetett levezetéssel számoltak, így megnő az azonnal levezetendő vízmennyiség, amely a csatorna kiépített vízelvezető-képességén felüli vízterhelést jelent.

A csatornapartok kevésbé értékes mélyfekvésű területein értékes vagyonelemek, például napelem parkok jelentek meg, vagy a korábbi rét-legelő művelési ág helyett mezőgazdasági termelés lett a jellemző. A korábbi kevésbé kárérzékeny területeken akár 10-14 nap is lehetet a tűrési idő. Ezen területek közbenső tározóterületekként hasznosultak a méretezés szempontjából.

További probléma, hogy a mélyfekvésű területekre az átlagos üzemi helyzetben, a vízjogi engedélyben engedélyezett levonulási vízszinttel is kilép a medréből a csatorna, amely állapotot az új területhasználat már nem tűr meg, azonnali károkozás keletkezik. Az csatornában emiatt az alacsony vízszint-tartása vagy jelentős többletköltséget jelent, vagy a műszaki adottságok miatt nem megvalósítható.

A települések beépített területe folyamatosan nő, ezzel együtt számos helyen a kedvezőtlen vízgazdálkodási tulajdonságú, korábban vízállásos területek beépültek, beépülnek (pl. lakóparkok, ipari parkok, bevásárlóközpontok létesülnek). A települések külső övezeteiben korábbi zöldterületek, amelyek természetes vízvisszatartásra alkalmas területek is voltak, fokozatosan eltűnnek. A burkolt felületek megnövekedése a beszivárgás meggátlása miatt szintén a terepi összegyülekezési időt csökkenti és növeli az egyidejűleg lefolyó víztömeget. Ez a probléma nemzetközi szinten is gondot okoz, amely a települési elöntésekben jelenik meg. [116] [121] [122]

A terepi összegyülekezés és a tűrési idő fordított arányban van a fajlagos vízhozam értékével, azaz ha csökken a területen a tűrési idő, márpedig a fent ismertetett területhasználati változások alapján ez történik, *megnő az elvezetendő fajlagos vízhozam nagysága, a belvízrendszer kapacitásnövelése válik szükségessé, a meglévő rendszer nem képes elvezetni a megnövekedett vízmennyiséget, elöntések keletkeznek.*

- **A csatornában való vízmozgás (τ) ideje: egyrészt függ a vízsebességtől, amit alapvetően a csatorna műszaki állapota befolyásol, továbbá függ a megtett úthossztól.**

A csatornák állapota alapvetően a vegetációs időszaktól és az üzemeltető által végrehajtott fenntartási munkáktól függ. A csatorna műszaki állapota általában az év során *dinamikus tényező*, amit a hagyományos méretezés során nem lehet figyelembe venni.

A természetvédelmi területeken, valamint elégtelen pénzügyi forrás rendelkezésre állása esetén a fenntartási munkák korlátozottan végezhetők. Ez azt jelenti, hogy a csatornában a lefolyási állapot jelentősen romlik, nő a víz levonulás ideje. Ez *csökkenti a csatorna vízelvezető képességét és a rossz műszaki állapot lokális elöntésekhez vezet.*

- **α. tényező: helyi sajátosságoktól függ, így az évszakoktól, a területhasználattól, a talajvíz magasságától és a talajtípustól függ.**

A lefolyásnak (L) a csapadékhoz (C) viszonyított aránya, melynek értéke 0 - 1 közötti érték lehet; $\alpha = \frac{L}{C}$. A gyakorlatban helyszíni megfigyelések alapján határozzák meg;
Az „*α tényező" megválasztásában* az alábbi fő tényezők játszanak szerepet:

Erdősültség: Vegetációs időszakban jelentősen csökkenti a talajra érkező csapadék mennyiségét és növeli az evapotranspirációt a levélzet és gyökérzet miatt. [123]

Az erdőterületek nagysága is változó lehet egy-egy vízgyűjtőn. [124] Az erdőterületekre alkalmazott szorzószám aktualizálásának szükségessége is felmerül, mert az erdőterületek hatása is jelentősebb lehet, mint a korábbi szakmai feltételezések. Erre a folyamatban lévő kutatások által alkalmazott korszerű modelleredmények adhatnak lehetőséget. Az erdő inkább a beszivárgó csapadék mennyiségére van hatással az intercepción és a beszivárgó víz gyökér és kapilláris zónából való felvételén keresztül. [123] [125]

Öntözött terület nagysága: Időszaktól függően növeli a lefolyásra kerülő csapadéktömeg nagyságát.

Az öntözött területek nagysága jelentősen függ és változik az aktuális agrárszektor által biztosított támogatási forrásoktól és a hatályos jogszabályoktól. Az öntözött terület nagysága változó, amely folyamatot a méretezés és felülvizsgálat során nehéz követni.

Az öntözött területeken melioráció hiányában a talajadottságtól függően megnőhet a belvízveszély. A folyamatosan vízzel telített talaj miatt a csapadékból képződő lefolyási hányad megnő, mert a csapadék kevésbé tud beszivárogni. *Ez a többlet levezetendő vízhozam a belvízelvezető csatorna terhelését növeli, amely vízmennyiséget a tervezés-méretezés során számításba kell venni*. [3]

Drénezett terület nagysága: A drénezett terület esetében a felszíni lefolyásra csökkentő hatást kell figyelembe venni.

A 1970-80-as években a jó termőterületi adottságú, belvízjárta területeken megépített drénezett területeken az egységes birtokszerkezet és területhasználat megszűnésével, a területek felaprózódásával és tulajdonosi kör változásával a belvízmentesítést biztosító művek állapota jellemzően leromlott, gazdátlanná és üzemképtelenné vált. [126]

További problémaként jelenik meg, hogy a területtulajdonosok általában nem rendelkeznek ismerettel a beépített drén-rendszerről, s az ezzel járó kötelezettségüket sem ismerik, mely szerint a terület víztelenítését a meglévő drén-rendszer üzemeltetésével kellene biztosítaniuk. A drén-rendszerek jelenlegi műszaki állapotáról nincs információ, az átemelőket széthordták, az aknákat sok helyen beszántották.

A tapasztalatok alapján az eredeti méretezési elvek szerinti belvíz-csökkentő hatást ma már csak részben töltik be a drének (tankönyvi ajánlás alapján a drének működése kb. 25 év). [126]

A felhagyott területeken *megnő a belvízelöntés gyakorisága és nagysága*. Ez tapasztalható volt az ATIVIZIG működési területén pl. a 2010. évi belvízvédekezés során Maroslelén és a Torontáli térségben. [149]

Vízgyűjtőn jellemző talajtípusok: A méretezési módszertan szorzókat ajánl a talajtípus/talajvízállás hatásainak figyelembe vételére. Így például a homoktalajok és mélyebb talajvíztükör esetén a számítás során a belvíz-lefolyás mennyiségét szorzószám alkalmazásával

csökkentjük. A korrekciós tényező alkalmazása különböző adottságú területeken egyes évszakokban nagyságrendnyi különbséget eredményez a fajlagos lefolyás kiszámításában.

A vízgyűjtő területen a talajtípus nem változik, csak esetleg lokálisan, azonban a vízgyűjtő területen vizsgálni kell a talajvíztükör sokéves változását. Negatív hatást jelent a nem megfelelő agrotechnika, avagy pozitív hatás a mezőgazdasági területen megvalósított talajjavítás.

A mezőgazdasági szektorban alkalmazott agrotechnika is hatást gyakorol a belvizek összegyülekezési és lefolyási folyamataira, amelyet a 3.5.5. pontban fejtek ki részletesen.

Vízgyűjtőn jellemző talajvízszint: A talajvízszint a folyamatok eredményeként változik.

A települések csapadékvíz-elvezető rendszerének és a szennyvízcsatorna-hálózat fejlődésével az érintett települések környezetében megváltoztak a talajvízviszonyok. A Duna-Tisza közi homokhátság térségben 1990-es évektől kezdődően a talajvíztükör jelentős süllyedése következett be, amely azóta sem állt vissza. A talajvízszint süllyedésnek több oka van, erre számtalan tanulmány született. [123] [125] Pálfai szerint a döntő tényező a klimatikus változás, de e mellett antropogén hatások is közrejátszottak. [3]

Az antropogén tényezők között egyre komolyabb az erdők hatásának kutatása. [133] Másik feltételezett ok többek között az is, hogy a szélvájta ÉNy-DK irányú völgyekben a felszín alatti édesvízi mészkőréteget, mely vízzáró rétegként működik, átvágták. Az 1950-es években tömeges csőkútépítés kezdődött a térségben, amely során áttörték ezt a vízzáró réteget. A térségben megépített csatornák fenékszintje is esetenként belemetsz e rétegekbe. [134]

- **A méretezés alapjául szolgáló csapadék adatok:** az MI-10-422-1988. irányelvben közölt grafikon alapján ($t + \tau$) időtartamú 20%-os valószínűségű területre meghatározott csapadékból évszaknak megfelelő időszakokra kell számítani.

Az utóbbi évtizedekben a klimatikus viszonyok, ezzel együtt a csapadék-karakterisztika is jelentősen megváltozott. A csapadékintenzitás megváltozása a méretezés alapjául szolgáló csapadék-függvények elavultságát okozza. [135] [136]

A klímaváltozás előrejelzése alapján a hidrológiai szélsőségek a csapadék-viszonyok jelentős változását is előre vetíti. [8] [11] A csapadék-eloszlások évszakonkénti eltolódása, esetenként az éves csapadékmennyiség csökkenése és intenzitás növekedése várható

térségünkben. Ez a méretezés alapjául szolgáló függvények használatát alapjaiban kérdőjelezi meg. [49] [51]

Az Országos Vízügyi Igazgatóság belső használatra a települési csapadékvíz-elvezető rendszerek méretezése kapcsán klímaváltozás hatásának figyelembe vételére biztonsági szorzó alkalmazását írja elő, ill. az OMSZ által közzétett csapadékadatok használatát. Minél hosszabb élettartamra, nagyobb visszatérési időre történik a tervezés, annál nagyobb értékű klímaszorzót kell használni. [154] *Ez az elvezetendő víztömeg kapcsán növelő tényező*, meglévő csatorna esetében elégtelen kapacitás jelentkezhet, a síkvidéki nagyvízgyűjtők méretezési eljárása során a mértékadó csapadék meghatározására szolgáló összefüggés további vizsgálatokat igényel. A módszertan becslésen alapul.

❖ **Talajvízből és fakadóvízből származó fajlagos belvízhozam számítása (q_s)**

A talajvízből származó fajlagos vízhozam az Alföldön eltérő területi sajátosságokat mutat. Ennek mértékére vonatkozóan becslésekre hagyatkozhatunk. A fakadóvíz hozamokat árvízvédelmi töltések mellett árvízi időszakban, valamint az öntözőcsatornák mentén öntözési időszakban kell figyelembe venni mért adatok, vagy ajánlásként a vonatkozó MI-10-422-1988. előírásai alapján. [138]

A talajvízből származó mennyiség meghatározásához hidrológiai számítás szükséges, de mérések hiányában ez az egyik leggyengébb pontja a mértékadó vízhozam meghatározásának.

Az egyes csatornák létesítése kapcsán nem ismert, hogy milyen talajvízterhelést vettek számításba a méretezés során. A létesítési időszakhoz képest az elmúlt 50-60 évhez képest a talajvíz-állás egyes területeken jelentősen megváltozott, amely részben természeti, részben antropogén hatások következtében alakult ki (például a településeken a szennyvízcsatorna-hálózatok kiépülését követően megszűnő „szennyvízdombok”). [139]

Problémaként jelenik meg, hogy a talajvízállás, így a talajvízből eredő terhelés időben változó, a csapadékviszonyoktól függ. A változás dinamikáját a méretezés során nem lehet figyelembe venni, ezért a legkedvezőtlenebb statikus állapot alapján történik a méretezés. A belvízvédekezés során azonban ezen dinamikus hatásokat is szükséges figyelembe venni, amelyeket nem ismerünk.

A klímaváltozás a csapadékmennyiségre és eloszlásra is hatással lesz, ezzel együtt a talajvízre, ebből adódóan a csatornák terhelésére is befolyással lesz. Ez területenként változó lehet, *s jellemzően hosszútávon a talajvíz-készlet csökkenésére kell számítani*. [139]

Különösen érzékeny kérdés a feláramlási zónákban megjelenő talajvíztömeg megbecslése. Erre vonatkozóan mérések nem állnak a tervező rendelkezésére. A mintaterületi vizsgálatnak ez volt az egyik fő célkitűzése, hogy vizsgálja belvízrendszerre gyakorolt talajvíz-terhelés hatását. A kutatási eredményeként a mintaterületre meghatározott talajvízáram mértékét és ennek az eredménynek a diagramját a 4. fejezetben mutatom be.

❖ **Egyéb fajlagos vízhozam meghatározása (q_r)**

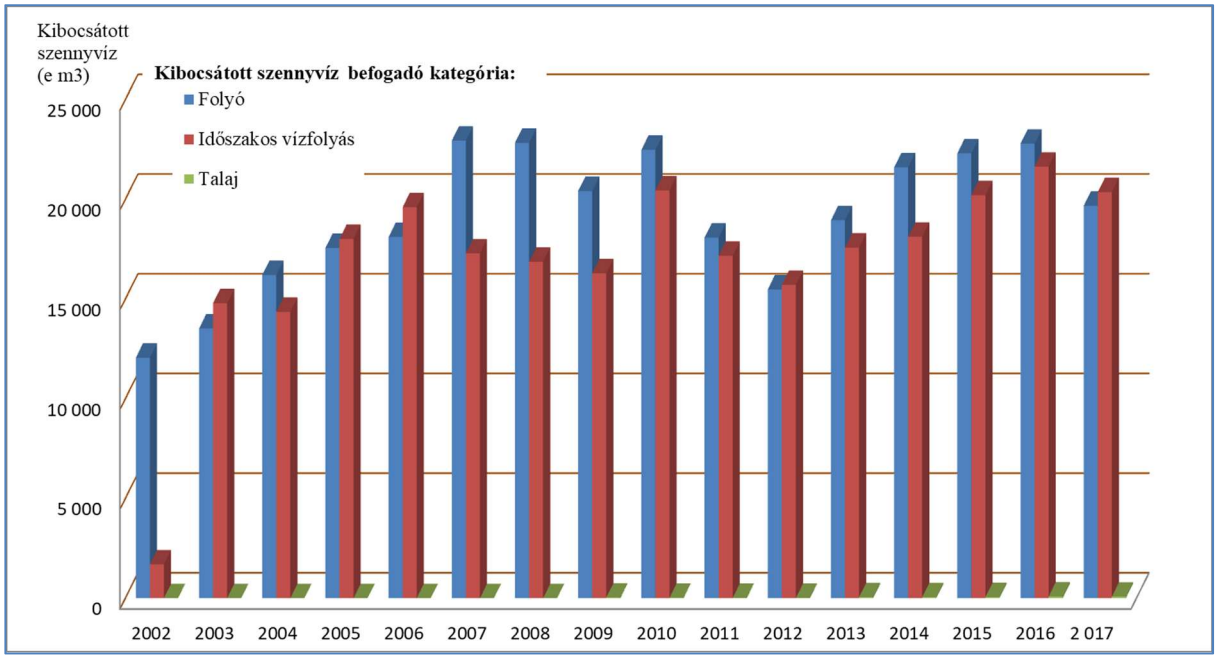
A belvízrendszer terhelései között figyelembe kell venni. Így például a halastavak és egyéb bevezetések vízhozamát a megfelelő évszakra vonatkozóan a belvízgyűjtő területre vetített fajlagos vízhozam értékével kell meghatározni.

Az elmúlt évtizedekben számtalan új vízbevezetés jelent meg a csatornákban: pl. a mezőgazdasági, majd később a közösségi fűtési célú termál csurgalékvizek, tisztított települési szennyvizek, fürdők csurgalékvizei. A jelenség nagyságrendjének bemutatására és a belvízcsatornákra gyakorolt hatásának kimutatására elemeztem e fejlődések léptékét és nagyságrendjét. A 4. fejezetben konkrét számításokkal támasztom alá a többlet bevezetések belvízi infrastruktúrára gyakorolt hatását.

Tisztított szennyvíz bevezetések: A 2009-2015 időszakban a Nemzeti Települési Szennyvízelvezetési és -tisztítási Megvalósítási Program alapján országosan összesen 1513 településen valósult meg szennyvízzel kapcsolatos fejlesztés, amelyben 90 új szennyvíztisztító telep épült meg. [140] A folyóktól távolabbi síkvidéki települések esetében a területi adottságok miatt a tisztított települési szennyvizek közvetlen befogadói a belvízcsatornák, amely terhelés a csatornák eredeti méretezési vízhozama között nem szerepelt. Az ATIVIZIG működési területén jelentős változást jelentett a belvízcsatornákat érő szennyvíztisztító telepekről érkező terhelés. [141]

- 2009-ben az üzemelő 35 db települési szennyvíztisztító telepből 25 db,
- 2017-ben az üzemelő 55 db szennyvíztisztító telepből 44 db befogadója volt időszakos vízfolyás/csatorna.

A *16. ábrán* mutatom be a 2002-2017 időszakban az ATIVIZIG működési területén a települési szennyvíztisztító telepekről a belvízcsatornába érkező terheléseket. A statisztikai adatok alapján 2002-ben 1 694 em^3/év, 2003-ban már ennek közel tízszerese, 14 790 em^3/év tisztított szennyvíz került a csatornákba. 2017-re az üzemelő 44 szennyvíztisztító-telepről 20 362 em^3/év vízmennyiség elvezetése valósult meg a belvízcsatornákon. Az elvezetett szennyvíz mennyiségét az adott időszak csapadékossága is befolyásolja; a telepek kibocsátása a belvizes esztendőben nagyobb, mint aszályos időszakban. A 2016-os év csapadékos, a 2017-es év szárazabb volt, ezért mutat kisebb értéket a 2017-es év kibocsátása.



16. ábra. Települési szennyvíztisztító telepek által kibocsátott éves szennyvízmennyiség befogadó kategóriák szerint (folyó, időszakos vízfolyás, azaz belvízcsatorna és talaj) az ATIVIZIG működési területén *(készítette a szerző, forrás: ATIVIZIG)* [141]

A települési tisztított szennyvíz bevezetések vízmennyisége a belvízcsatornák eredeti méretezésében nem szerepelt, amely a csatornák belvízelvezetésre rendelkezésre álló vízelvezető kapacitását csökkenti. A tisztított szennyvízzel érkező szervesanyag-terheléssel, valamint a vízjárás megváltozásával a csatornákban a vízinövényzet növekedése intenzívebbé válik, ami folyamatos vízfolyást gátló akadályt képez a csatornákban. Ennek eltávolítása fenntartási többletfeladatot és költséget jelent az üzemeltető számára.

A megvalósult szennyvíz-csatornázások pozitív hatására a belterületeken megszűnt a talajvízdomb, amely hatására nőtt a talaj csapadékvíz befogadására alkalmas tározó-térfogata, kedvezőbbé válik a beszivárgási folyamat. A belvízképződés kockázata csökken. Ezzel egyidejűleg azonban a probléma áthelyeződött a belvízelvezető rendszerre a szennyvíztisztító telep bevezetési pontjára.

Termál csurgalékvíz és egyéb pontszerű bevezetések (mezőgazdasági fűtési-célú termál csurgalékvizek, fürdők csurgalékvizei, egyéb használtvizek bevezetése)

A fürdők számának növekedése a KSH által publikált 2010-2017 időszakra vonatkozó adatok alapján jellemezhető. [142] Országos viszonylatban 2010-ben 390 fürdő üzemelt, majd 2017-re 529-re nőtt az üzemelő fürdők száma, amely 35 %-os növekedést jelent. A fürdők vízbebocsátása jellemzően a folyóktól távolabbi települések esetében szintén a belvízcsatornákba történik. Fontos megjegyezni, hogy a fürdési célú hasznosításból kikerülő termál és kevert csurgalékvíz a vízminőségi előírások miatt nem visszasajtolható.

A termál csurgalékvíz (fűtési célú termálvizek a mezőgazdaságban és önkormányzatoknál) felszíni befogadóba vezetése visszasajtolás hiányában többletterhelést jelent a belvízcsatorna hálózatban. A termálvizek „nem visszasajtolása” további problémaként a gyenge állapotú termálvízadók vízkészletét, továbbá a felszíni vizek vízminőségét is veszélyezteti a jellemzően magas sótartalom és egyéb oldott anyagok miatt. [9] A termál csurgalékvíz bevezetése jelentős problémaként jelentkezik a külterületi és belterületi vízrendszerekben egyaránt.

A fűtési célú termálvizek felszín alatti vízadóba történő visszasajtolási kötelezettsége jelenleg 2027-ig felfüggesztésre került, azonban az ártalommentes elhelyezést biztosítani kell.

A termálvizek visszasajtolásának hiánya nemcsak a felszín alatti vízkészlet elpazarolását jelenti, de a felszíni vizekre a bevezetések jelentős vízminőségi és vízmennyiség-terhelést okoznak. Ennek a nagyságrendjére jellemző, hogy az ATIVIZIG működési területén 2021-ben összességében 188 termelő termálkút volt, amely 22,34 millió m^3 termálvíz kitermelését jelenti éves viszonylatban. Ennek a mennyiségnek töredéke, mintegy 3 millió m^3 kerül visszasajtolásra a mélységi rétegekbe. A nagyobb hányada, 19,3 millió m^3 termál csurgalékvíz a felszíni vizekbe kerül elvezetésre, amelyből 4,3 millió m^3 közvetlenül folyókba,

de legnagyobb arányban, azaz 15 millió m^3 termálvíz a belvíz és kettősműködésű csatornákba kerül elvezetésre. [141]

A települések csapadékvíz-elvezető csatornahálózatának fejlesztése

A települések csapadékvíz hálózatának fejlődése a talajvízszintet csökkenti, ami kedvező, azonban az összegyűjtött csapadékvizek a pontszerű bevezetési helyén koncentrált terhelést jelentek a csatornákban. A belterületi és külterületi vízelvezető rendszerek között nincs összhang, amelyet a méretezési elvekben meglévő eltérő módszertan is fokoz. A külterületi vízrendszer kapacitáshiányát lefolyás késleltetéssel és kiegyenlítő-tározók (záportározók) létesítésével lehet kedvezőbbé tenni. [9] [121] [143]

A probléma kezelésére a települések fejlesztései kapcsán a VGT-ben megfogalmazott törekvés a belterületi csapadékvizek beszivárogtatásának növelése, visszatartása és tározása.

Az utóbbi időszakban megvalósuló fejlesztésekre jellemző, hogy a beruházások száma és megvalósulása a rendelkezésre álló pályázati forrásoktól függenek. Példaként említem, hogy a TOP-6.3.3-15 és TOP-2.1.3-15 „Városi/Települési környezetvédelmi infrastruktúra-fejlesztések” elnevezésű forrásra az Alsó-Tisza-vidéki Területi Vízgazdálkodási Tanácshoz 2017-ben 9 település, 2018-ban 12 település nyújtott be belterületi csapadékvíz elvezetés fejlesztésére pályázatot. A 2021-es TOP-2.1.3-16 számú pályázatra az ATIVIZIG működési területén lévő 114 település közül 36 település nyújtott be fejlesztésre pályázatot. [144] A pályázatokban jellemzően még mindig az elvezetés-központú csapadékrendszer fejlesztések tervezettek, tározó létesítése, lefolyás késleltetés csak elvétve jelenik meg.

3.4.3. A belvízrendszerek tapasztalati vízszállítása alapján történő méretezés vizsgálata

A belvízrendszerekre előirányzott fejlesztési tervek alapján képzett fajlagos vízszállítási értékek (q_0) bázis adatából képezhetők a rendszeren belüli kisebb vízgyűjtők fajlagos vízszállítási értékei. Ahol belvizeken kívül egyéb külvizek is terhelik a rendszert, ott korrekciót kell alkalmazni.

A csatornahálózatban való levonulási idő meghatározása (τ_0) szintén a korrekció miatt szükséges. A megadott értékek tartalmazzák egyes belvízrendszerben tapasztalt talajvíz és fakadóvíz terheléseket.

Mértékadó fajlagos belvízhozam számítása az alábbiak szerint történik:

$$q = c_1 * c_2 * q_0 \qquad (3)$$

c_1 korrekciós tényező a csatornán történő vízlevonulás (τ) és a vízgyűjtőre megadott levonulási idő (τ_0) arányából számítható.

$c_1 * q_0$ szorzat értékekre a szabvány diagramként ajánlást közöl.

c_2 korrekciós tényező a vízgyűjtő lefolyási tényezője (α) és a bázisvízgyűjtő lefolyási tényezője (α_0) közötti arányt fejezi ki: $c_2 = \alpha / \alpha_0$

A vízgyűjtőkre ajánlott tapasztalati vízszállítási értékekkel az 1988-as időszakot megelőző évek adatai alapján határozták meg. A csapadékfüggvények elavultak.[8][136]

További problémaként merül fel, hogy a vízgyűjtőkön az 3.4.2. pontban részletesen tárgyalt társadalmi és területhasználati változások megváltoztatták a belvizek összegyülekezési és lefolyási folyamatait. A bekövetkezett változások hatására vonatkozóan nincsenek a belvízrendszerek méretezésére vonatkozóan újabb mérési adatok.

A tapasztalati értékeken alapuló méretezés használata ma már jelentős hiba-lehetőséget hordoz.

3.4.4. A becslés méretezés módszer vizsgálata

Ezzel a módszerrel hozzávetőleges fajlagos lefolyási értékeket határozhatunk meg a vízgyűjtő területre vonatkozóan. A módszer alkalmazása esetén az alábbi elveket figyelembe kell venni.

A méretezési módszer alapvetően a 600 mm-nél kisebb éves csapadék és egy átlagos adottságú vízgyűjtőterület esetén alkalmazható. A becsléssel történő kiépítés meghatározásánál az elmúlt időszak csapadékainak (mekkora és milyen területi eloszlású), az általa okozott elöntésnek és a belvíz levezetési időnek az ismerete szükséges.

A módszer alkalmazása során szükség van a vízgyűjtőterület terepesésének, a terület fizikai talajféleségének, a terület hidrológiai adottságainak és a területhasználatoknak a részletes ismeretére. A vízgyűjtőn végbement társadalmi változások hatásai a belvíz-méretezési megfontolásokra az *3.4.2 Összegyülekezési módszer* fejezetben ismertetettek alapján ennél a módszernél is érvényesek.

A becslés méretezési módszertan legnagyobb hátránya, hogy a múltbeli adatokra támaszkodóan határozható meg a terhelés. A területen végbemenő antropogén hatások és

hidrológiai folyamatok változása, a klímaváltozás hatása nem kezelhető a méretezési módszertanban.
Ennél a módszernél egy témát emelek ki részletesen.

A vízgyűjtő alakjának változása: nagyléptékű fejlesztések esetén előfordulhat, hogy a vízgyűjtő alakja, nagysága is megváltozik, például egy másik vízgyűjtőről történő vízkormányzás, vagy pl. útfejlesztés során leválasztásra kerül egy részvízgyűjtő terület.
Az utóbbi két évtizedben az utak, autópályák megépülése jelentős változást okozott egy-egy érintett vízgyűjtőn. [145]

A Közútkezelő hivatalos adatai alapján a fő- és mellékutakra vonatkozóan a *3. táblázatban* mutatom be a változást a 2005-2017. időszakra vonatkozóan. Ebben az időszakban az állami és önkormányzati külterületi utak hossza összesen 15 %-al nőtt, mely úthálózat változások esetenként jelentős hatással vannak a belvizek levonulására. [146]

3. táblázat. Magyar közutak hossza 2007-2017 időszakban *(szerkesztette a szerző, forrás: KSH* [146])

Közút típusa (külterület)	**2005**	**2017**	**változás 2005-2017**
Főúthálózat (autópálya, autóút, főút) hossza (km)	7 541	8 917	18 %
Mellékút hálózat (összekötő-, bekötőút, egyéb) hossza (km)	23 267	23 089	-1 %
Önkormányzati tulajdonú külterületi utak hossza (km)	105 179	122 290	16 %
Önkormányzati tulajdonú kerékpárutak hossza (km)	1 472	3 221	119 %
Összesen	137 459	157 516	15 %

A településeket elkerülő utak, az autópálya és új burkolt útépítések jelentősen megváltoztatják egy vízgyűjtőterület karakterisztikáját. Az útépítés technológiája, a feltöltés, altalaj tömörítés jelentősen megváltoztatja a terepi és az útpálya alatti keresztirányú lefolyást. Ennek kezelésére az építés során drénrácsok beépítése szükséges, amelyek a beépítést követően nem mindenhol működnek az elvárt hatékonysággal. Az esetleges építés-technikai hibák és a nem szükséges mértékben megépített, a térségi vizek átvezetését biztosító műtárgyak, illetve

elégtelen tározókapacitású vízelvezető művek lokálisan fokozhatják egy-egy vízgyűjtőn a belvíz-veszélyeztetettséget.

Az útpálya koncentrált csapadékvíz bevezetései többlet-terhelést jelentenek a vízelvezető rendszerben a tervezés időszakához képest. A csúcsidejű terhelések kezelése csúcsidejű tározók közbeiktatásával, a lefolyás-késleltető csapadékvíz-elvezető rendszer megvalósításával lehetséges.

A Dél-Alföldön az M5 és M43-as autópályákat emelem ki a belvíz összegyülekezésre gyakorolt hatása kapcsán. A térségi belvízlefolyás jelentős megváltozására példa a 2010-es belvizes esztendő tapasztalata, amikor az M5 autópálya térségében belvizes helyzet alakult ki több térségben is.

17. ábra. Belvizes elöntések az M5 autópálya mentén 2010-ben *(készítette a szerző)*

A hatások számszerűsítése nehézkes a jelenlegi elméletek alapján. A belvízrendszereket olyan egyéb változások is érintik, amelyeket a méretezés során kvantitatív értelemben nem lehet figyelembe venni, azonban a belvízrendszerek teljesítőképességét mégis jelentősen befolyásolják.

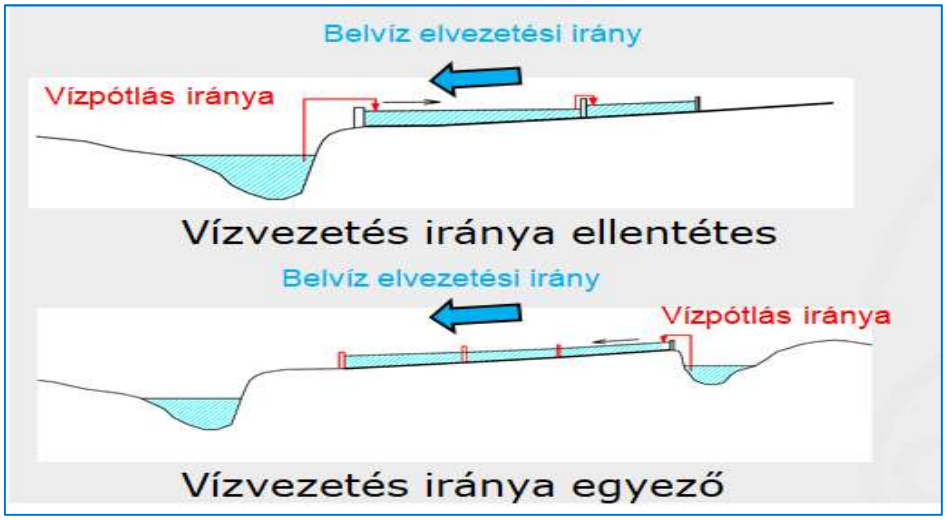
3.5. A belvízrendszerek terhelését és teljesítőképességét befolyásoló egyéb hatások

3.5.1. A kettősműködésű vízrendszerek

Az 1.2. fejezetre visszautalva, a kettősműködésű rendszerek a belvízelvezetés mellett az öntözési vízszolgáltatásban, vízpótlásban is részt vesznek.

A kettősműködésű rendszerek kialakítására első próbálkozás 1930-as években volt, ám az akkori csatornafejlesztési munkák csak a 1960-80-as években folytatódtak. Az Alföldön az 1980-as évek közepén kb. 5 000 km öntözési célokat szolgáló főcsatorna hosszból kb. 3 500 km főcsatorna ún. kettősműködésű volt. [3: 476] [24] Az alacsony megvalósítási és fenntartási költségek, az építési terület-igénybevétel egyszerűbb szükséglete mind a kettősműködésű rendszerek irányába tolta el az öntözési célú vízrendszerek megvalósítását. [3: 477]

Hazánkban jellemző, hogy az öntözési és egyéb területi vízigények megjelenésével a már kiépített belvízelvezető művek átalakításával oldották meg az öntözővíz célterületre juttatását. Esetenként reverzibilis, azaz az eredeti belvízlefolyási irány, a csatornák fenékesés-irány megváltoztatásával, közbenső szivattyútelepek, vízszinttartó és szabályozó műtárgyak megépítésével, a terepeséssel ellentétes irányultságú vízpótlási útvonalak is kialakultak. Ezen rendszerek a folyókból kiemelt vízkészletet juttatják el a magasabb térszínű területekre.
A kettősműködésű rendszerek működésének elvi sémáját a *18. ábrán* mutatom be.



18. ábra. Kettősműködésű vízrendszerek működési sémája a vízforgalom iránya alapján: reverzibilis (ellentétes irányultságú) és az egyező lefolyási irányú vízrendszer
(készítette a szerző)

A síkvidéki területeken a kettősműködésű funkció jelentős csatornahosszat érint. A 2014. évi országos adat alapján az állami csatornahálózat 26 552 km hosszú, amelyből 5 927 km, azaz 22,3 %-a kettősműködésű és öntözőcsatorna. [7]

A kettősműködésű vízrendszerek kialakítása azonban az előnyök mellett hátránnyal is jár. [7: 27] Az öntözési időszakban a vízzel telt meder nem tudja fogadni az érkező belvíztömeget, a csatornák túlterheltté válnak. A reverzibilis vízrendszerek esetében a rendszer többlet-üzemeltetési költsége is jelentős lehet.

A megváltozott társadalmi elvárások alapján további vízpótlási igények jelennek meg a csatornákon: pl. ökológiai, sportcélú, rekreációs és jóléti célú vízpótlások. Ezen igények kiszolgálása messze túlhaladják az eredeti öntözési feladat ellátását. A sokrétű vízpótlási igények kiszolgálása sokkal hosszabb ideig igényli a vízzel telt csatornamedret. A mederhasználatra a korábban megszokott, ill. jogszabályban előírt belvizes és öntözési időszakra történő szétválasztás már nem tartható. Ezt a negatív irányvonalat 2019-ben jogszabály is megerősítette azzal, hogy az öntözési idény hosszát Korm. rendelettel [147] a korábbi április 15.-szeptember 31. időszakról megváltoztatta március 1.-október 31. időszakra, ezzel 2,5 hónappal hosszabbította meg az öntözési idényt. A további használatok eredményeként a belvíz, a használtvizek, a csurgalékvizek és az öntözővíz keveredése vízminőségi problémákat is eredményez. [3: 479] [9]

Az 1.2. pontban kifejtettek szerint a klímaváltozás szcenáriói alapján a csapadékok évszakokon belüli eltolódása a két tevékenység (belvízelvezetés és öntözés) további és egyre fokozódó ellentmondását okozza. Egyik következménye lehet, hogy egy vízrendszeren belül az öntözővíz-igény a magasabb térszínű területeken egyidejűleg jelenik meg az alsóbb szakaszok, mélyártéri területek belvíz-mentesítési elvárásával, pl. a tavaszi belvízi időszakkal. A duzzasztott vízterek és ellenesésű vízrendszerek növelik egy-egy belvízvédekezés esetén a reagálási időt és növelik a belvízkockázatot.

A kockázat értékelése kapcsán az aszály kérdéskörét is vizsgálni kell, amely párhuzam a dolgozatom több pontján megjelenik. A kettős-hasznosítású vízrendszerek nyújtanak lehetőséget a vízhiányos időszakok kártételeinek mérséklésére, a vízhiány kártételei elleni védekezési feladatok ellátására.

3.5.2. Természetvédelmi oltalommal érintett területek

A síkvidéki belvízelvezető hálózat csatornák kiterjedésüknél fogva a települések belterületétől a befogadó folyókig húzódnak, amelyek a védett természeti területeken is keresztülhaladnak. A Natura 2000 [148] területek kijelölésekor jelentős hosszban csatornamedrek is a védett besorolás alá kerültek. A védett természeti területeken nem azonos

prioritással kell a „káros” vizeket elvezetni, sőt egyes helyeken a vizek ott tartása volna kívánatos. Azonban a települési vizek elvezetését mindenkor biztosítani kell, ezért az egyik típusú konfliktus ekkor alakul ki. [149]

A védett területeken a csatornameder fenntartási munkák csak korlátozottan végezhetők, bizonyos időszakban tiltás van érvényben. Ez az üzemeltető számára jelentősen leszűkíti térben és időben a fenntartási feladatok elvégzésének a lehetőségét. A rendszerek méretezése kapcsán a 3.4.4. fejezet mutattam be, hogy a csatornák rossz műszaki állapota a levezető-képességet rontja, a belvizeknél hosszabb levezetési időt jelent, ezzel növeli az elöntés veszélyét.

A csatornameder egyúttal ökológiai élettér is (mederben hagyandó vízkészlet igénye), ami további korlátozásokat, pl. vízszint-tartási kötelezettséget jelent. Így a csatornamedret elzárva folyamatosan duzzasztott vízteret igényelne a természetvédelemi hasznosító, ami adott esetben a felsőbb szakaszokról (belterületről) érkező a belvizek elvezetését korlátozza. .

Egyébiránt sokéves tapasztalat alapján az igazgatóságok már a nemzeti parkok előtti időszakban is alkalmazták a kevésbé kockázatos helyeken a mederben történő visszatartás gyakorlatát a tavaszi belvizek levonulását követően. Mindez azonban üzemeltető részéről fokozott vízkormányzási figyelmet igényel. [9]

3.5.3. Rekreációs hasznosítással érintett területek (pl. horgászati hasznosítás, belterület)

A belterületeken húzódó csatornaszakaszokkal kapcsolatban az önkormányzatoknak, a lakosságnak további és egyedi elvárásai jelentkezhetnek, így például állandó vízszinten tartott víztér, frissítővíz-igény, fürdőterület kijelölése iránti igény, horgászati, sportcélú hasznosítási igény. [143]

Az állami vízterületek halgazdálkodási jogának kijelölése hatósági eljárás alapján történik. [150] A kijelölési eljárásba a vízteret üzemeltető vízügyi igazgatóságok közvetlenül nem kerülnek bevonásra, csak akkor, ha eljáró szakhatóságként a vízügyi hatóság felkéri az igazgatóságot a vízügyi szakvéleményének megadására. A halgazdálkodási terekben bizonyos időszakban vízszinttartás szükséges, amely ellentétes lehet egyéb célú, így pl. a belvíz-mentesítési feladatok ellátásával. A csatornákban előálló, vagy egyes hasznosítási forma számára kívánatos vízszint-tartása számos esetben ellentétes egymással, konfliktus-helyzetet okoz.

A települések belterületi szakaszain, ill. a kijelölt halászati vízterek esetében a vízszint-tartásra, ill. a parti sáv hasznosítására vonatkozó elgondolások egy-egy fejlesztési elképzelést is akadályozhatnak, vagy a fenntartási feladatok ellátása során akadályt jelentenek az üzemeltető számára.

3.5.4. Birtokszerkezet megváltozása

A belvízmentesítés célszerűségi alapon történő megközelítésének és hatékonyságának egyik legnagyobb akadályát a birtokszerkezet megváltozása jelenti. A külterületi csatornarendszerek (belvízelvezető- és öntözőrendszerek), valamint a jellemzően 1980-as években kiépült drénrendszerek is az akkor általános nagybirtok-szerkezethez igazodtak. Így a nagytáblán általános és elfogadott volt egy-egy mélyebb fekvésű részterületen kialakult elöntés tűrt állapotként kezelése annak reményében, hogy az ott megmaradt vízkészlet általánosságban termésnövekedéshez járul hozzá a környező területen. A mai „nadrágszíj" parcellákon a sok kis tulajdonos mindegyike vízmentesített területen kíván gazdálkodni, s nem törődik a társadalmi igényként felmerülő vízvisszatartási törekvésekkel. [9]

A drén-rendszerek felhagyásánál említett problémákat generál az így megjelenő többlet-víz elvezetési igény, de még inkább belvízi veszélyhelyzetet teremt az üzemközi csatornák rossz fenntartottsági állapota, illetve azok beszántása, megszüntetése a termőterület növelése érdekében.

3.5.5. Szakszerűtlen agrotechnikai módszerrel történő mezőgazdasági termelés

A nem szakszerűen végrehajtott, jellemzően a mezőgazdasági termelési költségcsökkentés érdekében végzett mezőgazdasági művelés hatására kb. 80 cm mélységben kialakul az úgynevezett *eketalp réteg*, amely a kötött talajú területeken vízzáró réteget alkot. Az eketalp-réteg meggátolja a csapadék mélységi beszivárgását. A talajtömörödés is károsan hat a talajok vízgazdálkodási/vízmegtartó képességére. A talaj víztartó-képességének kimerülésével a csapadékvíz nem tud a talajban maradni, megnő az elvezetendő káros víztömege. [127]

A mezőgazdasági termelés forráshiánya gyakran a *talaj szervesanyag-tartalom kimerüléséhez* vezet. Ez a tényező kedvezőtlenül változtatja meg a talaj vízgazdálkodási tulajdonságát, a szervesanyag hiányában a talaj kevésbé tudja megtartani a vizet, ezzel nő a belvízlefolyást képző víztömeg nagysága. [128] A belvízelvezető mű kapacitáshiánya miatt

elöntés keletkezik. A kedvezőtlen talajviszonyok miatt nő az érintett terület aszályérzékenysége is. [129]

A *környezetkímélő, bolygatás nélküli talajművelésű mezőgazdasági* területek még csak kis kiterjedésben jelentek meg. A bolygatás nélküli technológia a talaj szervesanyag-tartalmának növelésével és a gyökérzet optimalizálásával javítja a talaj vízháztartási viszonyait. [130] Ezen művelési ág a vízgazdálkodási hatásának megítélése kapcsán még nem egységes, mintaterületi tapasztalatok állnak rendelkezésre. Egyébiránt a talaj humusztartalmának és vízmegtartó-képességének növelése csökkenti a belvízképződést, az elvezetendő víztömeget és jótékony hatása van az aszálykár mérséklésében. Így például a tapasztalatok alapján mulcshagyás gazdálkodás esetén javul a talajszerkezet és a porozitás, alig fordul elő a művelés által okozott talajtömörödés és pangó víz, nem cserepesedik a talajfelszín. [131] [132]

3.6. A belvízrendszerek teljesítőképességét befolyásoló területhasználat és az antropogén változások hatása a vízjogi üzemeltetési engedélyre

Az *3.5. fejezetben* ismertetett módon, a vízgyűjtőterületen a belvízrendszerek kiépülését követően évek, évtizedek alatt a területhasználatok megváltoznak, az emberi beavatkozások hatására megváltozik a belvizek összegyülekezési és lefolyási folyamata. Emiatt a belvízrendszereket jellemzően többletterhelés éri, vagy többlet vízelvezetési igény fogalmazódik meg, amely hatással van a csatornák belvízelvezető-képességére, így a belvízmentesítés hatékonyságára.

A sokféle hasznosításból származó igények komoly konfliktusforrást eredményeznek a csatorna üzemeltetői és az igények megfogalmazói számára is. Ebben a helyzetben a *vízjogi üzemeltetési engedélyben rögzített*, az üzemeltetésre vonatkozó előírások jelenthetnek egyértelmű helyzetet az érintettek számára, amely károkozás esetén is iránymutatást jelent egy ügy kivizsgálása során.

A belvízrendszerek és belvízcsatornák többsége a jelenleg ismert kapacitással az 1960 - 70-es évekre épült ki. A csatornák mértékadó terhelésének és a csatorna vízelvezető kapacitásának meghatározása a hatályos műszaki előírások alapján történt az akkori hidrológiai és hidraulikai feltételrendszer és gazdaságossági megfontolások mentén, mely irányelveket az 3.4. pontban ismertettem. [3] [4]

A vízjogi üzemeltetési engedélyeket az elmúlt évtizedekben általában határozatlan időre adta ki az engedélyező hatóság (ma már ez a gyakorlat megváltozott), így számos esetben ezek a közel *50-60 éves üzemeltetési engedélyek érvényesek, s határozzák meg egy-egy vízgyűjtőn a belvízmentesítés technikai lehetőségeit és jogi feltételeit*.

A vízgyűjtőn a társadalmi változások gyakran a vízgazdálkodási szemlétű belvízkezelést kívánnák meg: azaz minden többletvizet fogadjon be a csatorna, de ne csak elvezessük, de tartsuk is vissza a vizeket, amely egyidejűleg nem megvalósítható. A csatornák többcélú elvárásoknak történő megfelelése, mint például a horgászvíz, vagy öntözővíz-szolgáltatás iránti igény teljesítése, jellemzően nagyobb kapacitású és technikailag jobban felszerelt műveket igényelne.

Az engedélyezési eljárások során, pl. a vízjogi engedélyezési eljárás, vagy területfejlesztési tervek véleményezése esetében, mint érintett szervezet, a vízügyi igazgatóság nyilatkozatot, szakvéleményt ad, amelyben a belvízvédelmi helyzetet hátrányosan befolyásoló, ill. a vízelvezető rendszert érő kedvezőtlen hatások esetén kinyilvánítja véleményét. Azonban e vélemény nem kötelező jellegű a hatóság számára az engedély kiadása során. Így épülhet például napelem-park mélyfekvésű, belvízjárta területen.

A csatornák üzemeltetési engedélyei nem követik le a területi igényeket és változásokat, jelenleg akadályozzák a vízrendszerek elvárásoknak megfelelő üzemeltetését és esetenként a hatékony belvízvédekezést is.

A sikeres belvízvédekezés alapja a vízrendszerek teljesítőképességének és a terheléseknek a lehető legpontosabb ismerete, valamint az azok közötti egyensúly megteremtése, a belvízelvezető művek és a vízrendszer teljesítőképességének folyamatos fenntartása. [29] Ezek nélkül a védelmi intézkedések meghatározása során hibás döntések születhetnek.

Fontos meghatároznunk és számszerűsíteni azokat a hatásokat, amelyek a vízgyűjtőn keletkező belvízhozamot befolyásolják. Ezeket értékelnünk kell a vízrendszer teljesítőképességének szempontjából, valamint fel kell mérnünk a belvízvédekezési tevékenység eredményességét befolyásoló hatásokat. [3] [29]

A dinamikus hatások számszerűsítésére a jelenleg alkalmazott módszerek nem alkalmasak.

3.7. Részkövetkeztetések

A belvízrendszerek méretezésére vonatkozó műszaki irányelvben megfogalmazott tényezők és elvek mentén *számba vettem és rendszereztem* a belvízrendszerek megépítését követően a vízgyűjtőkön megjelenő területhasználati változásokat és az emberi tevékenységeket, amelyek egyes területeken jelentősen megváltoztatták a belvizek lefolyási és összegyülekezési folyamatait, megnövelték az elvezetendő belvízhozamot.

1. Olyan vízbevezetések és terhelések, mennyiségi és minőségi hatások jelentek meg a belvízrendszerekben, amelyek a méretezési időszakban nem voltak ismertek, így például megjelentek a települési szennyvíztiszító telepek és fürdők vízbevezetései, mezőgazdasági és települési fűtési célú termálvíz bevezetések, az újonnan megépült autópályák és autóutak koncentrált csapadékvíz bevezetései és a megváltozott lefolyási viszonyok, valamint a települések fejlesztési területeinek koncentrált csapadékvíz bevezetései. Ezen többletterhelések az üzemeltető számára csak részben ismertek, a belvízelvezető rendszerre gyakorolt hatás nem számszerűsített.
2. A csatornamedrek kapcsán olyan hasznosítási formák és igények jelentek meg, amelyek a belvízvédelmi potenciált jelentősen korlátozzák azzal, hogy a belvízlevezetés igényével ellentétes elvárásokat fogalmaznak meg, így például a horgászati víztérként kijelölés esetén a vízszint-tartási kötelezettség, a NATURA és egyéb természetvédelmi oltalom a fenntartási állapotokra gyakorol negatív hatást, a rekreációs igények és a sportcélú hasznosítás eltérő vízkormányzási gyakorlatot igényel.
3. A klímaváltozással várható szélsőséges hidrológiai és vízjárási állapotok a vízrendszerek teljesítőképességére is hatással lesznek. A kettősműködésű vízrendszerekben a csapadék-járás megváltozása a belvíz és az öntözés időszakok időbeni átfedését is okozza, ezzel együtt a vízkormányzás eltérő igényei miatt jelentősebb konfliktust fog jelenteni belvízmentesítés idején.
4. A vízrendszert érő változások közül a talajvízszint változását, amely dinamikus hatás, a rendelkezésre álló méretezési irányelvek nem tudnak kezelni. A belvízrendszerek talajvízből érkező terhelése eddig a méretezési elvekben és a védelmi tevékenység kapcsán is kevés figyelmet kapott, a vízrendszerekben a számszerűsített terhelés jellemzően nem ismert.
5. A víztöbbletek és a vízhiányos időszakok kártételei a síkvidékeken ugyanazon területeit sújtják a legnagyobb mértékben, a belvízmentesítésre és a vízpótlásra jellemzően ugyanaz a

csatornameder áll rendelkezésre. Ezért a tervezett intézkedéseket és beavatkozásokat, különös tekintettel a kettősműködésű vízrendszerek esetében, a belvíz és aszály várható káreseményei kapcsán is mérlegelni kell.

6. Összességében a síkvidéki vízrendszerek összegyülekezési és belvízelvezetés elméletei napjaink elvezetési gyakorlatának tapasztalataival nehezen, vagy egyáltalán nem hangolhatók össze. Erre vonatkozóan korszerű modellezési vizsgálatok elvégzése szükséges a belvízrendszerek terhelésének meghatározására és a vízelvezetési kapacitások ellenőrzésére.

7. A belvízrendszereket a kiépítésüket követően általában nem vizsgálják felül rendszeresen, a régi vízjogi engedélyek szabják meg a belvízmentesítés műszaki és jogi környezetét.

8. A belvízrendszerek vízelvezető-kapacitásának és a vízterheléseknek időszakos felülvizsgálata szükséges az eredményes belvízvédekezés érdekében. A vízrendszereket érő hatások szerteágazók és sokrétűek, nehezen átláthatók, az elemző munka kapcsán az adatok összegyűjtésében és elemzésében rendszerszemlélet alkalmazása szükséges, amelyet egy egységes módszertan alapján kellene végrehajtani, amely módszertan jelenleg hiányzik.

4. FEJEZET: MINTATERÜLETI MODELLVIZSGÁLAT - A FÖLDÁRJA JELENSÉG (TALAJVÍZ) ÉS A TERÜLETHASZNÁLATI VÁLTOZÁSOK HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA

4.1. A modell, mint kutatási eszköz

A belvíz komplex és dinamikus természeti folyamat, a jelenség leírását követő matematikai számítások, ill. vízelvezetőrendszer-méretezések bonyolultak, nehezen hajthatók végre, számos becslést és megközelítést tartalmaznak, ezt bemutattam az előző fejezetben. Az informatika fejlődésével új lehetőségként a matematikai modellezés olyan munkaeszközt ad a mérnök kezébe, amely a valósághoz hasonló folyamatokat képes szimulálni. Továbbá olyan feltételes változásokat vizsgálhatunk egy vízrendszerben (szimulációs vizsgálat), amire a valóságban nincs lehetőségünk. Az eredményes kutatáshoz digitális adatbázisok, térinformatikai rendszerek és a belvíz modellezésére is alkalmas szoftverek adnak lehetőséget. A digitális vízgazdálkodás világa előttünk áll. [152]

A tudomány szerepe a vízgazdálkodásban nő, az új technológiák és technikák új lehetőségeket teremtenek a jelenségek jobb megismerésében, amelyet hasznosíthatunk a vízkárok megelőzésben és védekezés során is.

A belvízmodellezésnek természetesen előnyei és hátrányai is vannak, erre a következőkben fogok kitérni. Eddigiekben jellemzően valamilyen projekt keretében vállalkozó által épített modellek kerültek be az ágazatba, amelyek további hasznosulása kérdéses volt. Ezért fontosnak tartottam gyakorló mérnökként megismerni a modellezést.

Előzetesen két idézettel kezdem, amely gondolatokat a belvíz-modellezésére is igaznak találtam. „A modellek alkalmazásának fő akadálya az adekvát adatok hiánya a kalibrálás és igazolás céljára”. [153: 7]

Mire kalibráltunk? A múltra. Mire validáltunk? A jelenre. Tisztességes dolog bevallani, hogy nulladrendű modellekkel dolgozunk, amelyek konstans paraméterekkel rendelkeznek, tehát *extrapolálják a múltat és a jelent*. [153: 13]

A modellezési cél eléréséhez rendszerszintű megközelítés szükséges. Meg kell határozni a modellezési feladathoz szükséges adatok körét, azok gyűjtésére (hol, hogyan, mikor) és tárolására vonatkozóan előre gondoskodni kell. A vízügyi szolgálatban rendelkezésre álló hatalmas mennyiségű, papír alapú dokumentációk feltárása, feldolgozása és digitalizálása, valamint esetenkénti méréssel történő ellenőrzése jelentős időt és energiaráfordítást igénylő

munka, amelyet a jelenlegi humán és pénzügyi források mellett az ágazat csak lassan képes feldolgozni.

A modellezés adatigénye és elvárása jelentősen eltér a vízügyi szolgálat múltbeli és jelenlegi adatgyűjtési gyakorlatától. A legnagyobb adathiány a csatornák napi vízállása és vízhozam idősorok kapcsán jelentkezik.

A belvíz kutatásának története a papír alapú anyagoktól kezdődően fejlődött a mai térinformatikai alapú elemzésekig. Korábban a belvíz egyik legjellemzőbb mérőszáma a kiterjedésének a nagysága volt, nem volt lehetőség a belvíz dinamikus tényezőinek vizsgálatára. [11] Sajnos, a korábbi elöntési észlelések nem felelnek meg a mai térinformatikai elvárásoknak, a digitális feldolgozások során számos probléma merült fel. A belvízi elöntéseket a vízügyi igazgatóságok 1966 óta rögzítik szemrevételezés alapján papír alapú adathordozón rögzítve. Ezen adatok digitális feldolgozásai során számos anomáliára derült fény, például domborzati tényezőkhöz nem illeszkedő elöntési adatok kapcsán. A kor színvonalának és elvárásainak, a modellezés számára ezen adatok már nem felelnek meg.

A papír alapú adatbázisok feldolgozására jó példa a Pálfai-féle belvíz-veszélyeztetettségi térkép, amelyet az 5. ábrán már bemutattam. [3] A belvízi elöntések térképi feldolgozásával hozható létre a belvíz-gyakorisági térkép, amely egy-egy területre vonatkozóan fontos információt hordoz a belvíz-veszélyeztetettségről. [95]

A GIS-alapú veszélytérképek később jelentek meg, amelyek kizárólag az elárasztható területek feltérképezésére szolgálnak a digitális magassági modellek alapján, azonban a belvíz kialakulási folyamatát nem veszik figyelembe. [154]

Újdonságként jelent meg a belvíz kutatásában is a kombinált módszer, amely GIS-alapú adatokkal dolgozik, de alapvetően a papír alapú dokumentációk feldolgozásán alapul. Ezen módszer alkalmazásával készült a korábbi belvíz elöntések eseményeit referencia-adatbázisként felhasználva a belvízi kialakulását befolyásoló módosító tényezőket figyelembe vételével 2015-ben, majd aktualizálva 2019-ben az országos komplex belvíz-veszélyeztetettségi valószínűség térkép, lásd a *2. fejezet a 6.ábra*. [96]

A digitális fejlődés részeként napjainkra a vízgazdálkodási kutatások számára is elérhetővé váltak a nagyfelbontású, távérzékelt adatok, spektrális és hiperspektrális képek, radar adatok, légi felvételek, drónnal készített felvételek, SANITEL-2 műhold adatai stb. alapján történő térképezések. A RapidEye műholdfelvételekkel kapcsolatos kutatás eredmények alapján e műholdfelvételek jelentik az optimális megoldást a távérzékelt adatok

alapján történő belvízelöntési térképek előállítására. Ezeket a felvételeket a felbontásuk is alkalmassá teszi a részben automatikus képosztályozási műveletek végrehajtására, amelynek eredményeiből a kutatók az első belvízelöntési térképeket generálták. [155]

A részletes távérzékelési technikák alkalmazásával kutatás folyik az elöntések felmérése és térképezése kapcsán, amely adatbázisoknak és értékelési folyamatoknak validációja jelenleg még nem zárult le. Az elöntési adatok megtalálhatók a Földmegfigyelési Információs Rendszer (FIR) eFöld űrtávérzékelési portálján is, az adatok egy része minden felhasználó számára ingyenesen hozzáférhető.

4.1.1. Folyamatalapú hidrológiai modellek

A belvízi folyamatok modellezési lehetőségeit kutatva a folyamat-alapú modelleket annak alapján vizsgáltam meg, hogy a belvíz-talajvíz kapcsolatának feltárására alkalmasak-e. Hazánkban leginkább ismert és alkalmazott modellek egyrészt a felszíni vízmozgás, vagy a talajvízmozgás, ill. felszín alatti vízmozgás szimulálására alkalmasak.

- A MODFLOW program a felhasználási útmutató leírása alapján moduláris hidrológiai modell, amely a talajvízmozgás modellezésére jól alkalmazható, azonban nem alkalmas a felszíni vízmozgások kezelésére. [156]
- A HEC-HMS program hidrológiai modellezési rendszert a vízgyűjtőterületek felszíni csapadék-lefolyási és beszivárgási folyamatainak szimulálására tervezték. Hazánkban a vízgazdálkodás, valamint árvízvédelem szakterületeken alkalmazzák elsősorban. A programot az amerikai haderő számára fejlesztették ki, alkalmazása ingyenes. A program a síkvidéki, kis terepesésű területeken való alkalmazására nem ad megbízható eredményt. [157]
- A SWAT modellek leginkább a felszínalatti vízmozgások bemutatására alkalmasak. A talaj- és vízértékelő modell egy kis vízgyűjtőn alkalmazható, amelyet a felszíni és talajvíz minőségének és mennyiségének szimulálására, valamint a földhasználat, a földgazdálkodási gyakorlatok (pl. talajerózió vizsgálata) és az éghajlatváltozás környezeti hatásainak előre jelzésére használnak, de a belvízképződés komplex hidrológiai folyamatának leírására nem alkalmas. [158]

A felsorolt modellek egyes részfolyamatok kutatására használhatók, hiszen vagy csak a felszíni vízmozgás, vagy csak a felszín alatti vízmozgások szimulálására alkalmasak elsősorban, a szakirodalmi leírások is erre vonatkoznak. Azonban arra vonatkozó utalást nem találtam, ami alapján ezek a modellek összeköthetők volnának a belvízképződésben alapvető felszíni és felszín alatti vízmozgások bonyolult egymásra hatásának vizsgálatára.

A belvizek vizsgálatára az integrált hidrológiai modellek alkalmasak, amelyek komplex, fizikailag osztott paraméterű szoftverek és képesek a felszíni, közvetlen vízgyűjtő területre vonatkozóan az egyszerűsített vízkörforgás hidrológia folyamatát, a csapadékvíz-beszivárgást és párolgást, a telített és telítetlen talajokban lezajló vízmozgásokat leírni. [159] [160]

4.1.2. Az integrált hidrológiai modellek

Az integrált modellek közül a hazánkban leginkább ismert és használt programokat mutatom be, de a világhálón számtalan egyéb, hidrológiai modellezésre alkalmas program található, amelyek teljes körű megismerése és bemutatása túlmutat jelen kutatás keretein.

Az *Integrated Hydrologic Modell* (IHM) szoftver a hidrológiai ciklus felszíni és felszín alatti folyamatait és azok dinamikus kölcsönhatásait képes elemezni Windows operációs rendszer környezetben. Az IHM két jól alkalmazható és széles körben használt modellt kapcsol össze a hidrológiai folyamatok vizsgálatára: a Hydrologic Simulation Program – FORTRAN (HSPF) a felszíni és vízkörforgási folyamatok szimulációjához, a MODFLOW a telített felszín alatti vizek szimulálásához alkalmas. [161]

A *WateRisk* hazai fejlesztésű, osztott paraméteres, fizikai alapú szoftver, a lokális-regionális vízkörforgás folyamatait térinformatikai és matematikai eszközök felhasználásával írja le. A program részmodellekből áll, amelyekkel a különböző vízgazdálkodási állapotok és folyamatok vizsgálhatók. [162] [163]

A *MIKE Powered by DHI* szoftvercsalád felhasználóbarát felülettel, jól áttekinthető felépítéssel és a gyakorló mérnök számára is átláthatóan képes a dinamikus felszín alatti és felszíni vizek kölcsönhatásának szimulálására és integrált módon számszerűsíti a vízgyűjtőterületen a hidrológiai folyamatokat. A MIKE (System Hydrologique European (SHE) integrált vízgyűjtő modellezésére alkalmas rugalmas modellező felület, mely több numerikus módszert kínál a hidrológiai folyamatokhoz. A felhasználástól és a rendelkezésre álló adatoktól függően a hidrológiai folyamatok és numerikus módszerek kombinálhatók. A

MIKE SHE kiterjed a hidrológiai ciklus főbb folyamataira, a felszíni mederben történő áramlást a MIKE HYDRO River számítja, ami a MIKE SHE integrált része.

A szoftver a teljes (vízgyűjtő szintű) hidrológiai vízkörforgás folyamatát képes figyelembe venni, elsődlegesen a felszíni lefolyást, beszivárgást és felszín alatti vízmozgást a telítetlen és telített zónában írja le. Kvantitatív módon határozza meg egy rácshálón a felszíni lefolyás, beszivárgás, valamint a sekély talajvíz áramlási folyamatait is, valamint a vízmérleg elemeit képes meghatározni. [164] [165]

A MIKE 11 kapcsolt modellrész a belvíz csatornák, mint belvízelvezető vonalas létesítmények modellezését végzi. Algoritmusa biztosítja a hidrológiai és hidrodinamikai folyamatok összekapcsolását a területi jellegű paraméterekkel. Az 1D-s hidrodinamikai modell bemenő adatai a csatornák, vízkormányzó műtárgyak, szivattyúk és tározók. A felszíni és felszín alatti vizek egymásra hatásának vizsgálatára a MIKE SHE-n belül egy 3D, véges differencia talajvízáramlás modul teszi lehetővé a hatások számszerűsítését, mely a szimuláció során a program képes a talajvizet a felszíni vizekbe vezetni, így megjelenő talajvizet a belvíz csatornákba vagy felszínen megjelenő belvízfoltként kezeli. [165]

A szoftverek kiválasztásánál főbb szempont lehet az adatigény, a hardverigény, a felhasználóbarát felületek megléte, az adatbeviteli-szerkesztőfelületek használhatósága, a kalibrálási lehetőségek. [166]

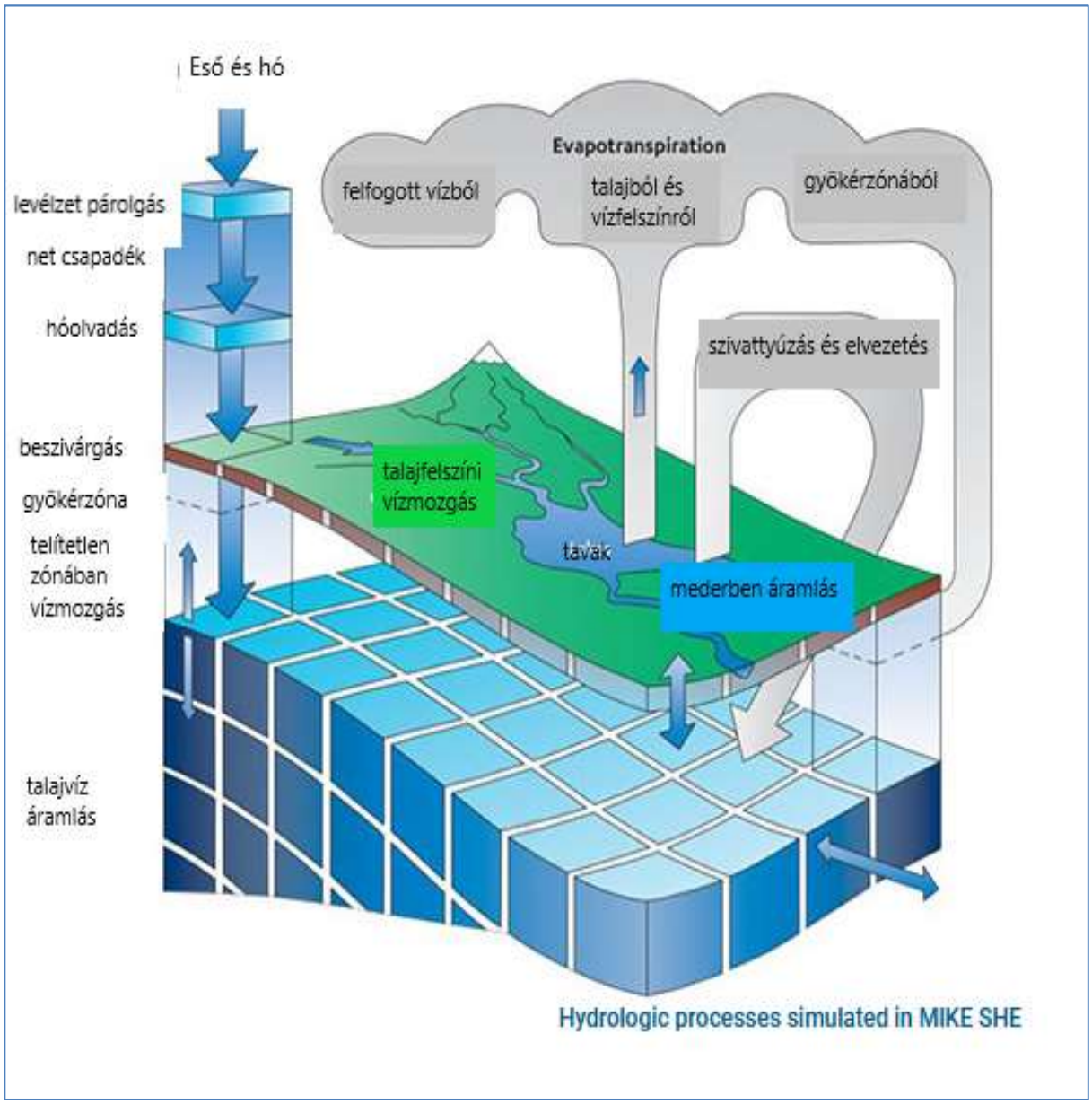
A program leírások alapján a MIKE modellcsaládot választottam a modellezési feladat megvalósítására, amely amellett, hogy felhasználóbarát, alkalmas volt a mintaterületi vizsgálataim lefolytatásához és a talajvízhatás elemzéséhez. Ehhez a vízügyi ágazat számára elérhetőséget biztosító DHI támogatása adott lehetőséget.

A vízgazdálkodási modellezési folyamatnak egyik alternatívája lehet a mesterséges intelligenciák alkalmazása, amelyre vonatkozóan egyre több kutatás irányul. Így a neurális hálózatok használatával már lehetséges klasszikus előrejelzés (pl. árvízszint előrejelzése), nagytömegű adatelemzéssel a rendszer időről időre újra tanítható. Ezzel a módszerrel bizonyos adatkapcsolatok felhasználásával vízgazdálkodási eseményeket lehet előrejelezni anélkül, hogy magát pl. a belvízi összegyülekezés és lefolyás folyamatát a jelentős bemenő adatigényű hidrológiai modellekkel kellene meghatározni. A módszert már sikeresen alkalmazták az árvízi előrejelzések során, a belvízi előrejelzés alkalmazására jelenleg még folynak a kutatások. [185] [186]

4.2. A modell felépítésének célja

A modell felépítésének célja a belvízképződés jelenségét, a talajvíz, a földárja jelenség hatását leíró modell megalkotása volt. Szakirodalmi kutatásaim alapján még nem készült hazánkban földárja jelenség belvízi rendszerre vonatkozó hatásának kimutatására hidrológiai szolgáló modell.

A mintaterületi vizsgálatra a DHI MIKE SHE modellt választottam, amelynek elvi működési vázlatát a *19. ábra* mutatja be és a következő fejezetek taglalják részletesen.



19. ábra. Osztott paraméterű, háromdimenziós modell elvi felépítése

(szerkesztette és fordította a szerző, forrás: DHI) [164]

A modell mintaterületi vizsgálata során **célkitűzés volt** a következő kérdések megválaszolása:

- A talajvíz (földárja jelenség) milyen hatást gyakorol a belvízvédelmi létesítményekre?
- A modellezés segítségével kimutathatók-e azon területi változások okozta többletterhelések, ami a belvízrendszereket éri?
- A modellezés és előzetes vizsgálatok alapján módszertan kidolgozása vízrendszerek felülvizsgálatára.

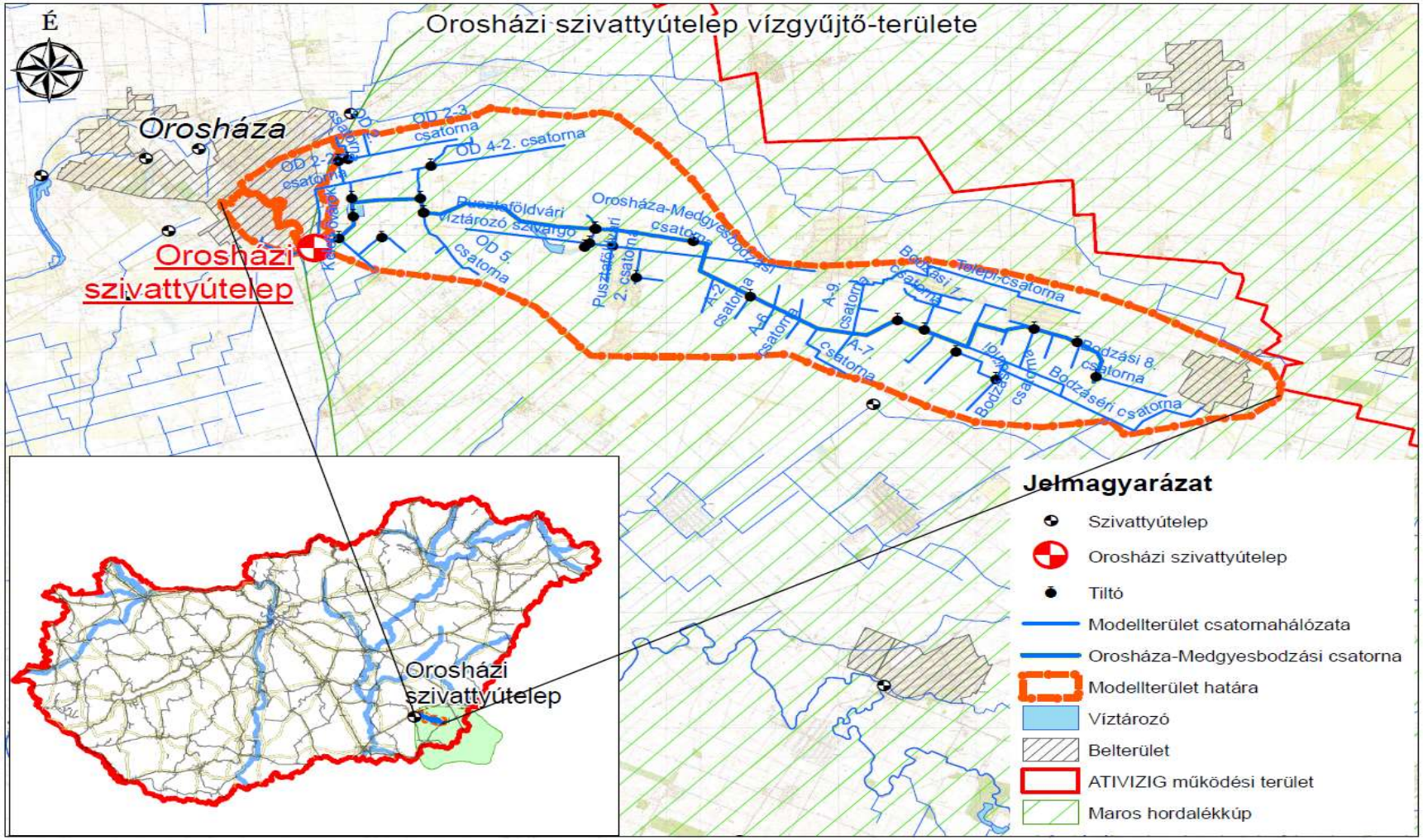
4.3. A mintaterület kiválasztásának szempontjai

A belvíz és talajvíz hatásának vizsgálatára egy földárja jelenséggel érintett mintaterületet választottam, mert ez mutatja be legmarkánsabban a talajvíz hatását a belvízképződésre.

A mintaterület kiválasztásának fontos szempontja volt a modellezéshez szükséges adatok rendelkezésre állása. A mintaterületi vízgyűjtőjéről felszíni lefolyás, a belvíz elvezetése csak és kizárólag az Orosházi szivattyútelepen keresztül lehetséges. A vízügyi igazgatóságon a szivattyútelep üzembe helyezésének első napjától, 1983. január 01-től kezdve rendelkezésre állnak a szivattyútelepi üzemórák napi adatai. Ennek ismeretében a vízgyűjtőterületről elfolyó vízhozam idősor megbecsülhető a szivattyútelep üzemóráiból és a szivattyúteljesítmények ismeretében. [149]

A kiválasztott *mintaterület, az Orosházi szivattyútelep vízgyűjtő területe* az ATIVIZIG működési területén, a Dél-Alföldön, Békés megyében, a Maros-hordalékkúpon, a 11.07. Sámson-Apátfalvi belvízvédelmi szakaszon található. Az Orosházi szivattyútelep vízgyűjtője természetben az Orosháza-Medgyesbodzási-csatorna, a Szulalaposi-csatorna és a Keleti övárok együttes vízgyűjtőterületét jelenti.

Az Orosházi szivattyútelep a 80. számú Sámsoni vízgyűjtőrendszerben helyezkedik el. A vízgyűjtőterületet a *20. ábrán* mutatom be, melynek nagysága 14 403,93 km^2.



20. ábra. Az Orosházi szivattyútelep vízgyűjtő területe - mintaterület helyszínrajz (*készítette a szerző) [167]*

4.4. A modellezési időszak kiválasztása

A kutatási cél teljesítése érdekében egy mértékadó belvizes időszak került kijelölésre, amikor a földárja jelenség belvízvédelmi rendszerre való hatása, a többletterhelés nagy valószínűséggel vizsgálható. A korábban említett, nagy kárt okozó 1979-es földárja időszakában egyébként az Orosházi szivattyútelep még nem létezett, ez a káresemény váltotta ki a térség vízrendszer-fejlesztésének szükségességét. [3]

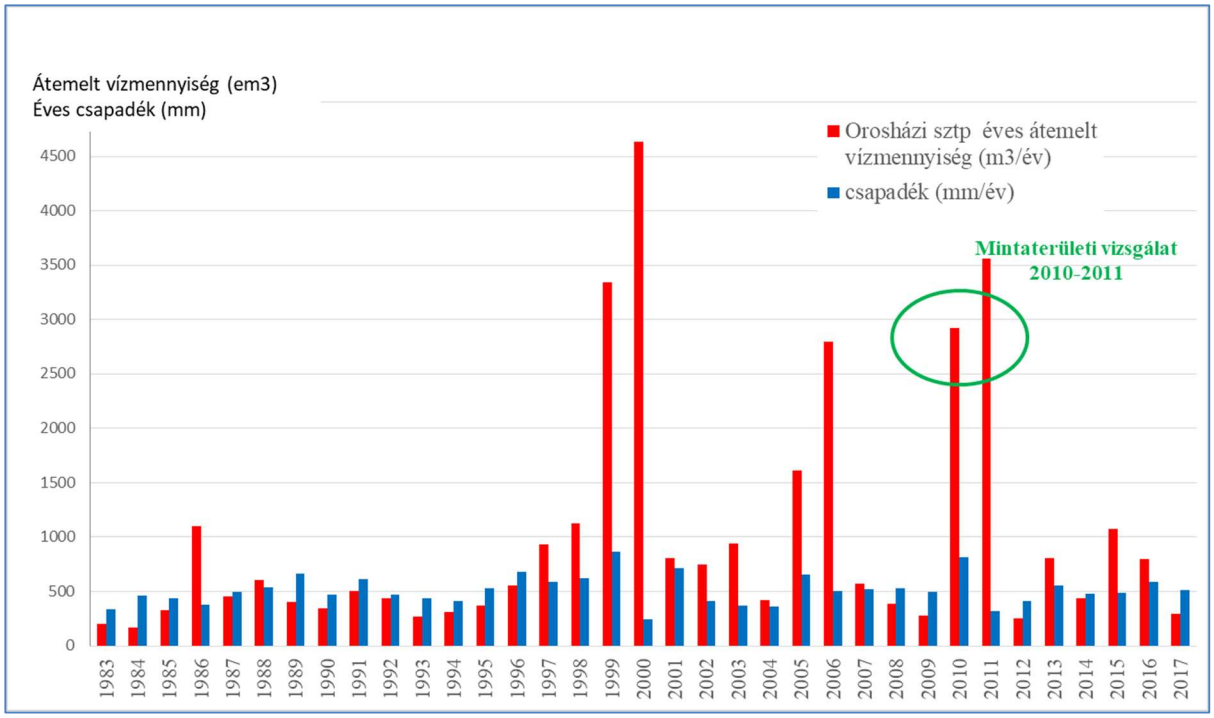
A vízgyűjtőn lévő települések: Orosháza, Pusztaföldvár, Csanádapáca, Medgyesbodzás és Medgyesegyháza. Az öblözet nagy része mezőgazdasági művelésű igen jó termőterület.

Orosháza település mélyfekvésű, lefolyástalan területen helyezkedik el. Kedvezőtlen hidrogeológiai adottságai miatt, valamint az időnként előforduló rendkívüli csapadékos időszakokban többször került kisebb-nagyobb belvízi elöntés alá, vagy jelentős belvízvédelmi beavatkozások váltak szükségessé. Ilyen időszakok voltak 1942, 1966, 1969, 1970, 1971, 1974, 1999-2000, majd 2001. július 23-24., amikor felhőszakadás miatt kerültek elöntés alá egyes utcaszakaszok. [3] [149]

A vízgyűjtőt érintő másik jelentős károkozással járó esemény a már említett 1979-es földárja jelenség volt, amely a vízgyűjtő K-i részét érintette. [2] [167] Az 1979. évi talajvízfeltöréseket a Maros-hordalékkúpján a *15. ábrán* mutattam be. [3]

A kutatásom során áttanulmányoztam és feldolgoztam a 11.07. Sámson-Apátfalvi belvízvédelmi szakaszon végrehajtott belvízvédekezéséről szóló zárójelentést. [149] Konzultációt folytattam a korábbi belvízvédekezésének irányítójával, az illetékes csatornaőr kollégával. A vizsgált időszakban szerzett tapasztalataimat is felhasználtam a modellezés során.

Az Orosházi szivattyútelepet 1983-ban üzemelték be. Az Orosházi szivattyútelep 1983-2017 közötti időszakban jegyezett üzemóráit és átemelt vízmennyiségeit, valamint a vízgyűjtő területen mért éves csapadék mennyiségét dolgoztam fel a *21. ábrán*. A három mértékadó belvízi időszak: 1999-2000, 2005-2006 és 2010-2011 voltak.



21. ábra. Az Orosházi szivattyútelepen átemelt vízmennyiség (em^3/év) adatai és az éves csapadékmennyiség (mm/év) az 1983-2017 időszakban

(készítette a szerző, forrás: ATIVIZIG) [149]

A kiválasztott 2010-2011-es belvízvédekezési időszak a második legnagyobb átemelt vízmennyiséggel jellemezhető az Orosházi szivattyútelepen az 1999-2000-es védekezés után, így a talajvíz hatása nagy valószínűséggel kimutatható a belvízrendszerben. Ez az időszak abból a szempontból is kedvező, hogy a védekezésben részt vevők emlékezete is potenciális lehetőséget jelent az adatok értékelése, elemzése során, valamint a saját személyes tapasztalataimat is hasznosíthattam ezen időszakra vonatkozóan.

A vízgyűjtő területről elfolyó vizek mennyiségét az Orosházi szivattyútelep szivattyúzási adatai alapján adhatjuk meg. A napi adatokat feldolgozva a szivattyúegységek névleges kapacitás adatai üzemórával beszorozva adja meg a szivattyúzás napi átemelt vízmennyiség adatsorát, azaz a szivattyútelepen átemelt vízmennyiség (m^3/nap) = szivattyúegység üzemóra (h) * névleges kapacitás (m^3/h). A *napi átemelt vízmennyiség idősora a modellben peremfeltételként került beépítésre*. [149]

4.5. Az Orosházi mintaterületi modell felépítése során felhasznált adatok

A digitális modellek használatának és a sikeres modellezésnek az egyik sarokköve a jó (validált) és megfelelő formátumú adat. A szimulációs folyamatok akkor közelítik meg a valóságos folyamatokat, ha azon adatok, amelyek a valóságban is befolyásolják a pl. belvízképződést, a modell számára is rendelkezésre állnak. Ennek a nagytömegű és részletes adatigénynek a kielégítése az egyik legnagyobb kihívás a modellező számára. [162]

A modellezés első feladata a kiválasztott mintaterületre vonatkozó adatok összegyűjtése volt. A modellezés GIS alapú adatokat igényelt a belvízrendszerre, a vízgyűjtőre és a hidrológiai, hidrogeológiai adatok vonatkozásában is. A web-alapú digitális adatbázisok (például területhasználat és növényzettel benőttség) használata mellett nagy feladatot jelentett a csak papíralapon fellelhető adatok élőmunkával történő felkutatása, összegyűjtése, digitalizálása és feldolgozása. A modellezés előkészítő feladatai voltak:

- az adatbázisok felkutatása,
- az adatok kinyerése,
- az adattisztítás, ellenőrzés,
- az adatok modellezés számára történő feldolgozása.

A mintaterület lehatárolása vízgyűjtő-alapon, domborzati adatok alapján történt meg. A „nyers”, elsődleges lehatárolás a vízügyi szolgálat belvízvédelmi tervében kijelölt vízgyűjtőterületi lehatárolás alapján történt meg, amelyet korrigáltam a digitális terepmodell alapján. A digitális terepmodell alapja a FÖMI által 2019-ben a vízügyi szolgálat számára átadott „Mo_DEM_2m állomány” volt, mely az egész országot lefedő 5 méteres raszter-állomány.

4.5.1. A belvízelvezető rendszer és a drénhálózat

Az Orosháza térségi belvízrendszer több ütemben épült ki mai formájára. A többlet káros vizek elvezetésére a megoldást az 1970-es és ’80-as években megvalósított, a környező vízrendszerek fejlesztése, átépítése és szivattyútelepek létesítése, továbbá Orosháza belterületi csapadékvíz-elvezető rendszerének kiépülése jelentette. A mezőgazdasági területeken a magas talajvízállás miatt dréneket építettek Orosháza, Pusztaföldvár és Medgyesbodzás térségében. [169]

Az Orosházi-szivattyútelepre betorkolló csatornák és a befogadó Aranyad-ér fenékszintje között mintegy 2,5 m szintkülönbség van, így a szivattyútelepi csomópontba

érkező vizek (Szulalaposi-csatorna, K-i övcsatorna, Orosháza-Medgyesbodzási csatorna) csak szivattyúsan emelhetők át a befogadó Aranyad-éri vízrendszerbe. Innen a vizeket a Sámson-Apátfalvi-Száraz-ér vezeti le gravitációsan a Maros folyóba. Az Orosházi szivattyútelepre érkező csatornák kapacitásának engedélyezett adatait a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat. Belvízmentesítő főművek vízjogi engedélyes adatai (*forrás: ATIVIZIG)* [167]

Vízilétesítmény neve	**Vízgyűjtő**	**Terhelés/kapacitás**
Szulalaposi-csatorna	Orosháza belterület 269,8 ha	0,575 m^3/s
Orosháza Keleti övárok	Orosháza belterület 457,7 ha	1,56 m^3/s
Orosháza-Medgyesbodzási-csatorna	Mezőgazdasági területek, belterületi csatlakozások	3,5 m^3/s
Aranyad-éri-főcsatorna	befogadója az átemelt vizeknek	3,5 m^3/s

A vízgyűjtőterületen lévő belvízcsatorna-hálózat adatait az ATIVIZIG tervtárában rendelkezésre álló, jellemzően papír alapú műszaki dokumentációs anyagok és nyilvántartási tervek feldolgozásával készítettem elő a modellezés számára. A munka alapja a csatornák üzemeltetési vízjogi engedélyes tervei, a helyszínrajzok, a hossz-szelvények és a meglévő geodéziai felmérések voltak.

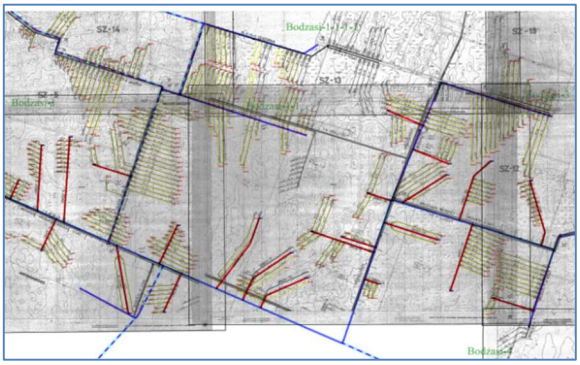
Az adatgyűjtés során felkerestem a korábbi üzemeltetőt és a drén-rendszerek kivitelezőjét, a Dél-Békés megyei Vízgazdálkodási Társulatot. A hiányzó adatok kapcsán megkerestem az engedélyező vízügyi hatóságot, a korábbi termelőszövetkezet jogutódjait, valamint a Békés megyei levéltárat és a Lehner Tudásközpontot. Az ellentmondások tisztázását, a hiányos adatok pótlását az ATIVIZIG egyéb nyilvántartásainak, térképi állományainak segítségével, valamint helyszíni szemlén és helyszíni geodéziai bemérések segítségével, továbbá a Google Map segítségével végeztem el. Számos konzultációt folytattam a területi felelős szakaszmérnökségen dolgozó kollégákkal, az illetékes csatornaőrrel a vízgyűjtőrendszer működési sajátosságainak feltárására.

A csatornahálózat ellenőrzése a digitális terepmodell lefolyásvonalai alapján történt. A vízkormányzó műtárgyak nyitására/zárására a vizsgált időszakból adat nem áll rendelkezésre. A védekező személyek visszaemlékezései alapján a belvíz időszakában a zsilipek nyitva voltak.

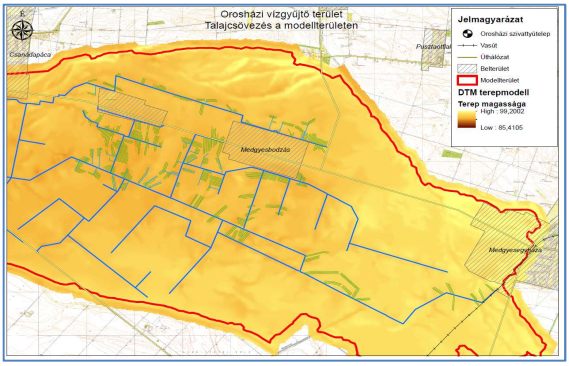
A vízgyűjtő mintaterületre megépített modell belvízelvezető rendszere **összesen** 58 db és 26,702 km hosszú belvízcsatornát, 2 db belvíztározót és a közbenső átemelést biztosító Orosházi szivattyútelepet tartalmazza.

A terület sajátossága, hogy a rendkívül jó termőadottságú területeken a magas talajvíz elszikesedést okozó hatása ellen az 1980-as években jelentős talajjavítási (drénezési) beruházást hajtott végre az állam az érintett termelőszövetkezetek területén. A drénezett területeken a belvízképződés befolyásolt, a drének a talajvízszintet megcsapolva vezetik be közvetlenül a csatornába a vizeket. [167]

A fellelt **drén-rendszerek** műszaki terveinek helyszínrajzi feldolgozása AUTOCAD programmal történt meg, amely GIS koordináták alapján és magassági szintek megadásával került beépítésre a modellbe.



Papír alapú térképek AUTOCAD programmal történő digitalizálása



Drének megjelenítése a modellterületen

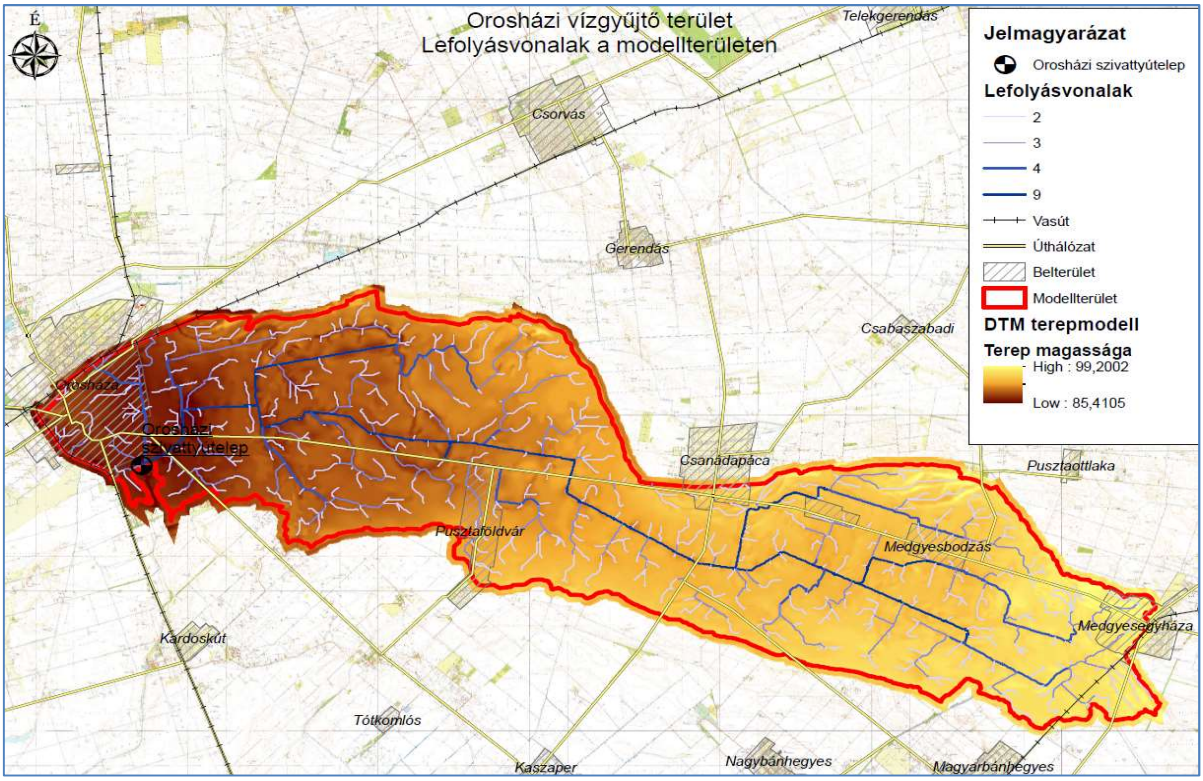
22. ábra. Drének feldolgozása a modell számára (*készítette a szerző)*

4.5.2. Domborzati jellemzők

A terület síkvidéki jellegű, amely enyhe lejtéssel rendelkezik kelet-nyugati irányban, azaz a román határtól Orosháza felé lejt, a terepszint magassága 85,0-105,0 m B.f. A területet egykori medrek és kimosott területek szabdalják fel kisebb egységekre. A mintaterület földrajzi értelemben a Békési-hát kistájba tartozik, annak középső részén található. [170]

A digitális terepmodell létrehozásával meghatároztam a víz felszínen történő mozgását, a lefolyási irányokat. A lejtőtérkép megmutatja a terepfelszín egyes pontjain a lejtőhajlás mértékét. [171]

A vízgyűjtőterület alapján letárolt mintaterület modelltér körül szakmai megfontolás alapján egységesen +5 km sávval került kijelölésre az adatgyűjtésre meghatározott terület, amelyet a 23. ábrán mutatok be.



23. ábra. Lefolyásvonalak a vízgyűjtő domborzati modellben *(készítette a szerző)*

4.5.3. Földtani jellemzők

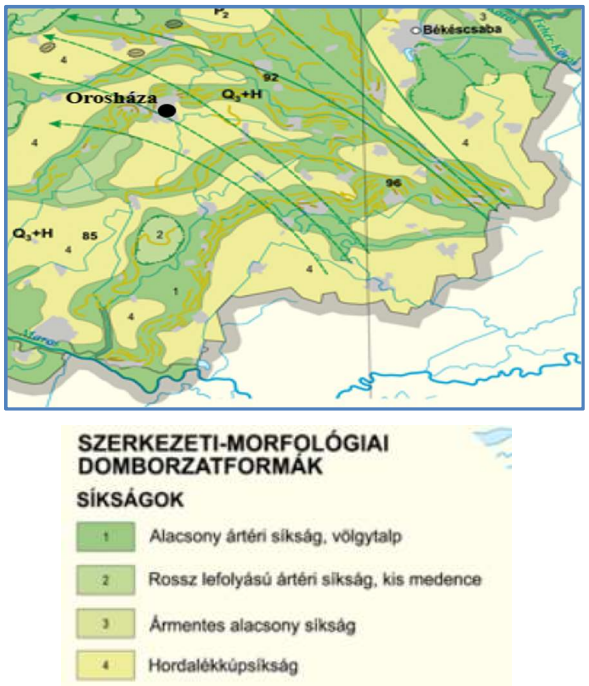
A területet a folyóvízi elöntések eredményeként lerakódott pleisztocén végi, holocén kori infúziós lösz, valamint lösziszap réteg, illetve kavics összlet jellemzi. A kavicsos összletek durva szemcséi kiemelkedően jó víztározó képességgel rendelkeznek a mélységi rétegekben. A kavicsos, löszös üledékek a felszíni térszínen homokos üledékekbe váltanak át, mely a mezőgazdasági termelés számára megfelelő körülményeket biztosít, egyúttal a felszivárgó vizeknek is teret ad. [2]

Talajtípusok szerint a földtani, domborzati sajátosságok alapján homokos vályog és réti csernozjom talajokat találhatunk. A magas földminőségi érték kedvező a mezőgazdasági termelés számára. A vizsgált terület földtani adottságait a *24. ábrán* mutatom be a digitális

Nemzeti Atlasz alapján: a Maros hordalékkúp földtani viszonyait változatos formációban a holocén időszak (1) és a pleisztocén időszak (2) homok, kavics és agyag rétegei alkotják. [172]

A *25. ábra* alapján a mintaterületet szerkezet-morfológiai domborzati formációk szerint az alacsony ártéri síkság, völgytalp (1), a rossz lefolyású ártéri síkság, kis medence (2), és a hordalékkúp síkság (4) adottságok vegyesen jellemzik. Az (1)-es formációt átszövik az ősi vízfolyások részben, vagy teljesen eltemetett maradványai. [173]

24. ábra. Földtani viszonyok Orosháza térségében (*forrás: Nemzeti Atlasz)* [172]



25. ábra. Orosháza térsége felszínalaktan *(forrás: Nemzeti Atlasz)* [173]

4.5.4. Talajtani adatok (4. számú melléklet 4.1. pont)

A belvízképződés modellezése kapcsán a talaj vízgazdálkodási tulajdonságainak ismerete és számszerűsítése szükséges, amelyhez a telített talaj legfontosabb tulajdonsága, a hidraulikai vízvezető-képesség horizontális és vertikális megadását jelenti.

A modellezés számára a talajtani adatokat az igazgatóság adattárában fellelhető vízföldtani naplókból[16] nyertem ki és dolgoztam fel. [142] A felhasznált fúrásszelvények

[16] vízföldtani napló: A vízföldtani napló a kutak fúrásközben feltárt talajtani adatait rögzíti, ami a talajfelszíntől mért mélységben írja le a talajok típusát.

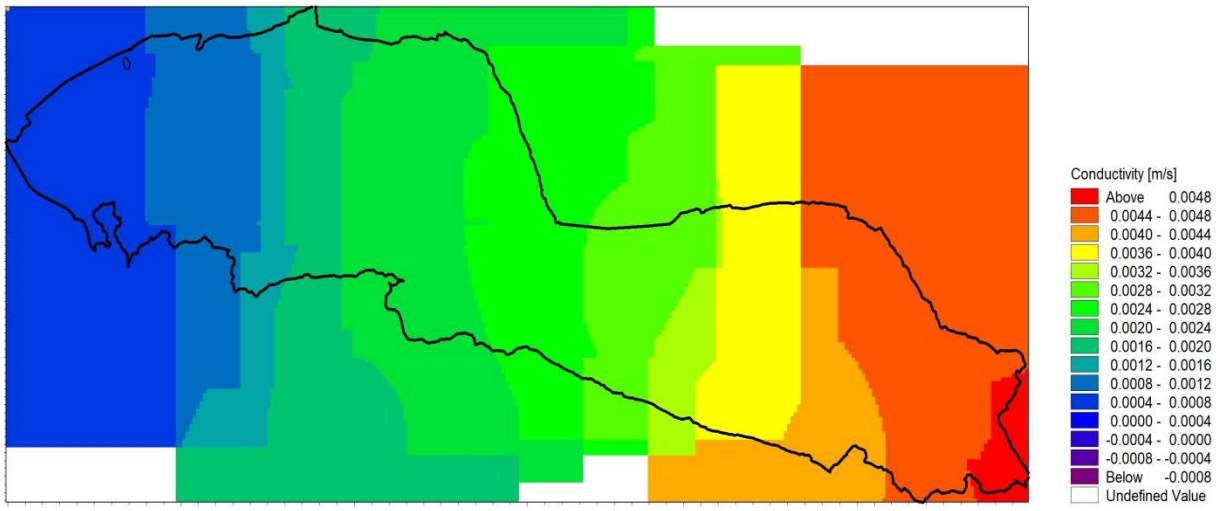
listáját a *4. számú mellékletben a 7. táblázatban*, a kutak térbeli elhelyezkedését a *46. ábrán* mutatom be. Szintén a *4. számú mellékletben* a *47. ábrán* egy részletet mutatok be a felhasznált vízföldtani naplók feldolgozásával készült táblázatból, valamint az *48. ábrán* egy részlet látható a K-195 kataszteri kút vízföldtani naplójából.

A talajtani naplók feldolgozását követően megállapítható, hogy a terület K-i területein a vízadó rétegek vízáteresztő-képessége nagyobb, mint a Ny-i területek felé haladva. A vizsgált terület változatos talajtani adottságú, homokos agyag, homok, gyengén meszes, laza, agyag, aleurit, homokos agyag, agyag, agyagos homok, aleurit váltakozása figyelhető meg mélységben és területi eloszlásban is. Az oldalirányú vízmozgások kapcsán a Ny-i irányból K-t irányba történő változó, a kedvezőbb vízvezető-képességű talajtól a rosszabb vízvezető-képességű talaj megjelenése rajzolódik ki.

A fúrásszelvények alapján 50-60 m-es mélységig tapasztalható a legtöbb kút esetében agyagos-vízzáró réteg, ezért *a modellezés mélységi határát* a DHI szakértők és a szakirodalmi hivatkozások alapján *60 m-ben határoztam* meg.

A szivárgási tényező („k" tényező) jellemzi a talajban történő vízáramlás sebességét, amelynek mértékegysége m/s vagy m/nap. A reális „k" tényező meghatározása a modellezés egyik sarokköve, a beállítást a karotázs-ellenállás adatokból, a szivárgási tényező értékét a Gálfi-Liebe által kidolgozott összefüggés alapján becsültem meg, majd a modell futtatásával és számos verzió eredményének értékelésével végeztem el. [175] [176]

A modellben a változó k_{xy}-tényező K-ről Ny-ra csökkenő mértékével definiáltam (kavicsos homoktól – iszapos homokig). A modelltér a felső talajvíztartó rétegű változatos talajszerkezetet egy átlagos, megközelítő tulajdonságokkal meghatározott talajréteggel határoztam meg. A vertikális vezetőképességet általánosságban a horizontális 1/10-nek vettem a 60 m-es talajtérben. A modelltérben alkalmazott „k"tényezőket a *26. ábrán* mutatom be.



26. ábra. A "k" tényező sávos változása K-Ny-i irányban az Orosházi modellterületen *(készítette a szerző MIKE programmal)*

A modell adatigénye szerint a felső talajréteg hidraulikai tulajdonságainak leírására szükséges adatok: a talajok telített víztartalma, szántóföldi vízkapacitás és hervadási pont, telített hidraulikus vezetőképesség és Mualem -van Genuchten paraméterekkel számított víz-visszatartási képességet és a telítetlen hidraulikus vezetőképességi görbe. [165] [177]

A modellterületre Battonya 483/2018., Nagybánhegyes 483/2018 4. *mellékletben „A felszínközeli talaj vízgazdálkodási tulajdonságai”* című fejezetben szereplő *49. és 50. ábrán közzétett talajtani mérési jegyzőkönyvek* adatait használtam fel.

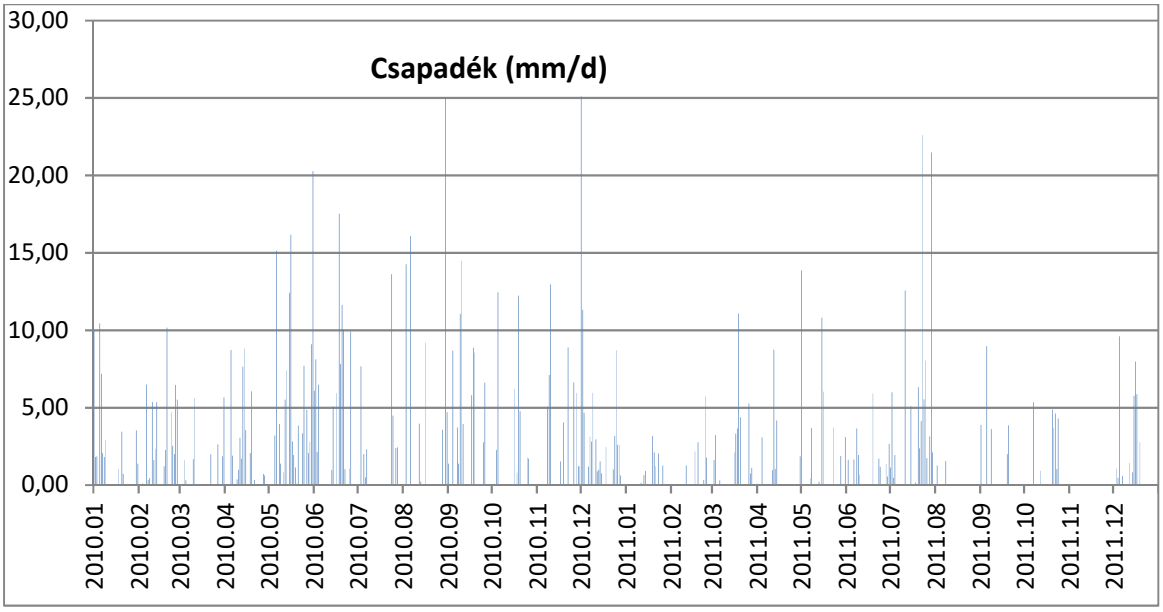
A talajok víztartó-képességét becslő módszerek kapcsán a digitális adatbázisok fejlődésével új perspektíva nyílt meg. A becslési módszerek alapvetően két típusba sorolhatók: fizikai modell alapú becslések és az empirikus módszerek közé. Ez utóbbiba tartozik a pedotranszfer függvények többsége, amely a rendelkezésre álló adatokat mintegy „átfordítja” a számunkra szükséges adatokká, egy olyan függvénnyel, mely meghatározott talajtulajdonságokat becsül egyébként könnyen, rutinszerűen vagy olcsón mérhető tulajdonságok alapján. [178] Ennek a becslési módszernek köszönhetően valósult meg EU-s támogatással az ingyenes és nyilvános használatra szánt, a talaj vízgazdálkodási tulajdonságait megmutató adatbázis. A „3D Soil Hydraulic Database of Europe at 250 m and 1 km resolution” európai talajok hidraulikai tulajdonságainak adatbázisa 250 és 1 km-es felbontásban készült el. [179] Az európai talajfizikai adatbázisok alapján szimulált vízgazdálkodási jellemzőket tartalmazó adatbankot hét talajmélységben, a felszíntől 2 m mélységig találhatjuk meg. Az

általam felépített modellben ezt az adatbázist még nem tudtam alkalmazni, ez egy fejlesztési lehetőség a jövőben.

4.5.5. Csapadék és hőmérséklet

A belvízképződés egyik legfontosabb kiváltója a csapadék, annak mennyisége, intenzitása és formája. A vizsgált időszak 2010-ben rendkívül csapadékos (750 mm), míg 2011-ben rendkívül csapadékszegény volt (340 mm). Orosháza település éves csapadékmennyiségének átlaga 514,6 mm, mely országos tekintetben átlagosnak tekinthető. [169]

A modellterületre az Országos Meteorológiai Szolgálat vízügyi felhasználásra átadott orosházi és békéscsabai csapadékmérő-állomások és hőmérsékleti adatait használtam fel a 2010-2011 időszakra vonatkozóan. A modellbe a két csapadékmérő állomás adatai poligon és idősor adattípusba feldolgozva épültek be. A hőmérsékleti adatokat a napi párolgás számításához használtam fel.

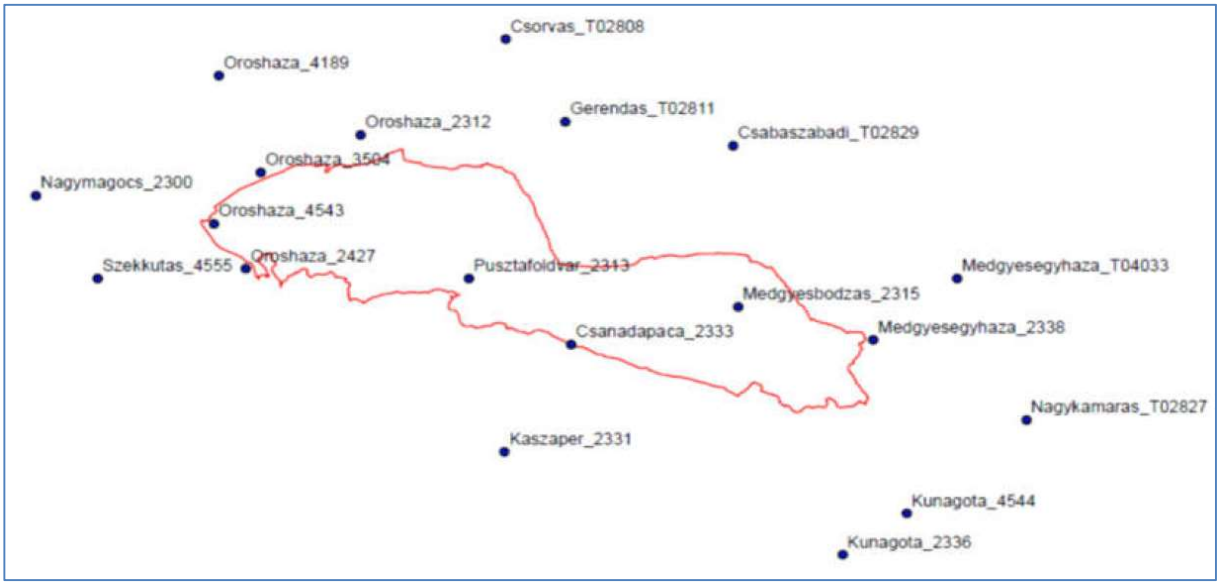


27. *ábra.* Orosházi mintaterület napi csapadék idősora 2010-2011 (mm/d)
(készítette a szerző, forrás OMSZ) [169]

4.5.6. Talajvízállás

A modell fontos input adata a talajvízállás napi adatsora, amely adatokat a területileg illetékes ATIVIZIG és a KÖVIZIG üzemeltetésében lévő monitoring talajvízkutak

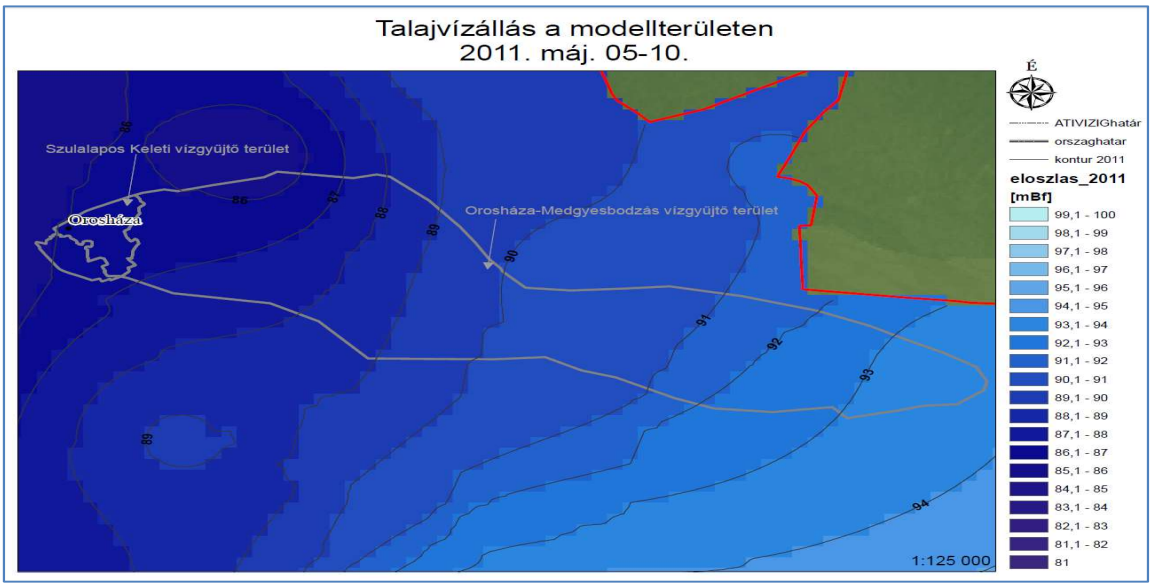
törzsállomásainak adattárából kaptam meg. A felhasznált kutak térbeni elhelyezkedését a 28. ábra mutatja, a kutak adatait a *4. melléklet 8. táblázatában* teszem közzé.[180]



28. ábra. Orosházi mintaterület modellezéséhez felhasznált törzsállomás talajvízkutak *(szerkesztette a szerző, forrás: ATIVIZIG)* [169]

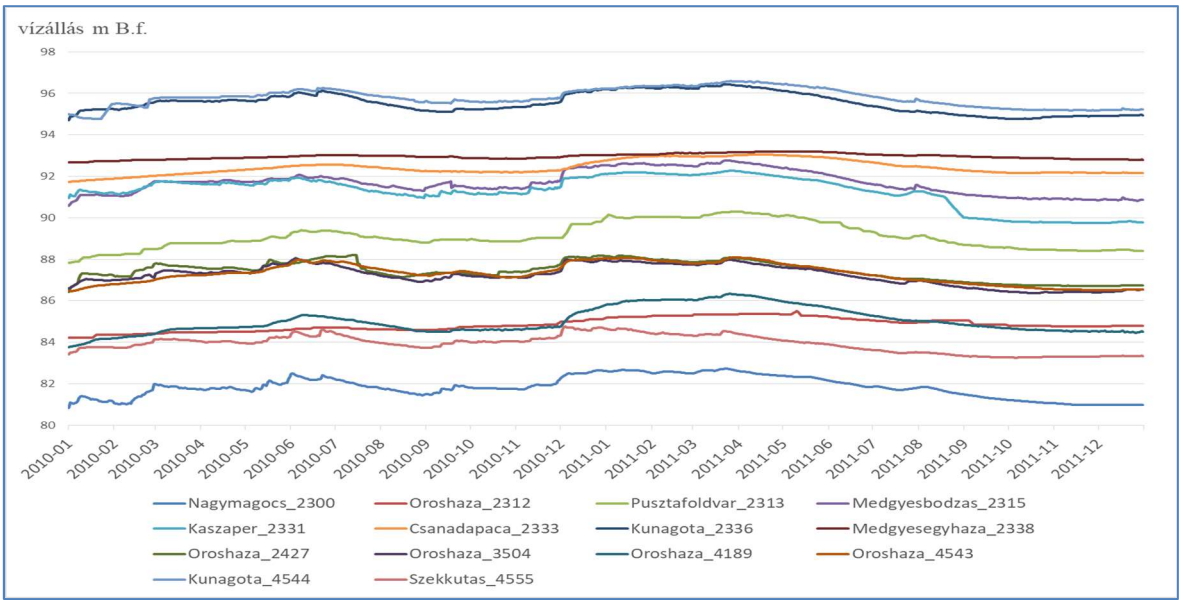
A modell felépítésénél, a peremfeltételek meghatározásánál fontos kérdés volt a talajvízáramok kialakulása. Vizsgálatokat végeztem az 1999., a 2000., a 2003., a 2006. és a 2010. évekre, amelyek a legcsapadékosabb időszakokok voltak. A legnagyobb talajvízállású időszakok feldolgozott adataiból megállapítható, hogy a talajvíz potenciálváltozása a modellterületen DK-ről ÉNY irányba mutat. A talajvízszintvonalak közel merőlegesek a mintaterület felszíni esésvonalaira, valamint az Orosháza-Medgyesbodzási-csatorna nyomvonalára, amely Orosháza felé lejt.

Megállapítható, hogy 2006-ban Battonyán kb. 99,0 m B.f. és Orosházán kb. 85,0 m B.f. talajvízszintet mértek, amely 14 m szintkülönbséget jelent mintegy 40 km távolságban. A 2011. évi mért adatok hasonlóak azzal a különbséggel, hogy Orosházán 86,0 m B.f. talajvízszintet mértek, így 13 m szintkülönbség alakult ki Battonya és Orosháza között.
Ez 0,35 ‰ (2006) és 0,32 ‰ (2011) értéket jelent a talajvíz-felszínesés szempontjából. Ezt a 2011. évi adatok feldolgozásából készített *29. ábrán* mutatom be.



29. ábra. Talajvízállás szintvonalas térképe a Maros hordalékkúp Orosházi minta vízgyűjtőn 2011. május 05.-10. időszakban *(készítette a szerző, forrás: ATIVIZIG)* [169]

Az elkészített szintvonalas talajvíz térkép a modellterületre belépő-kilépő talajvízáram-irányok meghatározására és a modell felszínalatti vízáramlás peremfeltételek meghatározására szolgált. *A feldolgozott adatok alapján megállapítható, hogy a vizsgált terület két hosszanti pereme mentén (DNy-i és ÉK-i) nincs talajvíz-beáramlás*.

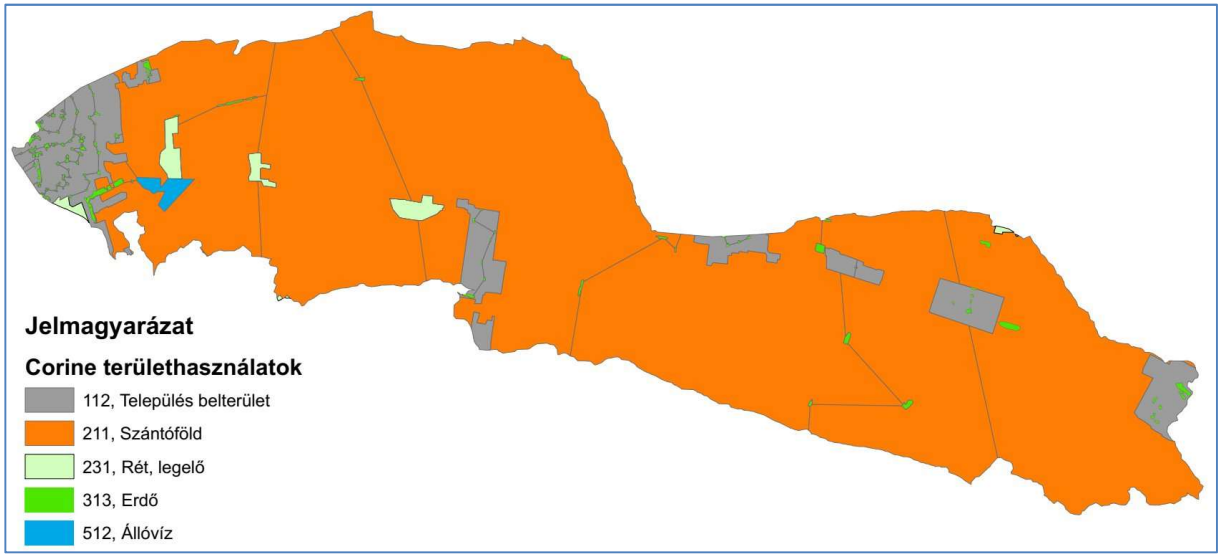


30. ábra. Talajvízállás a törzskutakban Orosháza térségében 2010-2011. (m B.f.) *(készítette a szerző, forrás: ATIVIZIG)* [169]

A modellben külső peremfeltételként a talajvízszint mozgása a terület határán puha peremfeltételként került beépítésre. A napi talajvízállás idősorok interpolálásával, időben változó vízszintmagasságok a modell terület teljes kerületén kerültek rögzítésre.

4.5.7. Területhasználat

A vízgyűjtőterület sajátossága a *21. ábra* alapján a 88%-os területarányt meghaladó mezőgazdasági szántóföldi területhasználat. Az alföldi településekre jellemző településszerkezet közel 8%-os arányt képvisel, amely nem nevezhető jelentősnek, azonban ez a belvízi elöntések szempontjából a leginkább kárérzékeny terület. Az épített infrastruktúra (út, vasút) burkolt felületei és jelenléte nem domináns, de szintén magas kárérzékenységű. Elhanyagolható arányt képviselnek a vizes területek és az erdőterületek. A területhasználat jellemzésére a vízügyi ágazatban használatos 2007. évi CORINE landcover térképeket használtam fel. [169]



31. ábra. Az Orosházi mintaterületen a különböző területhasználatok megoszlása alapján *(készítette a szerző, forrás: CORINE 2007 adatbázis)*

4.5.8. A modell bemenő adatokkal összefüggésben alkalmazott számításai

A területhasználat jelentősen befolyásolja a belvízképződést, a terepi lefolyás és összegyülekezés, a párolgás, az evapotranspiráció és a csapadékvíz talajba történő beszivárgás folyamatát. A modellben a vízforgalmi számítások során a különböző területhasználati kategóriákhoz (pl. beszivárgás és evapotranspiráció számításokhoz) különböző jellemzőket

szükséges megadni, amelyet a DHI szakértői ajánlása, vagy szakirodalmi hivatkozások alapján vettem fel. [165]

A potenciális evapotranspiráció[17] (PET) és a párolgás

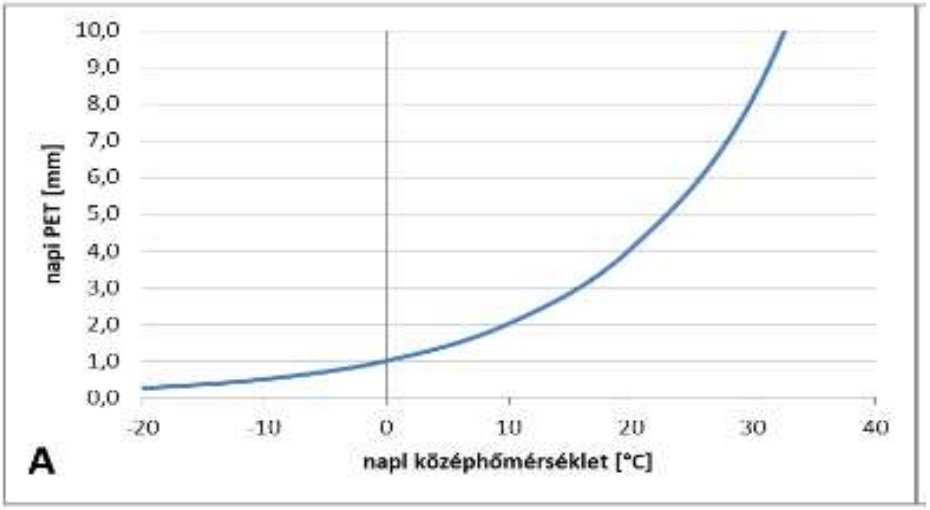
A felszínre hulló csapadéknak csak egy része jut el a talajfelszínre, mert másik része közvetlenül a levélzetről elpárolog (interszepció). A csapadék többi része lejut a talajig, be is szivárog, de a hőmérséklet hatására a talajból párolog el, a talajvízszintig soha nem ér le. Ezt a folyamatot a hőmérsékleten túlmenően a gyökérzet mélysége és a talaj vízmegtartó-képessége is befolyásolja. [180]

A növényzet fejlődésével (gyökérzet és levélzet) egyre nagyobb hatást gyakorol a párolgásra, ezzel a belvízképződés folyamatára, amely a csapadékvíz elpárologtatását növeli, ezzel együtt a belvízképződést csökkenti. Allen és et al. által kidolgozott összefüggés a modellezésben jól felhasználható a növényzet időbeni párologtató hatásának számítására. [181]

A burkolt felületek a beszivárgást kizárják, a párolgást növelik.

A természeti folyamatban a párolgás különböző jellegű és típusú felületekről történik. A számításokban a szárazföldi területeken a növényzet és a talaj együttes párolgását, az evapotranspirációt kell figyelembe vennünk. Az Alföldön a szabad vízfelszín évi párolgása 500-700 mm között változik. [182]

A potenciális evapotranspiráció alkalmazott függvényét az *32. ábra* mutatja be:



32. ábra. Potenciális evapotranspiráció [182: 20]

[17] PET: potenciális evapotranspiráció – lehetséges párolgás a talaj+növényzet által

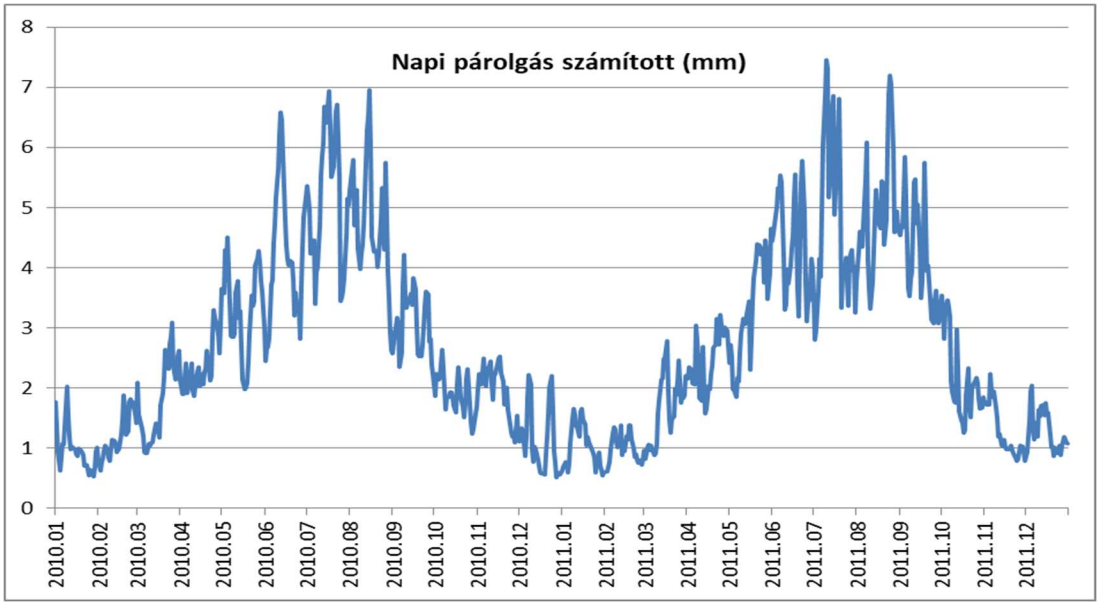
A modellezés során a potenciális evapotranspiráció (PET) mértékéhez képest viszonyítottan számítjuk a valódi párolgás értékét. A napi PET értékét számítással határozhatjuk meg a napi középhőmérsékletből. [182]

$$PET= e^{0,07T}$$

Ahol: T: napi középhőmérséklet,

e: Euler-féle szám (2,71828…)

A potenciális evapotranspiráció és a napi hőmérsékleti adatok alapján a modellterületen 2010-2011-ben az alábbi párolgási adatokat vettem figyelembe, amelyet a *33. ábra* mutat.



33. ábra. Orosházi mintaterület napi párolgás idősora 2010-2011 (mm/d) *(készítette a szerző)*

A terület levélzettel borítottságának számítása

A DHI által kifejlesztett program képes a növényzetfejlődési folyamatokat input adattal kezelni. Az alkalmazott modell adatigénye kiterjed a levélzet index (azaz Leaf Area Index, LAI) és a gyökérzet mélység meghatározására, amely a tényezők időbeni változásával a belvízképződésre gyakorolt dinamikus hatást képezi le. [165]

Az evapotranspiráció számszerűsítésére egyik lehetőség növényzettel lefedettség mérőszáma, amelyet a mértékadó LAI adatból származtatnak, amely a csapadék talajfelszínre lejutását akadályozza meg, valamint növeli a párolgást.

LAI = levélfelület [m^2] / talajfelület [m^2] [165]

A vegetáció kapcsán másik fontos származtatott adat a növényzet gyökérzete, ill. mélysége. [181] A gyökérzet időben változó hatást gyakorol a belvízképződésre, hiszen a növényzet fejlődésével a gyökérzet, így annak párologtató hatása is időben változik.

Tanulmányok alapján átlagosan 60 cm mélység az, ahol a legaktívabb a növények vízfelvétele, ebből a zónából történik a vízfelvétel 62-81%-a, amely a párolgást jelentősen növeli. [183]

Az alkalmazott időben változó adatokat a növényzet ciklusához igazodóan vettem fel a DHI MIKE SHE kézikönyv ajánlása [164] alapján, ill. korrigáltam a hazai szakirodalmi kutatásom alapján. [183] A mintaterület modellfelépítése során a LAI és gyökérzetmélységre alkalmazott adatokat területhasználatonként részletesen *a 4. számú melléklet 51. és 52. ábrái* tartalmazzák.

4.5.9. Kutak: vízkivételek vízhozam-adatok és települési közmű adatok

A kutak, mint vízkivételi helyek befolyásolják a talajvíz (rétegvíz) szintjét, amely a belvízképződés befolyásoló tényezője. A vízkivételek vonatkozásában a modell bemenő adataként a kutak EOV koordinátahelyesen tartalmazzák az éves vízkivételi adatokat napi bontásban, amelyeket az ATIVIZIG adatbázisából gyűjtöttem le és kerültek beépítésre a modellbe. A beazonosított kutak adatait a *4. számú mellékletben az 53. ábrán mutatom be*.

A **modellezett talajtér 60 m-es mélységben került lehatárolásra**, így az adatbázisból max. 60 m-es mélységet érintő szűrőzött kutak vízkivételeit válogattam le a vizsgálati időszakra vonatkozóan. A kutak listája a *4. számú melléklet 9. táblázatában* szerepel. A vízkivételek jelentős része ennél mélyebb rétegben szűrőzött, így azok adati nem kerültek be a modellbe, mert a talajvízszintet közvetlenül nem befolyásolják. A regionális vízellátórendszer kiépülésével megváltozott a mélységi vízkivételek talajvízre gyakorolt hatása. A vízkivételek a vizsgált 2010-2011-es belvíz kapcsán feltételezésem alapján nem gyakoroltak jelentős hatást a talajvízjárásra.

Talajvízhasználat – öntözés: a tapasztalatok alapján a talajvízből jelentős az engedély nélküli és ismeretlen mennyiségű vízhasználat. Tekintettel arra, hogy a 2010-es év belvizes volt, így azzal a feltételezéssel éltem, hogy ebben az időszakban nem volt a talajvízből öntözővíz-kivétel. Azonban 2011-ben a vegetációs időszakban jelentős aszály volt, ezért feltételeztem a talajvízkészlet öntözővíz igénybevételét, mennyiségét és térbeli kiterjedését

becsléssel határoztam meg. A mezőgazdasági terület 50%-án 2011. április-augusztus hónapokra vetítve egyenletes 20 mm/hó öntözést feltételezve határoztam meg a vízhasználatot.

A települési víziközmű adatok

A települési közművek helyzete jelentős hatással van a belvízképződésre. Az ivóvíz-kitermelések mélységi rétegeket érintenek, feltételezésem szerint a modellterületen nincsen számottevő hatással, lásd *4. számú melléklet 10. táblázat*. A mintaterületen lévő települések közül nem mindegyik rendelkezik szennyvíztisztító hálózattal, ezért a modellezés kapcsán az alábbi megközelítéseket alkalmaztam:

A nem csatornázott települések szennyvize szikkasztással kerül a felszín alá, amit „öntözés" szimulációjával építettem be a modellbe. Értékét az ivóvíz felhasználás éves mennyiségének 80 %-a alapján vettem figyelembe, egyenletes m^3/év/365 nap terheléssel. Ezek a Pusztaföldvár, Csanádapáca, Medgyesbodzás települések.

A szennyvízcsatornával rendelkező települések szennyvíztisztító telepéről kibocsátott szennyvizek nem a mintaterület csatornáiba kerülnek elvezetésre, hanem másik vízgyűjtő felé, ezért a modellbe ezek a vízmennyiségek nem kerültek beépítésre. Tekintettel arra, hogy Medgyesegyháza nem teljesen csatornázott, ezért 10 % szikkasztott szennyvízterheléssel számoltam. Orosháza esetében teljesen kiépített a szennyvízcsatorna-hálózat, így itt nem számoltam szennyvízszikkasztással. [180]

4.6. Az Orosházi mintaterület vízgyűjtő-modellje

Az Orosházi szivattyútelep vízgyűjtőterületére vonatkozóan MIKE SHE és MIKE Hydro modellek segítségével végeztem el a vízrendszer vizsgálatát a 2010-2011. évekre vonatkozóan.

A felépített modell 50*50 méter cella méretű, kelet-nyugati tájolású, amely a morfológiai adottságok alapján határoltam le. A cellafelbontás mértékét elsősorban a kisméretű belvíz csatorna keresztszelvények indokolták. Ezzel a felbontással a mikrodomborzat hatása is érvényesül, hiszen a síkvidéki területeken a belvízképződés a kisesésű területeken alakul ki.

A modell felső felületét a digitális terep modell szolgáltatta, mely 10*10 m cella felbontással rendelkezett. Alsó határát egységesen 60 m mélységben jelöltem ki.

A talaj felszínén a vízáramot és áramlást a MIKE SHE Overland Flow Module számítja a Mannings-egyenlet alapján félig osztott megközelítéssel. Abban az esetben, amikor a víz nettó beáramlása a cellába (pl. csapadék) meghaladja a talaj beszivárgási képességét, a víz a talaj

felszínén elkezd összegyűlni és áramlani (felszíni lefolyás). Az áramlási útvonalat a terepesés és az áramlási ellenállás, a mennyiséget a csapadékból a párolgás és beszivárgás különbsége határozza meg. A modellben DHI szakértői ajánlás alapján Mannings megközelítést alkalmaztam egységes 10 $m^{1/3}/s$ értékkel, 3 mm tározással. [165]

Az evapotranspiráció számítása a Kristensen-Jensen módszerrel történt, melyhez a növényborítottság térbeli és időbeli eloszlását vettem figyelembe a gyökérmélység, levélterület index (LAI) és a referencia evapotranspiráció-érték segítségével. Párolgási értékek számítása a potenciális evapotranspiráció alapján történt. [165]

A felszín alatti áramlások modellezésére két külön zónát vizsgáltam: telítetlen zónát és telített zónát. A telítetlen áramlás egy heterogén összetételű talajban zajlik, és a talaj nedvességtartalmának ciklikus ingadozásain alapszik. A telítetlen zónában elsődlegesen a csapadékkal és párolgással számol a modell. A telítetlen talajban a vízáramlás, a beszivárgás elsősorban függőleges irányultságú a gravitáció miatt, ezért a MIKE SHE is egydimenziós megközelítést alkalmaz a számítások során. A telítetlen zónában a függőleges irányú áramlás a Richards egyenlettel került meghatározásra, amely egyúttal a vízmérleg alapjául is szolgál. A számításhoz meg kell adni a víztartalom függvényében a vízáteresztő-képességi együtthatót és a vízvisszatartási tulajdonságokat az egyes víznyomások szerint, amelyet a Van Genuchten modell segítségével vesz figyelembe a modell. [165]

A felszín alatti vizek mozgása telítetlen zónában részletes 3D véges differencia módszer alkalmazásával történt, mely a MIKE SHE modellterében sík négyszögű, derékszögű rendszerben épült fel. Ez az adatbázis tartalmazta a talajtípusok rétegződését, a rétegek vastagságát, a talaj hidraulikai és hidrológiai tényezőit. Az adatokat elsődlegesen a fúrási adatok és szakirodalmi adatok alapján vettem fel. [164] [165]

A felszíni áramlás modellezése MIKE SHE programmal, a csatornában zajló vízmozgások modellezése a kapcsolt MIKE Hydro modellel történt, mely megteremti a kapcsolatot a belvíz csatorna és az az ingadozó talajvízszint között. A DHI programleírás alapján a csatornák esetében a MIKE Hydro a vertikálisan integrált St. Venant egyenleteket oldja meg, a folytonossági és impulzus (tömeg- és energia-megmaradási) egyenleteket. Ha egydimenziósra redukáljuk a csatornában a vízáramlási folyamatot, olyan paraméterekkel jellemezhető (vízhozam, középsebesség, szelvényterület), amelyek csak a vízfolyás hosszmentében mért távolság és az idő függvényei. [165]

Az egyenletek egy nem-lineáris parciális differenciálegyenlet-rendszert alkotnak, ahol a vízhozam és a szelvényterület az x távolság és a t idő folytonos függvényei.

A folytonossági egyenlet

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \qquad (5)$$

ahol: A: áramlás keresztmetszet

Q: vízhozam

t: idő x: távolság

Az impulzus egyenlet:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial Qv}{\partial x} + gA\left(\frac{\partial z}{\partial x} + S_e\right) = 0 \qquad (6)$$

Ahol: Q: vízhozam

t: idő x: távolság

v: átlagos vízsebesség

A: nedvesített szelvényterület

g: gravitációs gyorsulás

z: vízmélység

Se: energiavonal esése

Alkalmazott határfeltételek a modellben:

1) Talajvíz határfeltétel minden időlépésre időben változó vízszintmagasság változó felületével került alkalmazásra a modell terület teljes kerülete mentén bemenő talajvízszint adatként. A modell kezdeti feltételeként a számítás egy interpolált talajvízszint tükörből indul el.
2) Párolgás határfeltételként, időben változó hőmérséklettől függő értékként került megadásra referencia evapotranspirációval (ET). A referencia ET érték meghatározása a FAO Penman-Monteith módszer alapján. [182]
3) Az Orosházi szivattyútelep által a vizsgált időszakban átemelt vizek napi adatsora is határfeltételként épült be.

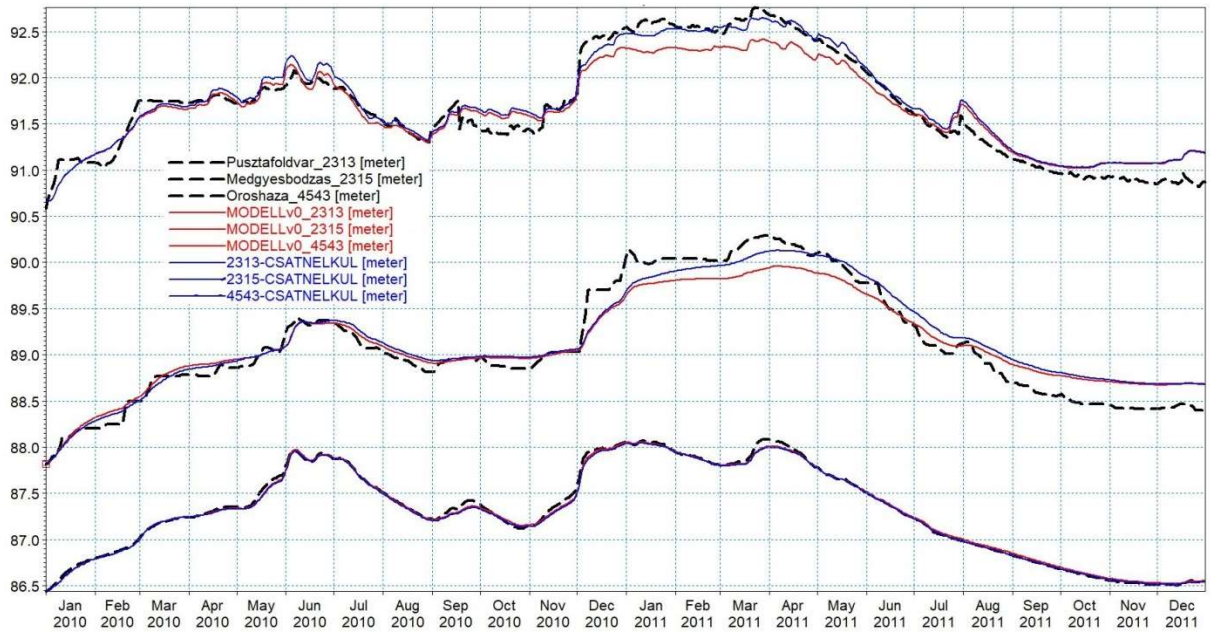
A modell egyik legérzékenyebb paraméterei a telített és telítetlen zónában a talaj hidraulikai tulajdonságai, így a „k” tényező, valamint a fedő talajréteg vízgazdálkodási

tulajdonsága voltak. *A kalibrálást* 3 talajvízkút vízállás adataihoz hasonlítva végeztem el: Pusztaföldvár 2313, Medgyesbodzás 2315, valamint az Orosháza 4543 kutakra vonatkozóan. A 4543-as kutat nem használtam a kiértékelés során, mert túl közel helyezkedik el a modell peremhez, így nem reális eredményt mutat.

A *34. ábráról* leolvasható, hogy a modellben a számított talajvízállás trendje jól követi a mért talajvízállás értékeket.

- a fekete szaggatott vonal a monitoring kútban mért vízállás,
- a kék vonal a MIKE SHE program futtatási eredménye az adott monitoring kút vizsgálati pontjában, a felszíni csatornahálózat és szivattyútelep nélkül.
- a piros vonal, amely a felszíni vízhálózat és szivattyútelep beépítésével történő futtatási eredményt mutatja.

Mértékadó állapotban, azaz legnagyobb és legkisebb vízállásoknál is kb. 20-25 cm az eltérés a két vízállás között. Az eredmények alapján a szakirodalmi hivatkozások szerint **a modell jól képezi le a talajvízállás változását, az egyezőség megfelelő,** a modell pontossága megfelelt a kutatásom további szakaszához. [162]



34. ábra. Kalibrálás - A Pusztaföldvár 2313, Medgyesbodzás 2315, valamint az Orosháza 4543 monitoring kutakban mért (fekete szaggatott) és a modell számított talajvízállásai, kék vonal - csatorna nélkül, piros vonal csatornával *(szerkesztette a szerző)*

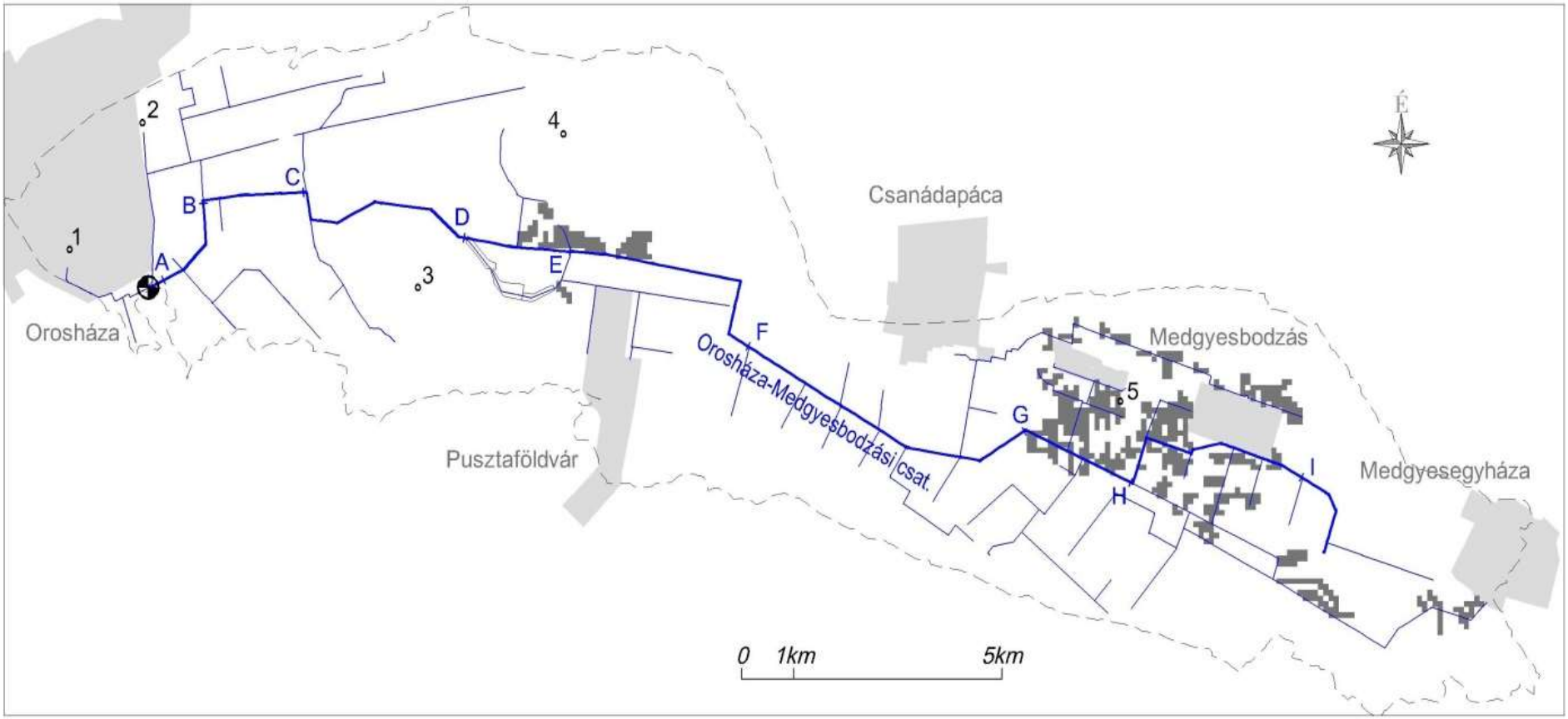
4.7. Az Orosházi mintaterület modell eredményeinek értékelése - módszertan

Hipotézisem szerint a vízrendszerekben a mértékadó belvízterhelés meghatározása érdekében a talajvízjárás hatását figyelembe kell venni, kiemelten a földárja jelenséggel érintett területeken. A modell-futtatás eredményeinek rendszerezéséhez és értékeléséhez *saját módszertant dolgoztam* ki. A főgyűjtőn, az Orosháza-Medgyesbodzási-csatorna jellemző helyein 9 vizsgálati pontot jelöltem ki. A *35. ábra* helyszínrajzán A-B-…-I pontokként ábrázoltam, a talajvíz vizsgálatára 5 pontot jelöltem ki.

A 3.4 fejezetben a belvízi méretezés elvei mentén rendszerbe foglaltam a vízgyűjtő területeken a területhasználati és egyéb antropogén változások hatását a belvizek összegyülekezési és lefolyási folyamataira, amely alapján az Orosházi mintaterületen *ötféle feltételezett változást (szcenáriót), valamint ezek összesített hatását vizsgáltam meg* a MIKE SHE modellel. Ennek célja nem az adott vízgyűjtőnek a „valóságos leképezése", hanem az általánosan feltételezett változások számszerűsíthető hatásának kimutatása volt.

A szcenáriók helyszínrajzi ábrázolását (területhasználati kategóriákkal beépült modell-változatok) az *5. számú melléklet* tartalmazza.

- V0: eredeti modell (alapbeállítás). *5. számú melléklet 54. ábra*
- V1: a drének „kikapcsolása" milyen hatást gyakorol a vízrendszerre, ill. a talajvízszintre, azaz a talajvízterhelés a belvízrendszerre. *5. számú melléklet 55. ábra*
- V2: vizsgáltam a vízgyűjtőn a burkolt területek növekedésének hatását. A települések eredeti kiterjedését 50 %-al megnöveltem a „település" területhasználati kategóriában. *5. számú melléklet 56. ábra*
- V3: vizsgáltam a települések (Pusztaföldvár, Csanádapáca és Medgyesbodzás) tisztított szennyvíz-bevezetésének hatását. Ennek érdekében *fiktív* szennyvíztisztító telepi bevezetést hoztam létre a vízrendszerben 3*1000 m^3/d vízhozammal. *5. számú melléklet 57. ábra*
- V4: vizsgáltam egy lehetséges új termálvíz bebocsátás hatását, *fiktív* 250 em^3/év október-március hónapokban egyenletes bebocsátást feltételezve. *5. számú melléklet 58. ábra*
- V5: vizsgáltam az erdőterületek növelésének hatását. Feltételezésem szerint a szántóföldi területek 10 %-a erdővel borítottak lettek. *5. számú melléklet 59. ábra*
- V6: megvizsgáltam a különböző szcenáriók *együttes és egyidejű* bekövetkezésének vízrendszerre gyakorolt hatását is.



35. ábra. Vizsgálati helyek kijelölése a mintaterületen az Orosháza-Medgyesbodzási csatorna mentén**.** A: 0+338 km szelvény, D: 7+860 km szelvény, G: 21+317 km szelvény, B: 2+100 km szelvény, E: 9+920 km szelvény, H: 22+835 km szelvény, C: 4+135 km szelvény, F:14+618 km szelvény, I: 26+945 km szelvény, 1-5 pontok talajvízvizsgálatra kijelölt pontok *(készítette a szerző)*

A MIKE modell eredményeiből 4 típusú adatot nyertem ki és elemeztem.

1. *Vízmérleg adatok* – a vízgyűjtő terület hidrológiai állapotával kapcsolatos általános vizsgálat. Lásd *4.8.1. fejezet* és *6. számú melléklet*.
2. *Talajvízállás adatok és csatorna vízállás adatok összehasonlító elemzése az* Orosháza-Medgyesbodzási-csatorna kijelölt 9 db, A – I pontokkal jelölt vizsgálati pontjában. A csatornában kialakuló vízállások változása és összehasonlítása a vizsgálati pontokban számított talajvízállással, amelyet a *4.8.2.* fejezetben mutatom be, valamint a *7. számú melléklet* tartalmazza az eredményeket részletesen.
3. *A szcenáriók hatására a csatornában kialakuló vízállások változás-elemzése* az Orosháza-Medgyesbodzási-csatorna 9 vizsgálati pontban. Ezt a vizsgálatot a *4.8.3. fejezet A) pontjában* mutatom be, valamint a *8. melléklet* tartalmazza az eredmény-grafikonokat részletesen.
4. *A szcenáriók hatására a csatornában változó vízhozam adatok elemzését* végeztem el az Orosháza-Medgyesbodzási-csatorna 9 vizsgálati pontjában. Az eredményt a *4.8.3. fejezet B) pontjában* adom közre, valamint a *8. melléklet* tartalmazza részletesen az eredmény-grafikonokat.

4.8. Az Orosházi mintaterület modell eredményeinek értékelése

4.8.1. Vízmérleg adatok értékelése

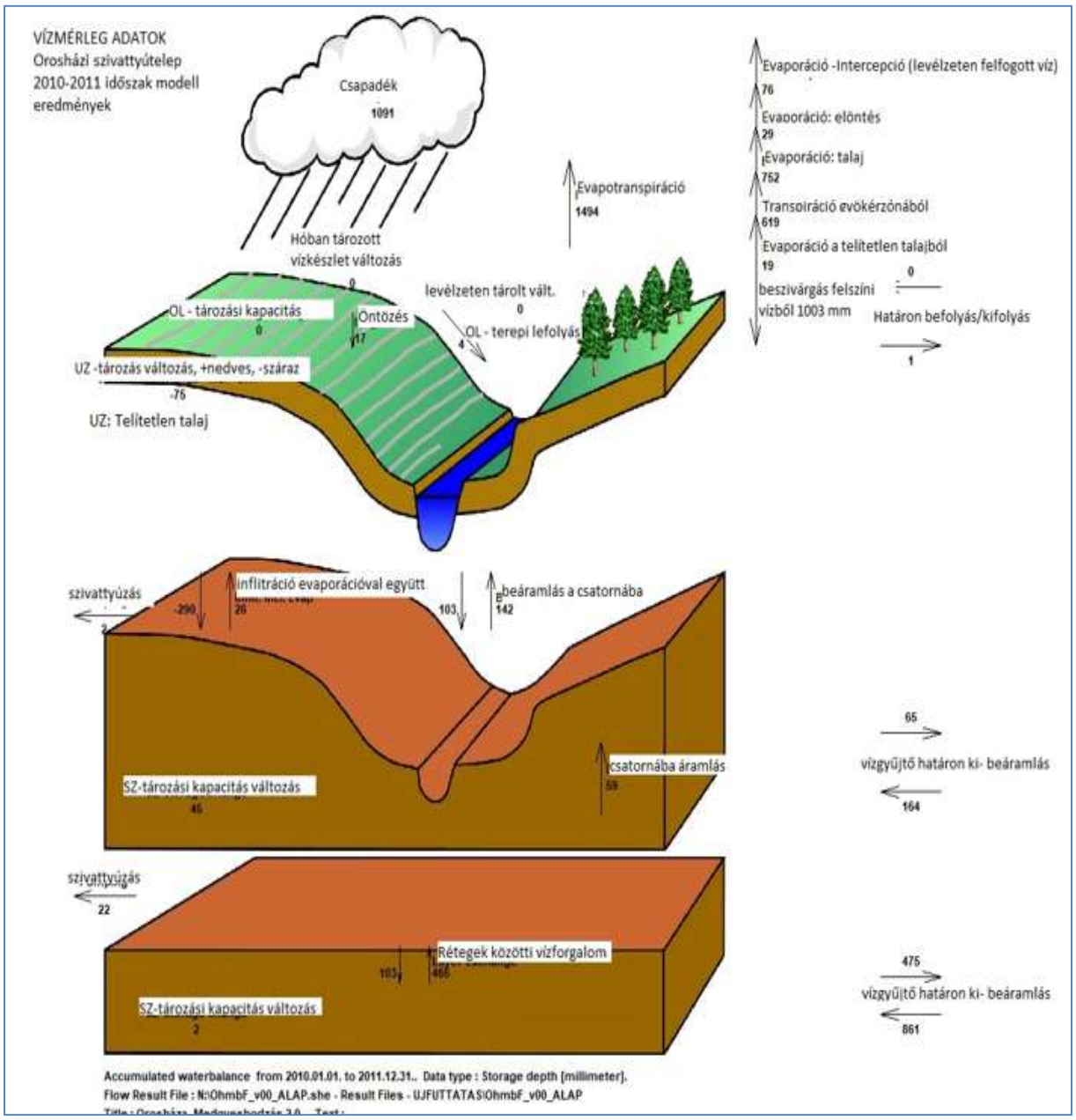
A MIKE SHE program eredményei közül *a vízmérleg adatok* a terület hidrológiai állapotáról és a vízmérleg egyes elemeiben bekövetkezett változásokról adnak információt. A modell által generált adatok alapján elemezhető a belvízképződés felszíni és felszín alatti folyamatai; az időszaki csapadékbeszivárgás, a párolgás, a rétegek közötti beszivárgási és feláramlási viszonyok, az egyes rétegekbe belépő és kilépő vízáramok, a talajban tározott víztömeg, a vízhiányra vonatkozó adatok.

A vízmérleg adatokon keresztül a *4.7. fejezetben* bemutatott szcenáriók hatását elemeztem. A modell eredményei számszerűsítve mutatták meg, hogy az emberi tevékenység hogyan hat a mintaterületi vízgyűjtő vízmérlegére és a belvízképződésben szerepet játszó hidrológiai körfolyamat egyes elemeire.

A *36. ábra* sematikusan mutatja be a MIKE SHE programban a hidrológiai körforgás számításában szerepet játszó tényezőket „mm” mértékegységben kifejezve. Ezeket az számított adatokat egy-egy szcenárióra vonatkozóan exel táblázatban értékeltem. A*z egyes szcenáriók vízmérleg értékeit páronként összehasonlítottam a V0 alapállapottal, a ±10%-nál nagyobb változást tekintettem jelentősnek. Külön elvégeztem a 2010. és 2011. évek összehasonlítását*

annak érdekében, hogy a 2010-es belvizes és a 2011-es aszályos időszakban a hidrológiai állapotok változását számszerűen kimutassam.

A 2010. és 2011. időszak elemzésekről készült táblázatot ebben a fejezetben (lásd *6. táblázat*) mutatom be, továbbá a szcenáriók összehasonlításának főbb megállapításait is ebben a fejezetben adom közre. A részletes elemzések táblázatait a helytakarékosság érdekében a *6. mellékletben* adom közre.



36. ábra. Vízmérleg ábra séma MIKE SHE modell eredmények alapján 2010-2011 időszak *(szerkesztette és fordította a szerző, forrás: DHI)*

***A) Összehasonlító elemzés „V0-alapállapot" szerint a 2010. (csapadékos év) és a 2011. (aszályos év)*:**

A 2010 és 2011 évek külön-külön összehasonlító elemzését tartalmazza a *6. táblázat*, amely a csapadékos és a vízhiányos időszakban a belvízképződésben szerepet játszó tényezők változását elemzi. Az értékelés főbb megállapításai:

- a 2010-es évben több mint kétszeres csapadékmennyiség volt, mint 2011-ben.
- A 2011-es aszály ellenére az evapotranspiráció (ET) értéke nem csökkent jelentősen. A 2010. csapadékos év értékének 85%-a volt. Ennek magyarázata, hogy *2011-ben a párolgás a felhalmozódott talajvízkészletből, jellemzően a gyökérzónából történő elpárolgás volt.* Ennek következményeként ebben az esztendőben a mezőgazdasági kár sem volt olyan mértékű, mint azt a csapadékhiány mértéke prognosztizálta volna.
- A felső talajréteg *szárazodása* 2010-ben kismértékű volt, amely 2011-ben közel hatszorosára nőtt. A felső talajrétegben 2010-ben 149 mm víztöbblet mutatkozott, ami 2011-ben 105 mm vízhiánnyá változott.
- A *csatornába történő beáramlás* a telítetlen rétegből 2011-ben a csapadékhiány ellenére nagyobb volt, közel kétszerese a 2010. évinek, köszönhetően a magas talajvízszintnek.
- A 2010. és 2011. hasonló értékeket mutat, *a telített talajrétegből a felsőbb talajréteg felé történő vízátadás* jelentős, a felfelé áramlás négyszerese a lefelé történő vízátadásnak, a modell területre belépő víztömeg (861 mm) duplája a kiáramló víztömegnek (475 mm).
- A 2010. és 2011. évi adatokat összehasonlítva nincs jelentős eltérés az *evapotranspiráció (ET)* összegét meghatározó tényezők között. Némi eltérést mutat a *belvízi elöntésekből elpárolgó* vízkészlet, ami a 2011. évi vízhiánynak tudható be. Ennek köszönhetően a *gyökérzónából történő elpárolgás* arányaiban 2011-ben magasabb volt 4 %-al a 2010. évinél.
- A 2010-2011. időszakban együttesen az ET legjelentősebb tényezője a talajból történő párolgás (752 m) volt, ami 50 %-a a teljes ET-nak. A gyökérzónából elpárolgás némileg kisebb, 41 %-a az ET-nek Az intercepció az ET 5%-át jelentette.
- A vizsgálati időszakban modell területre belépő felszín alatti víztömeg (861 mm) duplája a kiáramló víztömegnek (475 mm).

Az eredmények igazolták, hogy a talajvízterhelés megjelenik a csatornában, továbbá a talajvíz-beáramlás (nyomáshullám) a vízgyűjtőn kívülről jelentős nagyságrendben jelen volt 2010-2011 időszakban. A 2011. évi aszály ellenére a terület vízgazdálkodási állapota vízbőséget mutat.

5. táblázat. Vízmérleg eredmények V0 állapotban a 2010., a 2011. és a 2010-2011. időszak összehasonlítása ***(****készítette a szerző MIKE eredmények alapján)*

"V0 állapot" VÍZMÉRLEG modell eredmények elemzése 2010, 2011 és 2010-2011 összehasonlítás (mm)						
Vízmérleg elemei	**2010**	**2010-2011 teljes időszak hoz képest %**	**2011**	**2010-2011 teljes időszak hoz képest %**	**2010-2011 teljes időszak**	**Értékelés - Jelentősebb változások (+/- 10%)**
Csapadék	750	68,7	340	31,2	1091	A csapadék 2010-ben kétszerese volt a 2011. évi csapadéknak, 2011. rendkívüli aszály volt.
Evapotranspiráció	**808**	54,1	686	45,9	1494	Az evapotraspiráció annak ellenére nem csökkent jelentősen 2011-ben (2010. évinek 85%-a), hogy jelentős aszály volt. A párolgás jelentős volt 2011-ben a többlet talajvízkészletből.
Evaporáció -Intercepció (levélzeten felfogott víz)	0		0	-	0	
Öntözés	**1**	5,9	16	94,1	17	Szerzői feltételként épült be.
Evapotranspiráció	*44*	57,9	32	42,1	76	Evapotranspiráció: 2010. és 2011. évi adatokat összehasonlítva nincs jelentős eltérés az evapotranspiráció összegét meghatározó tényezők között. Némi eltérést mutat a belvízi elöntésekből elpárolgó vízkészlet, ami a 2011. évi aszályosságnak tudható be. A gyökérzónából történő elpárolgás arányaiban hasonló 2010-ben és 2011-ben. Összességében az evapotraspiráció legjelentősebb tényezője a talajból történő párolgás (752 m), ami 50 %-a a teljes ET-nak, a gyökérzónából történő elpárolgás némileg kisebb, 41 %. Az intercepció, azaz a növényzet levélzete (LAI) az ET 5%-át jelentette.
Evaporáció -Belvízi elöntésben tározott vízből	*22*	75,9	7	24,1	29	
Evapotráció talajból	*411*	54,7	340	45,2	752	
Transpiráció a gyökérzónából	*321*	51,9	298	48,1	619	
Evaporáció sz-ből	*10*	52,6	9	47,4	19	
beszivárgás -Belvízi elöntésben tározott vízből	685	68,3	318	31,7	1003	2011-re áthúzódó elöntésekből még volt beszivárgás a csapadékhiány ellenére.
legfelső talajréteg (felszín) állapotváltozása (+víztöbblet -szárazodás)	-11	14,7	-64	85,3	-75	A felső talajréteg szárazodása 2010-ben kismértékű volt, -11m, ami 2011-ben közel hatszorosára nött, 64 mm-re.
Kiszivattyúzott víz		0	2	100,0	2	
Feláramlás a csatornába felső talajréteg (telítetlen)	56	39,4	85	59,9	142	2011-ben kissé magasabb érték.
Leáramlás a csatornából felső talajréteg (telítetlen)	50	48,5	53	51,5	103	2010 és 2011. gyakorlatilag ugyanaz a volumen
Evapotranspiráció miatti felszivárgás felső talajréteg (telítetlen)	13	50,0	13	50,0	26	2010 és 2011. gyakorlatilag ugyanaz a volumen
Altalaj felé leszivárgás felső talajréteg (telítetlen)	-36	12,4	-253	87,2	-290	Inflitráció az evaporációt figyelembe véve 7-szeres érték volt a 2010. évi értéknek.A felső talajrétegből is jelentős a párolgás, amely 2011. csapadékszegény a magasabb hőmérsékletnek köszönhető.
Tározott vízkészlet változása felső talajréteg (telítetlen)	149	331,1	-105	- 233,3	45	A felső talajrétegben 2010-ben 149 mm víztöbblet mutatkozott, ami 2011-ben 105 mm vízhiánnyá változott.
Csatornafelé felszivárgás felső talajréteg (telítetlen)	18	30,5	41	69,5	59	A csatornába történő beáramlás a telítetlen rétegből 2011-ben nagyobb érték volt,közel kétszerese a 2010. évinek köszönhetően a magas talajvízszintnek.
Modell területről kilépő víz felső talajréteg (telítetlen)	31	47,7	34	52,3	65	A telítetlen talarétegbe ki és beáramló vízmennyiség mindkét évben hasonló értékű volt.
Modell területre belépő víz felső talajréteg (telítetlen)	80	48,8	84	51,2	164	
Alsó talajrétegből kiszivattyúzott víz	5	22,7	17	77,3	22	
tározott vízkészlet változás alsó talajréteg (TV-telített)	5	250,0	-4	- 200,0	2	A 2010-es évi minimális víztöbblet a telített zónában vízhiánnyá vált 2011-re.
Felfelé szivárgás alsó talajréteg (TV-telített)	228	49,0	236	50,8	465	A rétegek közötti vízátadás 2010.és 2011. hasonló értékeket adott. Jelentős a telített talajrétegből a felsőbb talajréteg felé történő vízátadás, amely négyszerese a lefelé történő vízátadásnak.
Lefelé szivárgás alsó talajréteg (TV-telített)	54	52,4	49	47,6	103	A mélységi szivárgási folyamatok hasonlóak a száraz és csapadékos időszakban.
modell területről kilépő víz alsó talajréteg (TV-telített)	232	48,8	243	51,2	475	A 2010. és 2011. értékek hasonlók, de a modell területre belépő víztömeg (861 mm) duplája a kiáramló víztömegnek (475 mm) a vizsgálati időszakban.
modell területre belépő víz alsó talajréteg (TV-telített)	416	48,3	443	51,5	861	

B) Szcenáriók hatásának elemzése VÍZMÉRLEG adatok alapján a V0-alapállapothoz képest.

- **A V0 és a V1 (drének nélküli állapot) szcenárió összehasonlító elemzése** *6. melléklet 11. táblázat alapján*:

Annak érdekében, hogy a drénekből a csatornahálózatba érkező talajvíz-terhelést meghatározzam, az első változat a V1 változat, ahol a dréneket „kikapcsoltam".

A vizsgálati időszakban a drén-nélküli szcenárió esetében időszakosan felszíni vízborítás (belvízelöntés) is megjelenik, amelyből párolgás és beszivárgás is történik. A tározott vízmennyiség-változása a felső talajrétegben lecsökken, ekkor a csatornába a telítetlen zónából beérkező vízmennyiség harmadára fogy: 3,53 mm értékről 1,33 mm-re csökken.

A drének nélküli állapotban a csatornába a felső talajrétegből beérkező vízmennyiség harmadára csökken. Az evaporációval a kipárolgás 30%-al nő a telítetlen zónában, valamint megnő talajvíz felé történő leáramlás a felső zónából.

A modellszámítás kiterjed a talajvízszint változásából adódóan a csatornába ki- és belépő vízáramokra is. A csatornából a talajtérbe 103 mm víz áramlik ki, valamint 142 mm víztömeg a beáramlás az egyes csatornaszakaszokon. *A drének a csatornába beáramló víztömeget 36%-al növelik meg. A drének által elvezetett vízmennyiség 59 mm a modell eredménye szerint.*

A fentiek alapján a drénekből a csatornahálózatot érő terhelés számítható, annak számottevő hatása van a csatornahálózatra.

- **A V0 és a V2 szcenáriók összehasonlító elemzése** *a 6. melléklet 12. táblázat alapján*:

Az eredmények alapján megállapítottam, hogy a települések burkolt felületének növekedése a vízgyűjtőterület vízmérlegében jellemzően egyik elem vonatkozásában sem jelentős, azaz a változás mértéke az alapállapothoz képest sehol sem haladta meg a 10 %-ot, kivéve a felső talajrétegben tározott vízkészlet csökkent le. Azonban ennek nagyságrendje olyan kicsi, hogy a két tizedesre kerekítés miatt az érték a táblázatban nem is jelenik meg.

Összességében a szimulált belterület területnagyság növekedésnek nincs kimutatható hatása a vízmérlegben.

- **A V0 és a V3 szcenáriók összehasonlító elemzése** *a 6. melléklet 13. táblázat alapján*:

Az eredmények alapján megállapítom, hogy a *pontszerű tisztított szennyvíz bevezetések a vízgyűjtőterület vízmérlegében egyik elem vonatkozásában sem okoztak jelentős eltérést*. A felső talajrétegben tározott vízkészlet csökkent le, azonban ennek nagyságrendje olyan kicsi, hogy a két tizedesre kerekítés miatt az érték a táblázatban nem is látszik. *A változás mértéke az alapállapothoz képest sehol sem haladta meg a 10 %-ot.*

- **A V0 és a V4 szcenáriók összehasonlító elemzése a** *6. melléklet 14. táblázat alapján***:**

A pontszerű tisztított szennyvíz bevezetés a vízgyűjtőterület vízmérlegében egyik elem vonatkozásában *sem okozott jelentős változást*.

- **V0 és V5 szcenáriók összehasonlítása és elemzése** *a 6. melléklet 15. táblázat alapján:*

Az erdőterületek növekedésével összességében a párolgási adatok nőttek meg jelentősen. 20%-al megnőtt a levélzeti párolgás, a gyökérzónából történő vízpárolgás 11%-al, a telített talajból történő párolgás pedig 2,6-szorosára emelkedett. A csatornarendszer terhelése 11%-al csökkent.

M*egállapítható, hogy az erdőterület növelése jelentősebb hatást gyakorol a vízgyűjtő terület vízmérlegének egyes elemeire.*

- **A V0 és a V6 szcenáriók összehasonlító elemzése a** *6. melléklet 16. táblázat alapján***:**

A szcenáriók együttes hatása a való életben is megvalósul, a növelő tényező és csökkentő tényezők egymásra hatással vannak. Az eredmények alapján a 10 %-os eltérés kapcsán az evaporáció 16%-os csökkenése mutatkozott, valamint a telítetlen zónából (talaj felső rétegéből) időszakosan nőtt a víztömeg áramlása a telített zóna felé.

A területi változások több szempontból ki is egyenlíthetik egymást.

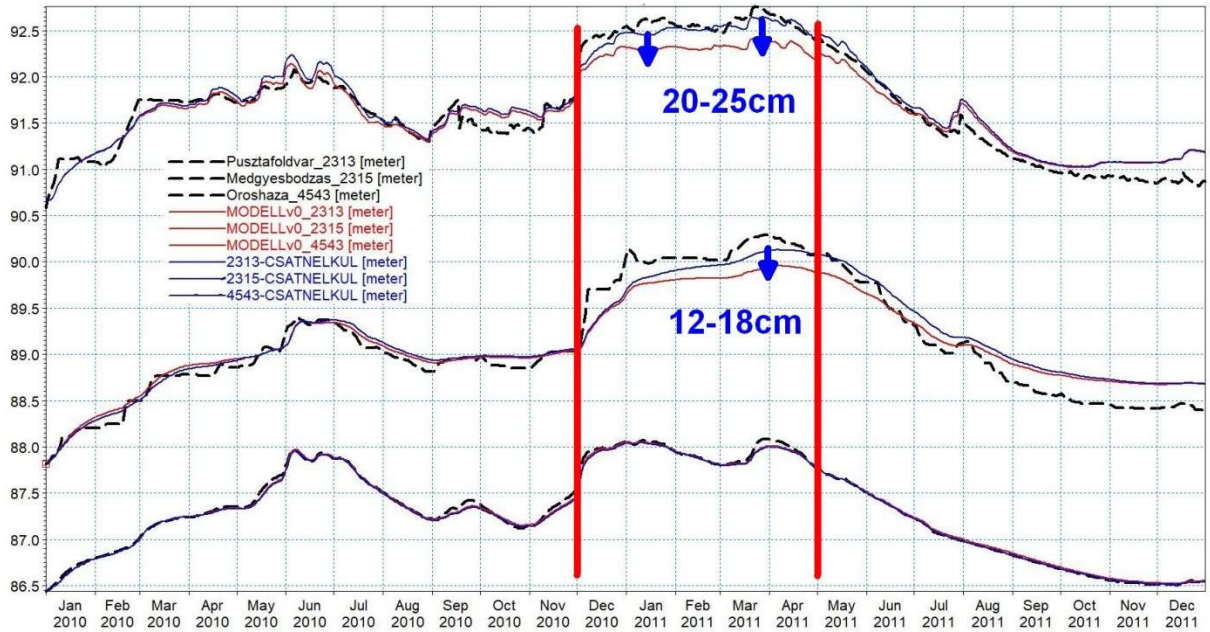
A szcenáriók elemzése és a hatások értékelése más vízgyűjtő esetében is hidrológiai modellezéssel hasonlóan számszerűsíthető. A számszerűsített értékek a változás trendjét és a hatások irányát mutatták meg a vízmérleg adatok alapján, amely megerősítette a korábbi feltételezéseket és számszerűsítette a hatásokat. Az eredmények a vízgyűjtő felülvizsgálata során hasznosíthatók.

4.8.2. Talajvízállás adatok és a csatorna vízállás adatok összehasonlító elemzése

(lásd 7. számú melléklet)

A) **A belvízelvezető rendszer hatásának vizsgálata a talajvízállásra**

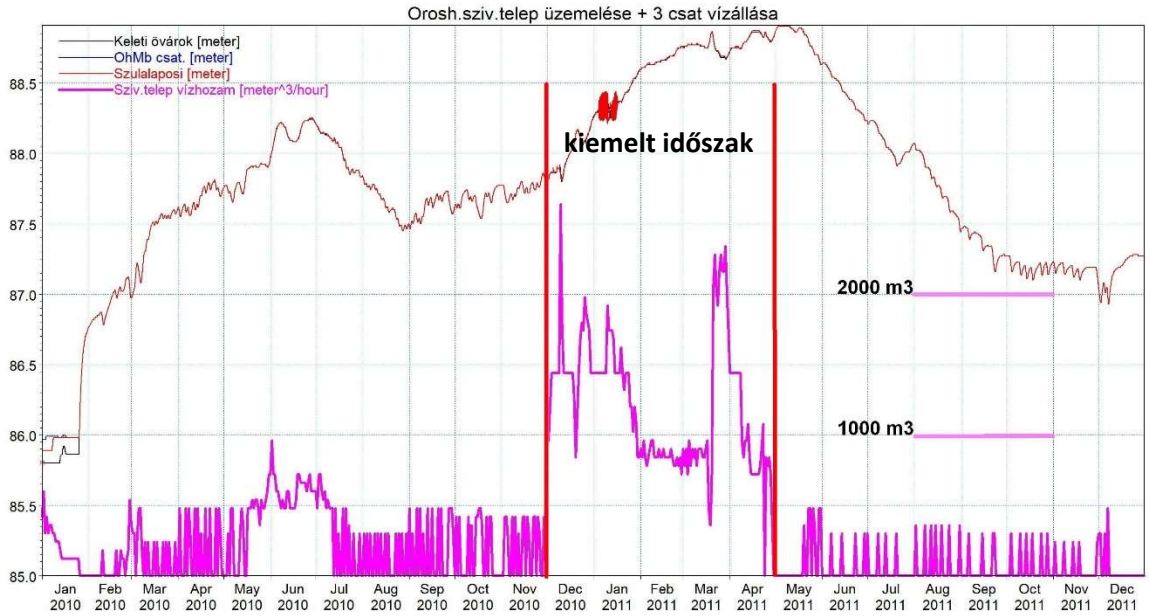
A célkitűzésem során egyik legfontosabb kérdés volt, hogy a belvízrendszer talajvízre gyakorolt hatását számszerűsítve is kimutassam. Az előzőekben a *34. ábrát* a modell kalibráció kapcsán mutattam be. Azonban ugyanezen ábra elemzésével kimutatható a vizsgálati monitoring kutak vonatkozásában a belvízrendszer működésének talajvízre gyakorolt hatása is. A *37. ábrán a 34. ábrából* kiemelt ábrarészlet alapján az alábbi megállapításokat teszem. A fekete szaggatott a mért talajvízszint idősora, a kék vonal a csatornahálózat nélküli állapot modellszámítás eredményét mutatja be, a piros vonal a csatornahálózattal és szivattyúzással befolyásolt talajvíz állapotot mutatja a modellszámítások alapján. A grafikon adatai alapján a legcsapadékosabb 2010. évben a csatornahálózat és a szivattyútelep üzemeltetése átlagosan alig kb. 5 cm-es vízszintcsökkenést eredményezett a mérőkút pontjaiban számított talajvízszintben. A 2010. december – 2011. április időszakban a monitoring kút pontokban nagyobb mértékű, kb. 15-20 cm-es talajvízszint csökkenést eredményezett a belvízrendszer üzeme. Az alábbi ábrán piros vonallal kiemeltem a legmagasabb vízállású időszak részletét, a 2010. dec. - 2011. májusi időszakot.



37. ábra. Belvízrendszer működésének hatása a talajvízállásra 2010. dec. és 2011. máj. időszakban a Pusztaföldvár 2313, Medgyesbodzás 2315 és az Orosháza 4543 jelű törzskutakban: mért és számított adatok (A 34. ábra részlete) *(szerkesztette a szerző)*

A csatornahálózat és a szivattyútelep talajvízszintre gyakorolt hatása a vizsgált időszakban változó volt, 5-20 cm között mozgott. A 2010-2011. vizsgálati időszakban 6 480 em^3 belvízmennyiséget vezetett el a belvízcsatorna hálózat és az Orosházi szivattyútelep a térségből, amely az elmúlt 30 év második legtöbb vízmennyisége volt (lásd *21. ábra)*.

A talajvízváltozása és a belvízi szivattyúzás vizsgálata kapcsán készítettem *a 38. ábrát.* A modellszámítások alapján a barna vonal mutatja az Orosháza-Medgyesbodzási-csatorna, a K-i övárok és a Szulalaposi-csatorna torkolati szelvényeiben kialakult a vízállást (csak egyetlen vízállás-vonal látszik, hiszen a három csatorna vízállása egyező, közös a torkolatuk, amely az Orosházi szivattyútelep szívóaknája), valamint a lila vonal az Orosházi szivattyútelepen átemelt vízhozam idősorát mutatja. Piros függőleges vonallal a 2010. december – 2011. április maximális terhelésű időszakot emeltem ki.



38. ábra. Vízállások az Orosháza-Medgyesbodzás, a K-i övárok és a Szulalaposi-csatorna torkolati szelvényeiben és az Orosházi szivattyútelepen átemelt vízhozam idősora 2010-2011. *(készítette a szerző MIKE eredmények alapján)*

A talajvízállás és szivattyúzás idősorát elemezve megállapítható:

- annak ellenére, hogy 2010-ben 750 mm csapadék volt, 2011-ben ennek töredéke (340 mm), a talajvízállás lassú és tendenciózus növekedését a belvizek elszivattyúzása nem tudta megállítani 2010. év végén.

2010. évi nyári időszakban a csatornákban a vízállás csökkenő tendenciát mutatott, folyamatosan szakaszos szivattyúzás történt. 2010. decemberétől azonban a vízállás magasabb tartományba emelkedett. 2010. decemberben 80 mm csapadék volt, ennek hatására megugrott a szivattyúzott vízmennyiség. Ezt követően a 2011. január-február és március-április csapadékszegény időszak ellenére intenzív szivattyúzás zajlott 2011. április végéig (piros vonal közötti ábra részlet), amely a vízszintre kis hatással volt a folyamatos talajvíz utánpótlódás miatt. A 2011 júliusában érkezett 82 mm csapadék hatására viszont csak minimális szivattyúzási igény jelentkezett. Ez arra utal, hogy a szivattyúzott vízmennyiség (a felszíni csatornahálózatban összegyülekező belvíz) nem csak a lokális csapadékból keletkezett felszíni lefolyás, hanem a csapadékszegény, de magas talajvízállású időszakban a talajvízterhelésből származik. Itt visszautalok a *29. ábrára*, amely a talajvíz K-Ny-i felszínesését mutatja és a külső talajvíztömeg beáramlást igazolja.

A fentiek alapján igazolást nyert a hipotézis, mely szerint *a talajvíz hatást gyakorol a belvízelvezető rendszerre.* Az is megállapítható, *hogy a felszíni vízhálózattal elvezetett belvíztömeg a talajvízben tározott víztömeghez képest kis mennyiség. Továbbá a belvízelvezető rendszer és a szivattyúzás jelentősége a felszíni elöntések kiterjedésének és tartósságának csökkentésében, valamint az ebből eredő belvízkárok csökkentésében mutatkozik, s nem közvetlenül a talajvízszint nagymértékű csökkentésében.*

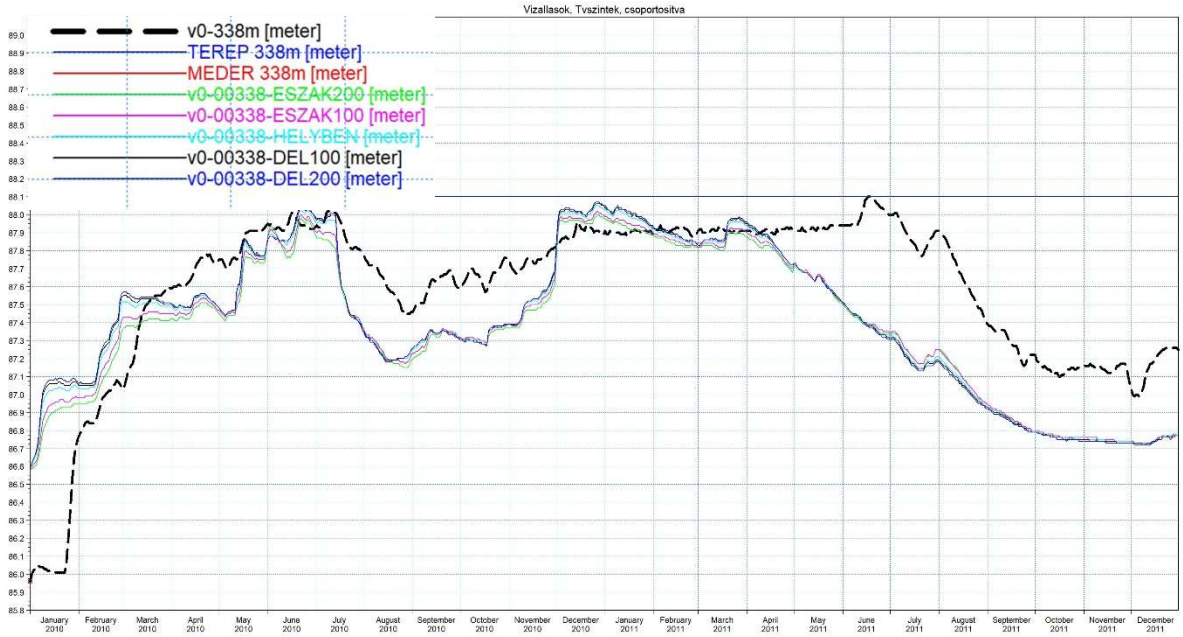
B) **A csatornában kialakuló vízállás és talajvízállás összehasonlító értékelése, a belvízrendszer talajvízből eredő terhelésének számszerűsítése**

Az eredmények értékelését a *4.7 pontban* meghatározott módszer szerint végeztem el a *35. ábrán* bemutatott Orosháza-Medgyesbodzási-csatorna kijelölt vizsgálati pontjaiban.

Az elemzés során a számított csatornában kialakult vízállás-adatokat hasonlítottam össze a csatorna vizsgálati pontokra generált talajvízállásokkal. Az összehasonlítás megmutatja, hogy mely időszakokban és mely csatornaszakaszon származott talajvízből az adott csatornaszakasz terhelése, vagy a csatornából kiáramló talajvíz terhelte a környező területet, ha ott alacsonyabb vízszint alakult ki.

A modellfuttatás eredményeit grafikonon ábrázoltam a kijelölt vizsgálati pontokban. A grafikonok jelmagyarázata: vastag szaggatott vonal a csatornában számított vízszint, a vékony vonalak a csatorna partéle (terep) és a kialakuló talajvízszintek az adott vizsgálati pontban, valamint a csatornától (vetített merőleges vonalak mentén) távolodóan 100-200 távolságban.

A *39. ábrán* a 0+338 km szelvényben készült grafikont mutatom be. Megállapítható, hogy ebben a szelvényben a talajvízállás és a csatorna vízállás egymáshoz képest változó relatív magasságban alakul ki, s időben változó trendet követ. A csatornától 100-200 m távolságban némi vízszint-változás tapasztalható, amely különbség nem releváns.



39. ábra. A csatornában kialakuló vízállás (vastag szaggatott vonal) és a talajvízállás 100-200 m távolságban a MIKE modell eredmények alapján az Orosháza-Medgyesbodzási-csatorna 0+338 km szelvényében 2010-2011. (*készítette a szerző MIKE alapján)*

Az Orosháza-Medgyesbodzási-csatorna 9 vizsgálati pontjában kialakult állapot elemzése *a 7. mellékletben* közreadott diagramok alapján történt. A hivatkozott diagramok a következő pontban ismertetett talajvízáramokat is tartalmazzák. A kijelölt vizsgálati pontokban háromféle állapotot határoztam meg az eredmények alapján:

- *a környező talajvíz mindig magasabban* helyezkedett el a *csatornában lévő vízszintnél*: G: 21+317 km szelvény (66.ábra), H: 22+835 km szelvény (67. ábra), I: 26+945 km szelvény (68. ábra)
- a *csatornában lévő vízszint végig magasabban* helyezkedett *el a környező talajvízszintnél*: B: 2+100 km szelvény (61. ábra), C: 4+135 km szelvény (62. ábra), E: 9+920 km szelvény (64. ábra). A D: 7+860 km szelvényben (63. ábra) (2010. január és 1011. június időszakban közel egyenlő volt a csatornában a vízszint a talajvízszinttel).
- a *csatornában a vízszint és a környező talajvíz a vizsgálati időszakban változó magasságban* alakult ki: A: 0+338 km szelvény (39. ábra), F: 14+618 km szelvény (65. ábra)

A fentiek alapján megállapítható, hogy a főcsatorna *21+317 km fölötti vízgyűjtő-szakaszán a teljes időszakban a talajvízállás magasabban volt a vizsgálati időszakban, mint a csatornában kialakuló vízszint, így ezt a csatornaszakaszt a talajvízből folyamatos terhelés érte, a drénezett területekről a talajvízterhelés folyamatosan érkezett.*

A csatorna többi szakaszán, a torkolattól a *21+317 km szelvényig, a főcsatornába közvetlenül a talajvízből érkező terhelés nem érkezett, kivéve a két (0+338 és 14+618 km szelvények) környezetében az időszakosan magasabb talajvízszint-időszakokban jövő terheléseket. A 14+618 km szelvény a szivattyútelep hatótávolságának határa is egyben.*

A *4.8.1. fejezetben* kifejtettek alapján a V1 és V0 szcenárió vízmérleg eredményeinek összehasonlításával megállapítottam, hogy a talajvízből érkezik terhelés, amely megállapítást a jelen vízállások összehasonlító elemzése is alátámasztotta. *Az Orosháza-Medgyesbodzási-csatornába a drénezett területekről és a becsatlakozó csatornákból folyamatosan érkezett a terhelés, amely a talajvízből származott. Ez egy folyamatosan telt medret eredményezett az alsóbb csatornaszakaszokon még az alacsony vízállású időszakokban is, és szükségessé tette a szivattyúzást.*

C) **Az elvezetett belvíztömegben a talajvíz-terhelés számszerűsítése**

A talajvízből eredő hatásainak kimutatása és elemzését *a 7. számú mellékletben* adom közre.

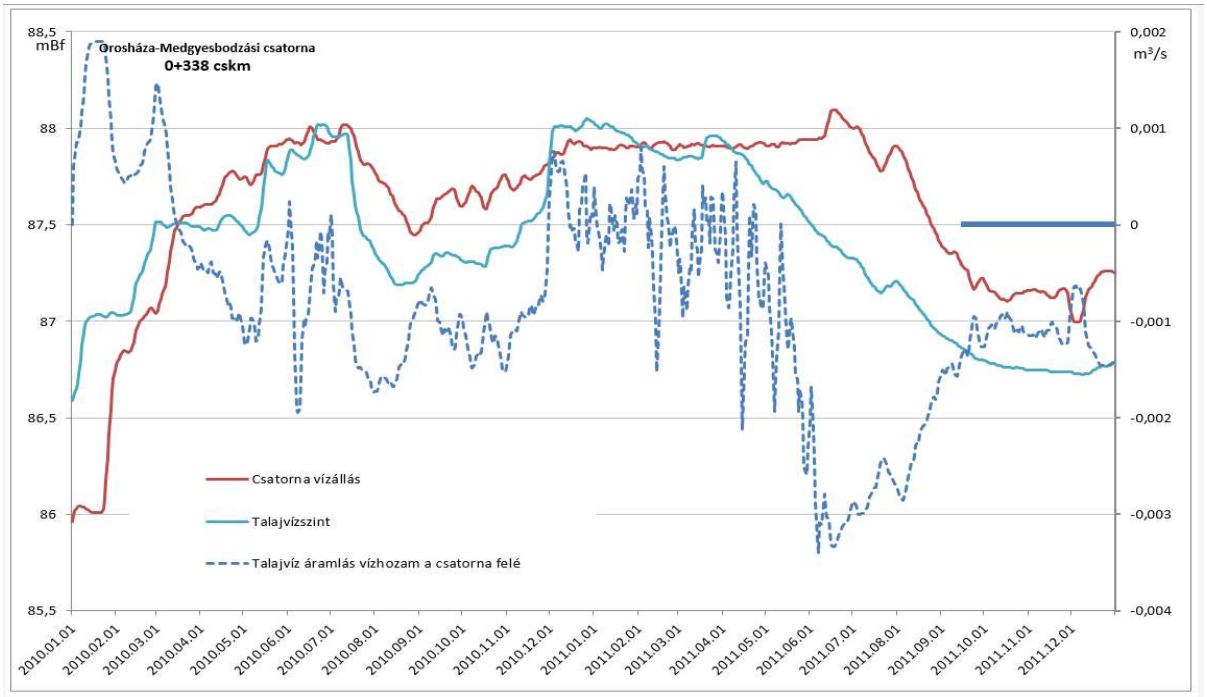
A módszertan szerint egy grafikonon belül ábrázoltam a csatorna kijelölt vizsgálati szelvényeiben (gyakorlatilag az előzőekben hivatkozott ábrákon a beáramló talajvízhozamot is ábrázoltam):

- a talajvízállást (m B.f.) adott csatornaszelvényben – folyamatos kék vonal,
- a csatornában kialakult vízállást (m B.f.) értékeket (függőleges tengely) – piros vonal,
- valamint a második függőleges tengelyen a számított a talajvíz és csatorna között ki- és beáramló vízhozamot (l/s mértékegységben) – kék szaggatott vonal,
- a grafikon 0 pontjának megválasztásával a grafikon jól szemlélteti az vízáramlás irányát és mértékét.

A beáramlás akkor pozitív értékű, ha a talajvízállás magasabban van, mint a csatornában kialakult vízszint, és akkor negatív előjelű, ha a csatorna vízállása magasabb, mint a talajvízszint.

Mintaként a 0+338 km szelvény adatait mutatom be a *40. ábrán*. A magasabb talajvízállás esetén a csatornába történő beáramlás van, fordított helyzetben a csatornából kifelé áramlik a víz a környező terület felé. A vizsgált szelvényben a beáramlás maximum 2 l/s (az időszak kezdetén), a kiáramlás maximum 3 l/s volt a 2011-es hosszú, csapadékmentes

időszakban. A vizsgálati időszakban ebben a szelvényben jellemzően a csatornában volt magasabb vízszint, kivéve a 2010. december - 2011. április időszakot, amikor a talajvízszint időszakosan magasabban volt.



40. ábra. Az Orosháza-Medgyesbodzási-csatorna 0+338 km vizsgálati szelvényben kialakuló vízállás és a környező talajvízállás, a csatornába ki és belépő vízhozam 2010-2011.
(készítette a szerző MIKE eredmények alapján)

Az Orosháza-Medgyesbodzási-csatorna vizsgálati pontjaiban elkészített grafikonokat a már hivatkozott *7. melléklet* tartalmazza. Ezek alapján a csatorna vízállásától és a talajvízállástól függően az előzőekben ismertetettek alapján három állapot azonosítható be.

- A *környező talajvíz mindig magasabban* helyezkedett el a csatornában lévő vízszintnél, ezért a *csatornába beáramlás jellemző*, amelynek intenzitása változik időszaktól függően és a csatorna szelvényétől is:
  - G: 21+317 km szelvény (66. ábra): 2010. januártól folyamatos növekedés 2010. június-júliusban elérte a csúcsértéket, 3 l/s, majd 2010. szeptemberig folyamatosan lecsökkent 1,0 l/s-ig. 2010. december-május folyamatosan 3 l/s vízbeáramlás, majd júniustól csökkent 1 l/s-ra. Kis kiugrás után 1,0 l/s alá csökkent az év végéig.

- H: 22+835 km szelvény (67. ábra): végig talajvíz beáramlás van, amelynek az időszakos levonulása a G vizsgálati pontban leírtakkal azonos, azonban mértéke jóval kisebb, az értékek 0-1 l/s között változnak.
- I: 26+945 km szelvény (68. ábra): végig minimális talajvíz beáramlás van, amelynek az időszakos levonulása a G vizsgálati pontban leírtakkal azonos, azonban sokkal kisebb, az értékek 0 és 0,5-0,8 l/s között változnak.

- A *csatornában lévő vízszint végig magasabban* helyezkedett el a környező talajvízszintnél, azért időszakosan változó intenzitással inkább a kiáramlás a csatornából jellemző:
  - B: 2+100 km szelvény (61. ábra): a csatornából folyamatosan kb. 1 l/s kiáramlás van.
  - C: 4+135 km szelvény (63. ábra): a csatornából folyamatosan 0,5 - 1 l/s víztömeg áramlik ki.
  - E: 9+920 km szelvény (65. ábra): a csatornából ki- és belépő vízhozam elhanyagolható.
  - D: 7+860 km szelvény (63. ábra): ebben a szelvényben kivételként 2010. január és 2011. június időszakban közel egyenlő volt a csatornában a vízszint a talajvízszinttel. De így is a 2011.december - április kivételével minimális mennyiségű, 0,2 - 0,3 l/s kiáramlás van a csatornából.

- A *csatornában a vízszint és a környező talajvíz a vizsgálati időszakban változó magasságban* alakult ki, így a vízáramlás is változó mértékű és irányú: A: 0+338 km szelvény és F: 14+618 km szelvények.
  - A: 0+338 km szelvény (60. ábra): a vizsgálati időszak kezdetén (2010. jan.-márc. a csatornába irányuló beáramlás van. majd 2010. április-2010.nov. a csatornából kilépő víztömeg van, amely mértéke 1-2 l/s között változik, majd folyamatosan növekvő tendenciával, 2011. az aszályos időszakban nyáron (júliusban) 3l/s is elért a kiáramló vízhozam.
  - F: 14+618 km szelvény (65. ábra): 2010. december - 2011. június között 0,5 l/s beáramlás van, egyébként egyensúlyi állapot, azaz nincs ki- és beáramlás a csatornából.

Összefoglaló megállapítások: A mintaterület Ny-i részén, a felsőbb csatornaszakaszok (21+317 km — 26-945 km szakasz) egész évben jelentős és folyamatos terhelést kaptak a

talajvízből (0,5 l/s és 3,0 l/s között változóan), amelyet az alsóbb csatornaszakaszok fogadtak. Az alsóbb szakaszokon a kialakult helyzetben inkább a csatornából kilépő vizek jellemzők, amely mértéke nem volt jelentős, 1,0 l/s alatt maradt. Kivéve a torkolat közeli (A) vizsgálati pontban, ahol a szivattyúzás hatása domináns, itt változó talajvíz-áramlási viszonyok alakultak ki, az aszályos időszakban (2011. június - augusztus időszakban) elérte a 3 l/s értéket is.

A vizsgálati eredmények alapján a talajvízhatás a vizsgálati terület belvízrendszerében egyértelműen kimutatható.

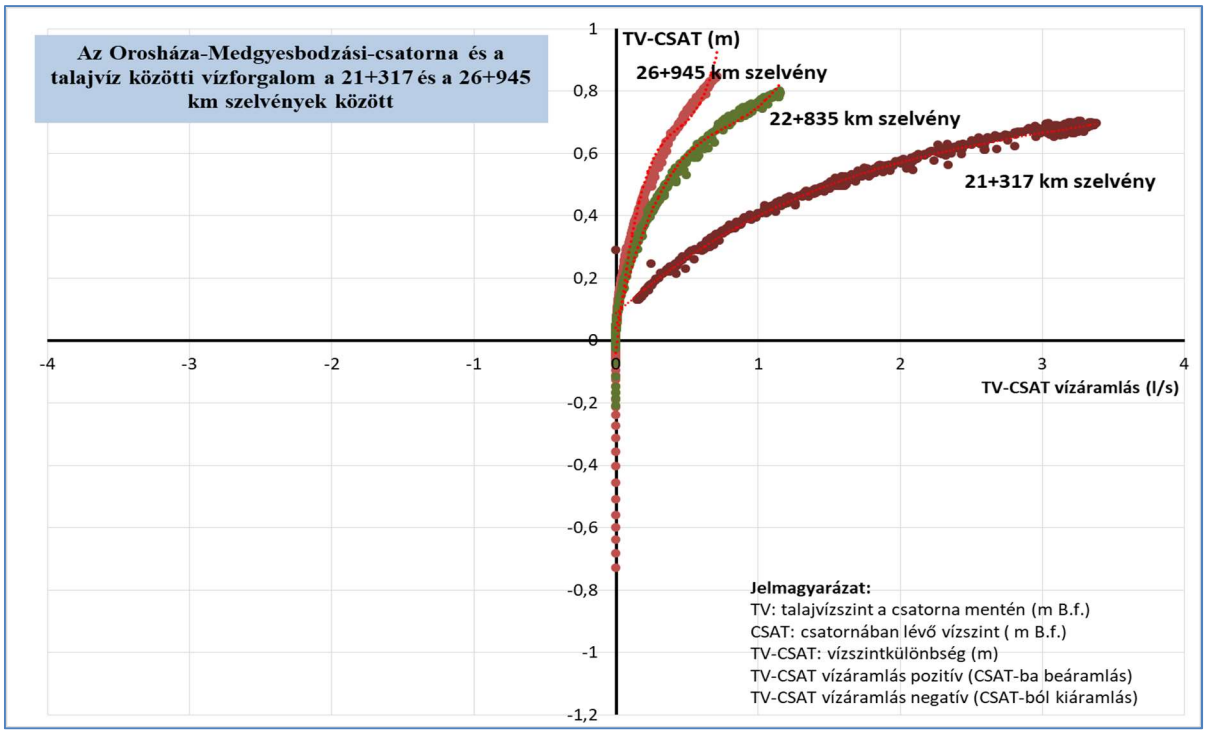
A vízforgalom elemzése – összefüggés a csatornában kialakult vízszintkülönbség és a talajvízáramlás között

A csatornában kialakult vízszint és a talajvízszint különbsége, valamint az ennek hatására kialakuló ki- és belépő talajvízhozamok közötti kapcsolatot az alábbiak szerint vizsgáltam: A grafikon függőleges tengelyén méter mértékegységben ábrázoltam

- „TV" a talajvízállás (m B.f.) és a „CSAT" csatorna vízállás (m B.f.) értékek különbségét,
- a vízszintes tengelyen a modell által számított vízhozam eredmények l/s mértékegységben adják meg a csatorna adott szelvényeiben a talajvíz és csatorna között ki- és beáramló vízhozamot.

A talajvízszint-csatorna vízszint párok adatait (ponthalmazokat) két grafikonon tüntettem fel a csatorna jellegétől függően (alsó és felső szakasz):

A 41. ábrán az Orosháza-Medgyesbodzási csatorna 21+317-26+945 km (felső) közötti csatornaszakaszán a szelvényekben kialakult hasonló állapotot külön diagramon ábrázoltam, itt mindig telített zónában volt a csatornaszakasz fenékszintje és a drének bevezetik a talajvizet a csatornába.



41. ábra. Vízszintkülönbség és vízforgalom kapcsolata az Orosháza-Medgyesbodzási csatorna felső szakaszán- drénezett területek hatása *(készítette a szerző)*

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a szivattyúteleptől távolodva a görbék meredeksége nő, azaz egységnyi vízszintkülönbség hatására egyre csökken a talajvíz és a csatorna közötti vízáramlás mennyisége.

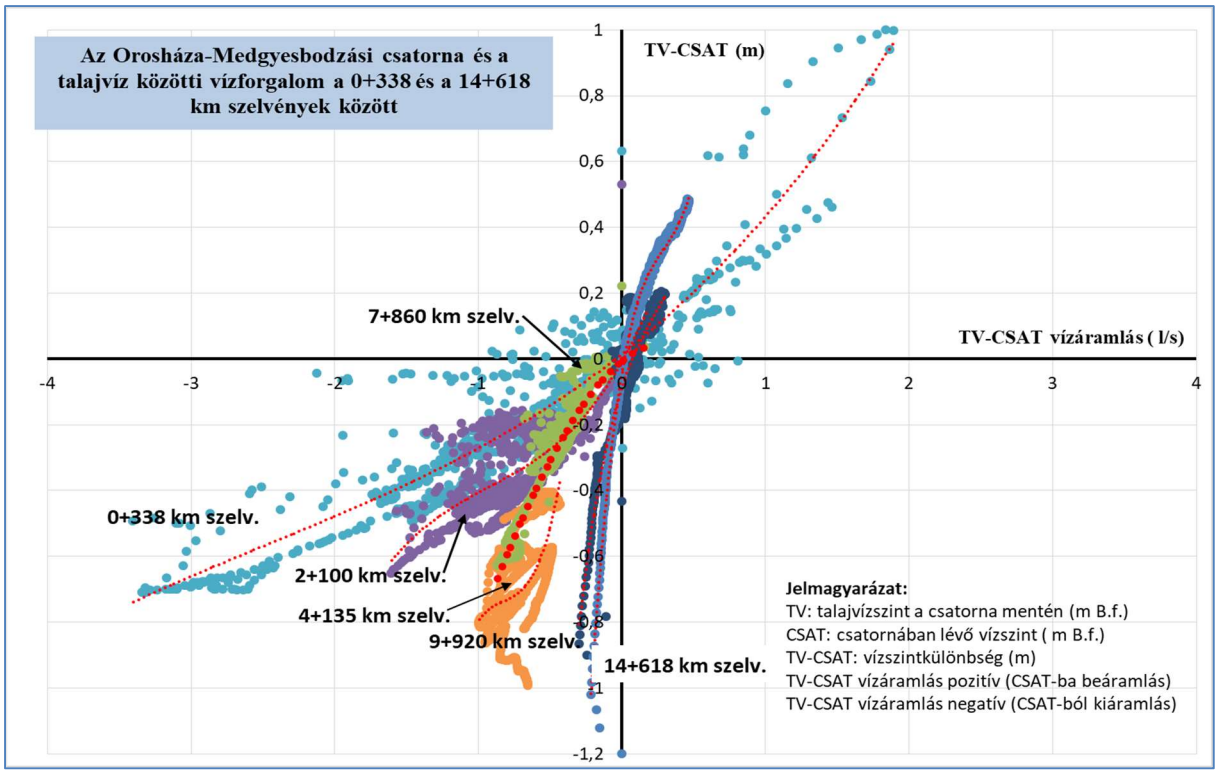
A *42. ábrán* Orosháza-Medgyesbodzási csatorna az alsó szakasza, a 0+338 km – 14+618 km szelvények között. A ponthalmazokra polinomiális harmadfokú görbét illesztettem, amelyek szórása az alábbiak szerint alakult:

0+338 km szelvény: R^2=0,8932, 2+100 km szelvény: R^2=0,3426,

4+135 km szelvény: R^2=0,5398, 7+860 km szelvény R^2=0,9033,

9+920 km szelvény: R^2=0,8544, 14+618 km szelvény: R^2=0,9667

A szórásértékek alapján a 2+100 és 4+135 km szelvények adatai túlságosan nagy szórást mutatnak, ezeket a trendvonal adatokat a továbbiakban nem használom.



42. ábra. Vízszintkülönbség és vízforgalom kapcsolata az Orosháza-Medgyesbodzási csatorna alsó szakaszán *(készítette a szerző)*

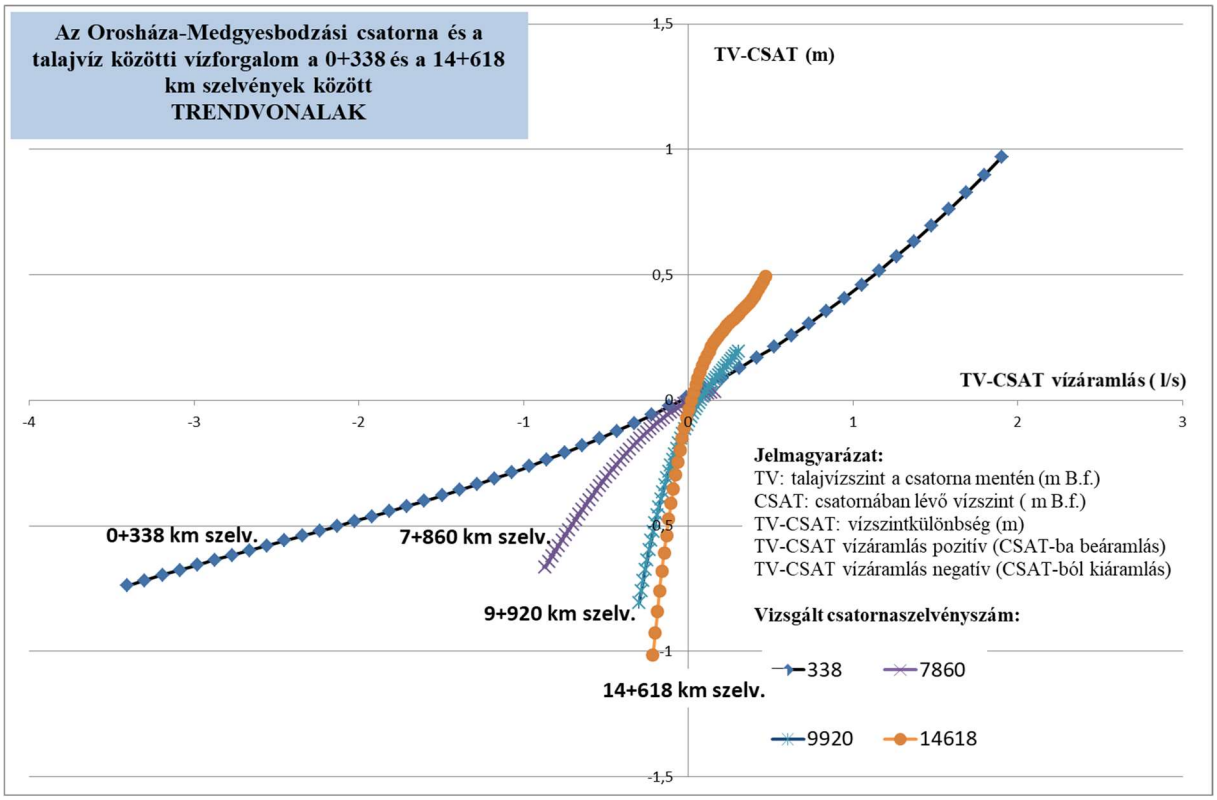
Az eredmények értékelése alapján, a *42. ábrán* bemutatott grafikonon ábrázolva a *6. táblázatban* felsorolt leíró képletek (egyenletek) fejezik ki egy-egy szelvényben a vízszintkülönbségek hatására kialakuló vízhozamokat a talajvíz és a csatorna víztere között:

6. táblázat. A csatornaszelvényekben kialakuló talajvízáramlás trendvonalak képlete *(készítette a szerző)*

Orosháza-Medgyesbodzási csatorna vizsgálati pont szelvényszám	A trendvonal leíró képlete (alsó szakasz)
0+338 km	$y = 0{,}009x^3 + 0{,}0664x^2 + 0{,}3432x + 0{,}0147$
7+860 km	$y = -0{,}1219x^3 - 0{,}587x^2 + 0{,}3447x - 0{,}0059$
9+920 km	$y = 3{,}5707x^3 - 2{,}5263x^2 + 1{,}3601x - 0{,}0871$
14+618 km	$y = 8{,}1279x^3 - 7{,}0305x^2 + 2{,}6619x - 0{,}0454$

ahol x: vízszintkülönbség értéke (TV_CSAT) méter mértékegységben

A trendvonal egyenletek grafikonjait a *43. ábra* mutatja be.



43. ábra. Trendvonalak az Orosháza-Medgyesbodzási-csatorna alsó szakaszán a vízszintkülönbség és talajvízáramlás meghatározására *(készítette a szerző)*

Az eredmények alapján a felső szakaszhoz hasonlóan megállapítható, hogy a szivattyúteleptől távolodva a görbék meredeksége nő, azaz egységnyi vízszintkülönbség hatására egyre csökken a talajvíz és a csatorna közötti vízáramlás mennyisége.

Összességében megállapítom, hogy igazolást nyert, hogy a talajvíz beáramlása hatással van a belvízrendszerre és annak teljesítőképességére, amely hatás a modell-számítások alapján számszerűsíthető.

4.8.3. Szcenáriók vizsgálata: a csatornában kialakuló vízállás és vízhozamok változásának elemzése a területi hatások eredményeként

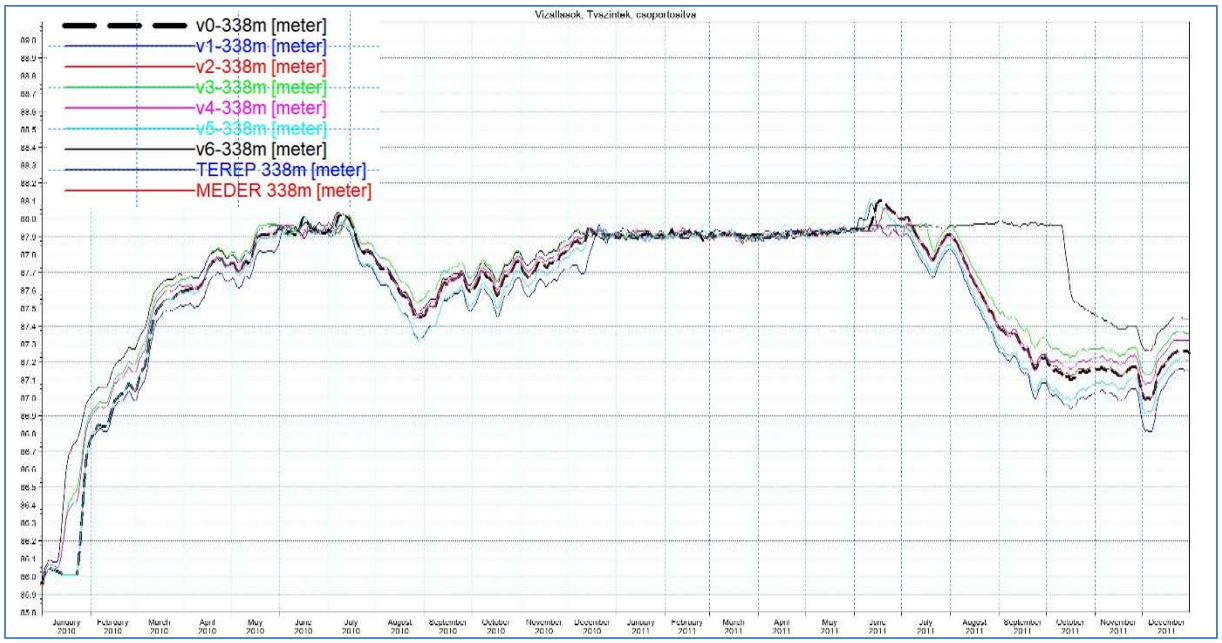
A *különböző szcenáriók* vízrendszerre vonatkozó *hatásának* vizsgálatát a *4.7. módszertan* fejezet *39. ábrán* bemutatott, az Orosháza-Medgyesbodzási-csatorna vizsgálati pontjaiban a módszertanban bemutatott V1-V6 szcenáriók (feltételezett változások) esetén az alábbiak szerint valósítottam meg (Lásd 8. számú melléklet):

A) a csatornában kialakuló *vízállások* V0 alapállapottal történő összehasonlító elemzését, valamint

B) a csatornában számított *vízhozam* értékek V0 alapállapottal történő összehasonlítását és értékelését végeztem el a program eredményei alapján.

A) A csatornában kialakuló vízállások vizsgálata

Mintaként a *44. ábrán* az Orosháza-Medgyesbodzási csatorna 0+338 km szelvényben a V0-V6 szcenáriók szerint számított vízállás adatokat egyetlen grafikonban ábrázolva mutatom be a különbségek szemléltetésére. A kijelölt vizsgálati pontokra elkészített grafikonos eredményeket a 8. *számú melléklet 70. ábra – 76. ábra mutatja* be.



44. ábra. V1-V6 szcenáriók hatására kialakuló vízszint MIKE SHE számítás ereménye az Orosháza- Medgyesbodzási csatorna 0+380 km szelvényében *(készítette a szerző)*

Az eredményeket a *8. számú melléklet 17. táblázatában* elemeztem és értékeltem. A szcenáriók elemzésére vonatkozóan összefoglaló megállapításaim az Orosháza-Medgyesbodzási csatornában kialakult vízállás-változásokról az alábbi:

- **V0-V1 összehasonlítása**: a drének "kikapcsolásával" jellemzően az Orosháza-Medgyesbodzási-csatorna alsóbb szakaszain jelent meg 5-10 %-os vízállás csökkenés, amely a vízrendszer talajvízből származó terhelésének csökkenésére utal.
- **V0-V2 összehasonlítása**: A burkolt területek növekedése nem okozott a vizsgált pontokon számottevő változást a csatornán kialakuló vízszintekben.
- **V0-V3 összehasonlítása**: a tisztított szennyvíz terhelés jellemzően a bebocsátási pont környezetében okozott 5-10 cm-es vízszintemelkedést, a fentebbi csatornaszakaszokon nincs kimutatható hatás.

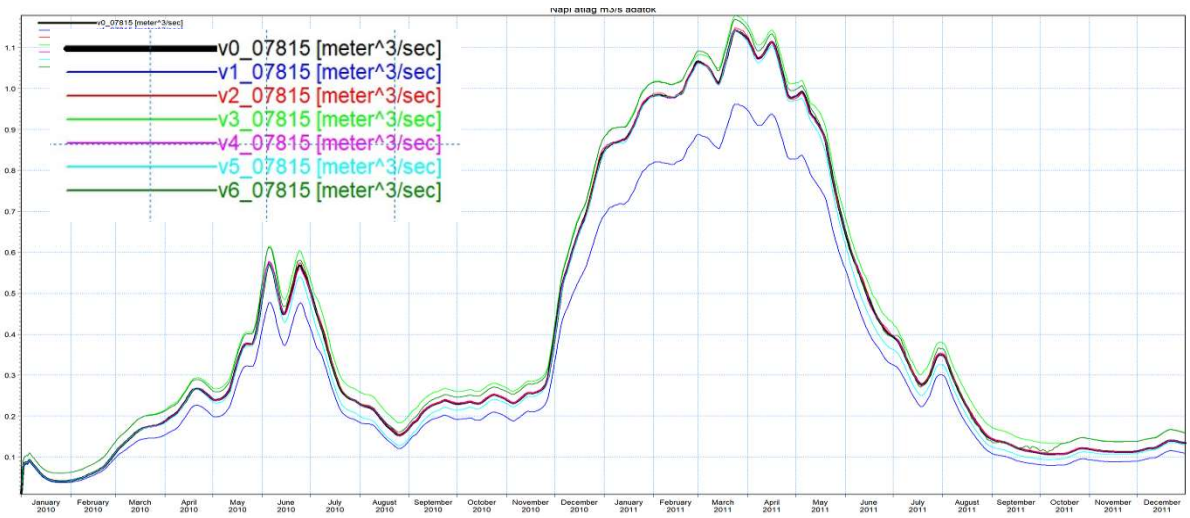
- **V0-V4 összehasonlítása**: a termálvíz bebocsátás a tisztított szennyvíz bevezetéshez hasonlóan jellemzően a bebocsátási pont környezetében okozott 5-10 cm-es vízszintemelkedést, a fentebbi csatornaszakaszokon nincs kimutatható hatás.
- **V0-V5 összehasonlítása**: az erdőterületek megnövekedése változó mértékben, de a teljes csatornaszakaszon kimutatható hatást gyakorol, főként a vegetációs időszakban. Az aszályos 2011. évben 10-12 cm-es vízszintcsökkenést is okozott, amely jelentősnek mondható.
- **V0-V6 összehasonlítása**: a szcenáriók együttes vizsgálata során vegyes hatást tapasztaltam, amely a teljes csatornaszakaszon jelentkezett és vízszintemelkedést okozott, az alsóbb szakaszokon (10-20 cm), a felsőbb szakaszokon kisebb, 1-2 cm-es nagyságrendben.

A fentiek alapján igazolást nyert, hogy a területi változások kisebb-nagyobb mértékben hatással vannak a belvízrendszerre, megváltoztatják az érkező többletterhelések miatt lokálisan, vagy akár teljes hosszban is a csatorna (és a belvízrendszer) terhelését

***B*) A szcenáriók hatására a csatornában kialakuló vízhozam értékek V0 alapállapottal történő összehasonlítása és értékelése**

A vizsgálati módszertan alapján a csatorna egyes vizsgálati pontjaiban egy diagramon ábrázoltam a különböző szcenáriók futtatásának vízhozam eredmény idősorát. Az ábrákon a szcenáriók szerinti vízhozamokat külön színnel ábrázoltam, az alapállapotot (V0) vastag fekete szaggatott vonal ábrázolja. A szcenáriók összehasonlítása az eredeti modell alsó peremfeltételeinek megtartásával történt, így az eredmények tendenciák és nagyságrendek megállapítására alkalmasak. A *8. számú melléklet* tartalmazza a teljes ábrasort és a *20. táblázatot*, amely az eredmények elemzését tartalmazza a szcenáriók és csatornaszelvények szerint.

Mintaként *a 45. ábrán* a 7+860 km szelvényben lévő adatsort mutatom be. Ebben a szelvényben a drének kikapcsolásának (V1) jelentős vízhozam-csökkentő hatása volt a 2010. december -2011. április között.



45. ábra. D: 7+815 km szelvényben kialakuló vízhozamok V0-V1 szcenáriók 2010-2011. MIKE SHE eredmény alapján *(készítette a szerző)*

Vízhozamok vizsgálata, szcenáriók elemzése, összefoglaló megállapítások a *8. melléklet 18. táblázata és a 77.-85. ábrák* alapján**:**

- **V0 állapot**: jellemzően a csúcsidejű vízhozamok a szivattyúzás hatására 2010. május közepe-július közepén átlag 0,4 m^3/s és 2010. december - 2011. május időszakban 1,0 m^3/s alakultak ki a 0+338 km szelvényben. A felsőbb szakaszokon kisebb vízhozamok alakultak ki, de a vízhozam csúcsok lefutása egyezik. Például a 21+317 km szelvényben a 2010. nyári csúcs 0,2 m^3/s körül, a 2011. évi tavaszi csúcs 0,35-0,4 m^3/s körül alakult.
- **V0-V1 állapot összehasonlítása**: az Orosháza-Medgyesbodzási csatorna teljes szakaszán a drének kikapcsolásának hatása egész évben kisebb-nagyobb csökkentő hatást jelent a vízhozamban. A 2010. május - június és a 2010. december – 2011. május időszakban (csúcsidőszak) az alsóbb csatornaszakaszokon kisebb arányú hatás mutatható ki, 5 - 50 l/s vízhozam csökkenést jelent. A felsőbb szakaszokon különösen a csúcsidőszakban akár 150-200 l/s vízhozam csökkenést is jelent a drének nélküli állapot, amely a teljes vízterhelés 20-25 %-a. A végszelvényben a drének kikapcsolása víztöbbletet eredményez, mert a drének nélkül megemelkedik a talajvízállás, amelyet a csatornának el kell vezetnie drének nélkül is.
- **V0-V2 állapot összehasonlítása**: csak a torkolat közeli szakaszon (2+100 km szelvényig) van az orosházi belterület növelésének kimutatható hatása. A településhez közelebb időszakonként akár 100-120 l/s többletterhelés is jelentkezik a csatornában a nagyobb burkolt felületekről.

- **V0-V3 állapot összehasonlítása**: teljes időszakban van kimutatható hatás. A bevezetés közeli szelvényekben jelentősebb a hatás, egyébként elhanyagolható mértékű. Akár 100-120 l/s lehet egy-egy időszakban az érkező többletterhelés, amely a csapadéktól függ.
- **V0-V4 állapot összehasonlítása**: a bevezetés körüli szelvényekben időszakosan 5-100 l/s többlet, de a többi csatornaszakaszon nem kimutatható, és nem jelentős hatás.
- **V0-V5 állapot összehasonlítása**: az erdőterületek növelését érintő területek környezetében a vegetációs időszakban 5-50 l/s csökkenést is jelent az erdőterületek hatása a csatorna vízhozamára. A felsőbb csatornaszakaszokon nincs kimutatható hatás.
- **V0-V6 állapot összehasonlítása**: a feltételezett szcenáriók hatása összességében az alsóbb szakaszokon 20-50 l/s többletterhelést, a felsőbb szakaszokon folyamatos, de kisebb mértékű, 5-10 l/s növekményt jelentenek.

Összefoglaló értékelés: A drének kikapcsolása a csatorna teljes hosszán (kivéve a felső 2-3 km-t) kimutatható csökkenést okozott, amely főleg a csúcsidőszakokban (2010. május - június és 2010. december - 2011. május) jelentős. A többlet-bevezetések a bevezetések szelvényében okoztak jellemzően vízhozam növekményt. Az erdőterületek növelése teljes szakaszon vízhozam-csökkenést eredményezett. A települések burkolt felületeinek növekménye főként a település-közeli szakaszon, Orosháza térségében mutatható ki.

4.9. Módszertan a vízgyűjtők felülvizsgálatához

A belvízképződés és lefolyás folyamatára a *3. és 4. fejezetben* részletes elemzést adtam arra vonatkozóan, hogy milyen hatásokat okoznak a belvízrendszerben a vízgyűjtőn végbement antropogén változások, amelyeket szcenáriókra lebontva is megvizsgáltam.

A kutatásom során elvégzett elemzések és vizsgálatok eredménye alapján a *9. számú mellékletben a 19. táblázatban* mutatom be a vízgyűjtőterületek felülvizsgálatára vonatkozóan kidolgozott módszertant. Kiemeltem az egyes tényezők kapcsán szükséges mérnöki feladatokat, amely egy-egy változás hatásának vizsgálatával kapcsolatos. A módszertan kidolgozása során figyelembe vettem, hogy a belvízhelyzetre vonatkozó hatásokat az aszálykárok kialakulására vonatkozóan együttesen kell vizsgálni.

Az előzményekben kimutattam, hogy az alföldi területeken ugyanazon vízrendszerben lehet és kell a vízhiányos időszakok, valamint a vízbő időszakok kártételei elleni védekezést végrehajtani. Ennek figyelembe vételével a belvízrendszerekben komplex szemlélet alapján kell a vízrendszer felülvizsgálatát elvégezni, a víztöbbletek és vízhiányok együttes kezelésére vonatkozó intézkedésekkel. [100] [143]

A fentiek alapján kutatásom és a mintaterületi vizsgálataim alapján rendszerbe foglaltam a vízgyűjtők és a belvízrendszer felülvizsgálatával kapcsolatos feladatokat, meghatároztam a tervező műszaki feladatait. *A vízrendszerek felülvizsgálata során a legfőbb vezérlő elv a komplex szemlélet, amelynek a megfelelő intézkedések végrehajtásában is meg kell jelennie.*

A modellezési és a belvízi kutatási munkát a jövőben jelentősen megkönnyíti az online, ingyenesen is használható adatbázisok fejlődése, példaként említve a FIR, FAPAR adatbázisokat. [184]

4.10. Részkövetkeztetések

Az Orosházi mintaterületen a vizsgált 2010-2011. időszakban *számszerűsítettem a csatornában kialakuló vízszint és a talajvízszint közötti vízáramok közötti összefüggést, meghatároztam a talajvíz hatását a belvízrendszerre.*

A modell vizsgálatok és az eredmények alátámasztották, hogy a 2010-2011. vizsgálati időszakban az Orosháza-Medgyesbodzási csatornában a talajvízből érkező terhelés jelentős volt, ami az Orosházi szivattyútelep terhelésében is számottevő szerepet játszott.

2010-2011-es belvízvédekezési időszakban az érintett vízgyűjtőn a földárja jelenség nem tört a felszínre, azonban a modell eredményéből számszerűsíthető, hogy a földárja jelenségből a belvízcsatornákat és a szivattyútelepet jelentős talajvízterhelés érte. A 36. ábrán a vízgyűjtő határon átáramló vízmennyiség különbsége mutatja legjobban a földárja jelenség hatását.

Megállapítható, hogy a K-Ny-i irányú talajvízáramlás (nyomáshullám), avagy a talajvízszint változása a helyi csapadéktevékenységtől eltérően, jelentősen késleltetve jelentkezik. A vízgyűjtőterületen a lokális csapadéktevékenységektől jelentősen eltérő az Orosházi szivattyútelepi üzeme, amely a vízgyűjtőterületre kívülről beáramló víztömeget jelez.

A területi hatásokat 6 különböző feltételezett esemény (szcenárió) modellezésével vizsgáltam. Ezen vizsgálatok során megállapítottam, hogy tisztított szennyvíz és termál csurgalékvíz bevezetések a csatornában kialakuló vízszintre ugyan kismértékű, de kimutatható hatást gyakorolnak. A belvíz összegyülekezés és lefolyás folyamatára vonatkozóan a település belterület és erdőterület növekedését vizsgáltam meg, a település kapcsán növekedést, az erdőterület kapcsán a csökkenést számszerűsítettem a belvízterhelésben. Minden általam vizsgált szcenárió valamilyen mértékben változást jelentett, amely kimutatható volt kisebb-nagyobb mértékben a csatornában kialakuló vízállásra, vagy vízhozamra.

Véleményem szerint a belvíztömeg *növelő és csökkentő tényezők együttes, dinamikus és komplex, térben és időben változó hatását a modellezés képes kezelni, a mérnöki gyakorlatban jelenleg használatos méretezési eljárások erre nem voltak alkalmasak.*

A modell számítási igényéhez bemenő adatok összegyűjtése és előállítása jelentős idő és humánerőforrást igényel.

A modellezés megerősítette azt a feltevésemet, hogy a vízgyűjtőn a belvízképződést a talajviszonyok, annak hidraulikai tulajdonságai, valamint a talajvíz állapotok sokkal nagyobb mértékben befolyásolják, mint azt korábban a belvízrendszerek méretezésénél becsülni lehetett.

Több tényező számszerűsítéséhez további kutatások szükségesek. A vízgyűjtő területre fölépített modellekkel a hatások meghatározásában rejlő bizonytalanságokat pontosítani lehet. További kutatás szükséges pl. a belvízrendszerek méretezéséhez alkalmas csapadékfüggvények terén, vagy a talaj szervesanyag-tartalmának belvízi lefolyásra gyakorolt hatásának számszerűsítésére.

A kutatási eredményeim és a modellezési tapasztalatok alapján rendszerszemléletű megközelítéssel állítottam össze a belvízrendszert érő emberi tevékenységek hatásának kataszterét. A hatásokat a belvízre és egyúttal az aszályra vonatkozóan is rendszereztem és elemeztem, ez alapján meghatároztam egy vízgyűjtőterület belvízrendszerének a teljesítőképességének felülvizsgálati módszertanát. Ezzel javaslatot teszek egy olyan módszertanra, amely alkalmas általánosságban is a belvízrendszerek egységes felülvizsgálatára, amely a mérnöki gyakorlatból eddigiekben hiányzott.

ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK

A kutatási eredményeim alapján az alábbi következtetéseket teszem:

Hazánk belvízvédekezése kapcsán a határvízi egyezmények alapvető fontossággal bírnak. A jelenlegi vízkárelhárítás jellemzően a víztöbbletek (ár- és belvizek) kezelésével foglalkozik, amely a belvízvédekezés szokásos gyakorlatát támogatja. A klímaváltozás szélsőségeihez történő alkalmazkodás azonban megköveteli a víztöbbletek és a vízhiányos időszakok kapcsán a komplex szemléletet a vízkárok kezelésében. Ezért a jövőben az együttműködéseket ki kell egészíteni a vízkészletek megosztására vonatkozóan, a természetes vízjárási útvonalak helyreállításával, valamint a rugalmas vízkormányzási lehetőségek megteremtésével, a kisvízi állapotok kezelésére vonatkozó intézkedésekkel.

A vízminőség és a komplex szemléletű megoldások kerülnek előtérbe a vízvisszatartás és használt vízkészletek megőrzése kapcsán.

Hazánkban történelmi távlatokra visszanyúlóan az államnak határozott és jelentős szerepe van a belvízvédelem és katasztrófavédelem területén a jogi szabályzók megalkotásában és az illetékes szervezetein keresztül a finanszírozásban, a végrehajtásban és az irányításban.

A belvíz elleni védekezésben résztvevő szervezetek tevékenységi köre és hatásköre jól szabályozott, különös tekintettel a veszélyhelyzetben történő védekezésre.

A vízgyűjtőn végbemenő változások belvízrendszerre gyakorolt hatásainak elemzésével rámutattam, hogy a megelőzés kapcsán számos más területhasználó, intézmény, önkormányzat, hatóság, mezőgazdasági szektor felelősségkörét érintő intézkedés összehangolása szükséges annak érdekében, hogy a vízgazdálkodás, így a víztöbbletek és vízhiányok elleni védekezés össztársadalmi szinten megvalósulhasson. Ezért az együttműködést főként a megelőzésben, így például a vízjogi engedélyezési eljárások során lehetne javítani. Ennek keretében a belvíz- és aszály elleni védekezést támogatóan kell az építési és mezőgazdasági célú területek okszerű területhasználatait engedélyezni, avagy a védelmi tevékenységet támogatni szükséges a vízjogi engedélyezési eljárások során.

Az állam irányító és végrehajtói szerepének megerősödése a vízgazdálkodási társulatoktól a vízügyi igazgatóságok által átvett belvízelvezető művek rendezetlen tulajdoni viszonyai miatt nem valósult meg teljes körűen, mert a közbeékelődő idegen ingatlanok jelentős akadályt jelentenek az egységes üzemeltetői rendszer létrejöttében és a vízjogi engedélyezési eljárások sikeres lefolytatása kapcsán.

A társulatoktól történő belvízvédelmi művek átvételével a vízügyi igazgatóságokra jelentős többlet teher hárul, valamint az állam számára is többlet forrásigény-kötelezettséget jelent az igazgatóságok üzemeltetési és fenntartási feladatainak, továbbá az eredményes belvízvédekezés végrehajtása érdekében szükséges többlet erőforrások (pénzügyi és humán) biztosítása.

A belvízképződésre a természeti adottságok mellett az emberi tevékenység is hatással van, amely folyamatokra a vízügyi igazgatóságoknak nincs számottevő hatása.

Az általam meghatározott módszertan alapján megállapítottam, hogy a jelenleg használatban lévő, a belvízrendszerek méretezésére vonatkozó irányelvek nem képesek a vízgyűjtőn lezajló dinamikus változásokat leképezni, valamint elavulttá váltak a vízrendszerek méretezésére vonatkozó diagramok és alapadatok. További problémaként azonosítottam, hogy a vízrendszerek talajvízből adódó terhelésének meghatározása jelentős bizonytalansággal terhelt. Ez a bizonytalanság az eredményes belvízvédekezés végrehajtásában kockázatot jelent.

A hagyományos számítási módszereken túlmutatóan a modellezés jelent előrelépést a bonyolult számítási módszerek kapcsán. A szakirodalomban meghatározott főbb modelleket megvizsgálva a belvízrendszerek méretezésére alkalmas hidrodinamikai modellt választottam ki mintaterületi vizsgálatok elvégzésére. Saját módszertan alapján értékeltem a modell-számítás eredményeit, amely alapján kimutattam és igazoltam a talajvíz és a földárja hatását a belvízrendszerre vonatkozóan. A mintaterületi vizsgálat alapján megalkottam a csatorna vizsgálati szelvényeiben a talajvíz-terhelés diagramját. Ezzel az érintett vízgyűjtőn a földárja-jelenség belvízrendszerre gyakorolt hatását igazoltam, annak hatását számszerűsítettem.

A modell továbbfejlesztésével lehetővé vált a mintaterületen a területhasználatok megváltozásából, illetve az emberi hatásokból eredő belvíz-terhelés számszerűsítése, a modellterület vonatkozásában a lefolytatott vizsgálatok alapján meghatároztam és számszerűsítettem az általam vizsgált szcenáriók belvízrendszerre gyakorolt hatásait.

Összességében a mintaterületi vízgyűjtőn a földárja jelenség 2010-2011. időszakban a helyi csapadéktevékenység mennyiségi és időbeni megjelenésétől eltérő jellegű és lefolyású belvízvédelmi beavatkozásokat tett szükségessé, amelyet a felszínalatti vízmozgás, a talajvíz-áram (nyomáshullám) vízgyűjtő területen kívüli dinamikus változása eredményezett. További eredmény, hogy a mintaterületi vizsgálat igazolta azt, hogy a felszín alatti víztömeg dinamikája jelentősen eltér a felszíni folyamatoktól, ezért a belvíz-elvezető rendszerek méretezése és a belvízvédelmi intézkedések meghatározása és végrehajtása kapcsán a talajvíz hatását hangsúlyosan kell kezelni egy dinamikus folyamat eredményeként. Megállapításom, hogy a 2010-es csapadék talajvíztömegben tározódása nagymértékben csökkentette a 2011. évi aszályos időszak kártételeit.

Tekintettel arra, hogy hidrodinamikai modellek nem állnak rendelkezésre minden vízgyűjtőre vonatkozóan a fent említett hatások kimutatására és meghatározására, a vezetői döntések megalapozásához ajánlásként fogalmazom meg a mintaterületi vizsgálat módszertanát és a számszerűsített eredményeket.

A kutatásom és a modellezés eredményei alapján megállapítottam, hogy a belvízmentesítés és az aszálykárok elleni védelem együttes kezelése, azaz komplex szemléletű megoldások és intézkedések alkalmazása szükséges.

A mezőgazdasági szektor részéről a kárérzékenység felülvizsgálata szükséges. Így például a belvizes időszak kismértékű elöntése a terület egészének szempontjából terméstöbbletet is eredményezhet. Hosszútávon a belvízi elöntés a későbbiekben hasznosuló vízkészletként vehető számításba.

Rugalmas vízkormányzási lehetőségek megteremtésével a belterületek elsődleges belvízmentesítésének biztosítása szükséges, a víztöbbletek kevésbé kárérzékeny területekre, ill. kevésbé terhelt vízrendszerbe történő átkormányzásával.

A vízrendszerek terheléseit felül kell vizsgálni. Ahol lehetséges, a csatornába történő bevezetés helyett más elhelyezési módozatot, vagy a késleltetett bevezetést kell megvalósítani. Így például a fűtési célú termálvizek vízadó rétegbe történő visszasajtolása, a koncentrált vízbevezetések (tisztított szennyvizek, csapadékvizek) átmeneti tározón keresztül történő bevezetése, a csapadékvizek beszivárogtatása, a talaj víztározási és vízgazdálkodási állapotának javítása szükséges.

Felértékelődik a vízminőség kérdése a vízkészletek korlátozott rendelkezésre állása miatt, amely további megfontolásokat tesz szükségessé a vízrendszerek vízminőségi terhelései vonatkozásában. Ezt erősítik a vízterek és vízvisszatartással kapcsolatban megjelenő társadalmi igények, amelyek például a rekreációs és szabadidő tevékenységek, valamint az öntözési vízhasználatok kapcsán jelentkeznek.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK TÖMÖREN MEGFOGALMAZVA

A kutatásom tudományos eredményeit az alábbiakban foglalom össze:

1. A globális klímaváltozás szcenárióinak kutatása alapján ***bizonyítottam***, hogy a szélsőséges vízjárási helyzetek fokozódásával a belvízvédekezés mellett - az országhatáron átnyúló belvízrendszereket is érintő módon - a vízhiányos időszakok kártételei elleni védekezésre is fel kell készülni. Előzetes vizsgálataimra alapozva ***feltártam***, hogy határvízi egyezmények belvízvédekezési tevékenységet érintő szabályozása kizárólag a víztöbbletek időszakára vonatkozó rendelkezéseket tartalmaznak. ***Megállapítottam*** továbbá, hogy az általános érvényű felülvizsgálati módszertan szükséges a határon átnyúló belvízrendszerekben a kisvízi állapotok kezelésére, a víz keretirányelv szerinti ökológiai állapotok javítására, valamint a természetes vízjárási helyzetek visszaállítására vonatkozó közös intézkedések meghatározására.
2. A belvízrendszer teljesítőképességére vonatkozóan az egyéb csatorna-funkciók és igények vizsgálatával ***meghatároztam***, hogy a belvízvédekezésre gyakorolt negatív hatás csökkentése érdekében a megelőzésben az érintett szervezetek együttműködése és egységes eljárásrend alkalmazása szükséges a rendezetlen tulajdoni viszonyokkal rendelkező csatornák vízjogi üzemeltetési engedélyezése, valamint a többcélú hasznosítású vízrendszerekben a belvízvédelem elsődlegességét biztosító üzemeltetési vízjogi engedélyezés kapcsán.
3. Az emberi tevékenységek és területhasználati változások belvízrendszerre gyakorolt hatásainak elemzése és rendszerezése, valamint a belvízrendszerek méretezésre vonatkozó jelenlegi irányelvek vizsgálata alapján ***igazoltam***, hogy a jelenleg alkalmazott módszerek nem használtatók fel a dinamikus és időben változó folyamatok, így a talajvízszint-változás (a földárja), továbbá a területhasználat megváltozásából eredő terhelések meghatározására. Az így azonosított tudományos probléma megoldása érdekében - az általam kidolgozott számítási eljárásban felhasznált hidrodinamikai modell segítségével - kísérleti jelleggel konkrét mintaterületen számszerűsítve ***kimutattam*** a belvízrendszert terhelő talajvíztömeg, a helyi sajátosságként megjelenő földárja hatását, valamint a területhasználatok megváltozása kapcsán megjelenő belvízhozam terheléseket. Mintaterületi eredményeim a védelemvezetői műszaki intézkedések és döntések tudományos módon történő megállapodásához járulnak hozzá.
4. Az előzetes kutatási eredményeimre és a mintaterületi számításokra alapozva műszaki módszertant ***dolgoztam ki*** a vízgyűjtők és a belvízrendszerek egységes rendszerszemléletű

és komplex, azaz a víztöbbletek és egyúttal a vízhiányos időszakokra vonatkozó felülvizsgálatára, amely a védelemvezetői döntést alátámasztó tervezésben és az intézkedések meghatározásában más vízrendszerek esetében is általános jelleggel alkalmazható.

AJÁNLÁSOK

Disszertációmat ajánlom a vízügyi és katasztrófavédelmi szervezetek vízkárelhárítással és vízgazdálkodással foglalkozó kollégáinak, az önkormányzatok közbiztonsági referenseinek, a jegyzőknek, a vízügyi hatóság engedélyezési eljárásában résztvevő és a mezőgazdasági vízgazdálkodási szakembereknek, a településrendező mérnököknek, a jogalkotóknak és a pályázati forrásokat allokáló tervezőknek. Dolgozatom megállapításai hasznosíthatók a vidékfejlesztési stratégiában, valamint a mezőgazdasági termelés támogatási rendszert kidolgozók számára is, azaz mindazon szakembereknek, akik a belvíz- és aszálykár elleni védelemben a komplex szemlélet átfogó érvényre jutását támogatni tudják.

Disszertációmban hangsúlyt fektettem a belvizek keletkezésére és kezelésére, ezzel együtt az aszálykárok mérséklése érdekében szükséges összehangolt intézkedésekre. A védekezés és megelőzés, a hatékony együttműködés érdekében tisztelettel ajánlom dolgozatomat a Nemzeti Közszolgálati Egyetem, a Katasztrófavédelmi Intézet és a Víztudományi Kar oktatói, a katasztrófavédelmi és vízügyi szakokon tanuló hallgatók számára is.

A KUTATÁSI EREDMÉNY GYAKORLATI FELHASZNÁLHATÓSÁGA

1. Kutatási eredményeim a nemzetközi egyezmények kapcsán előre vetítik az egyezmények kisvízi szemléletű felülvizsgálatának, valamint a határon átnyúló, komplex szemléletű vízkormányzási megoldások tervezésének szükségességét. A belvízvédekezés aspektusának nemzetközi bemutatása a határvízi egyezményekkel foglalkozó katasztrófavédelmi és vízügyi szakembereknek nyújt hasznos információkat.
2. A belvíz és aszály duális jelenléte a megelőzésre és a komplex szemléletre hívja fel a szakemberek figyelmét, amely kapcsán a vízminőségi kérdések együttes kezelése is egyre nagyobb hangsúlyt kap. Ezt a vízjogi engedélyezés, a mezőgazdasági fejlesztések tervezése, az öntözés-fejlesztés, a település-fejlesztések, a vidékfejlesztési és vízgazdálkodási stratégiák intézkedései során is figyelembe kell venni.
3. A mintaterületi modellezési vizsgálatok eredményei felhívják a figyelmet a belvízrendszerek talajvízből adódó terhelésének jelentőségére. A kidolgozott módszer alapján a belvízrendszerekben megbízhatóbban megbecsülhető a csatornákat érő talajvízterhelés.
4. A belvízrendszer felülvizsgálatára kidolgozott módszertan segítséget nyújt a szakemberek számára a mérnöki feladatok tervezett végrehajtásában, amely az eredményes belvízvédekezést támogatja.

A HIVATKOZOTT IRODALOM JEGYZÉKE

[1] FEJÉR L. (szerk.): *Vizeink krónikája. A magyar vízgazdálkodás története.* Budapest: Vízügyi Múzeum, Levéltár és könyvgyűjtemény, 2001.

[2] RAKONCZAI J.: A belvízképződés folyamata és földtudományi háttere. In. Nyári D. (szerk), *A VI. Magyar Földrajzi Konferencia, MERIEXWA konferencia és a Geográfus Doktoranduszok Országos Konferenciájának Tanulmánykötete*. Szeged: Szegedi Tudományegyetem Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, 2017, 1128-1139.

[3] PÁLFAI I.: *Belvizek és aszályok Magyarországon.* Budapest: Közlekedési Dokumentációs Kft., 2004.

[4] SZLÁVIK L.: Belvízmentesítés, belvízvédelem. In. SZLÁVIK L. (szerk), *Vízkárelhárítási kézikönyv*. Budapest: Országos Vízügyi Főigazgatóság, 2018, 513-561. http://vpf.vizugy.hu/reg/ovf/doc/14.%20Belvizmentesites,%20belvizvedelem_A1.pdf

[5] MUHORAY Á.: *Katasztrófa-megelőzés I.* Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2016.

[6] BÁRDOS Z.: *Az ár-, és belvizek elleni önkormányzati védekezés korszerűsítése*. Doktori (PhD) értekezés. Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, 2016. https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/handle/20.500.12944/12358 (A letöltés dátuma: 2015. május 11.)

[7] Kvassay Jenő Terv, Nemzeti Vízstratégia. 2017. https://www.vizugy.hu/vizstrategia/documents/997966DE-9F6F-4624-91C5-3336153778D9/Nemzeti-Vizstrategia.pdf (A letöltés dátuma:2018. január 12.)

[8] SOMLYÓDY L. (szerk.): *Magyarország vízgazdálkodása: Helyzetkép és stratégiai feladatok*. Budapest: MTA, 2011, 85–102. http://www.gwpmo.hu/publikaciok/magyarorszag-vizgazdalkodasa-helyzetkep-es-strategia-feladatok/ (A letöltés dátuma: 2018. április 3.)

[9] VARGA M., VÁRADI J.: *Vízvisszatartás – tározás - vidékfejlesztés*. Budapest: MTA Történettudományi Intézet - MTA Társadalomkutató Központ, 2010.

[10] BOZÁN CS., KÖRÖSPARTI J.: Földárja a Dél-Alföldön. *Hidrológiai Közlöny*, 85 3 (2005), 7–13.

[11] KOZÁK P.: Gondolatok a síkvidéki vízgyűjtők összegyülekezési folyamatairól I. Belvízelvezetési elméletek fejlődése a gyakorlati tapasztalatok tükrében. *Hidrológiai Közlöny,* 4 100 (2020), 31-40.

[12] MUHORAY Á.: A veszélyhelyzetek kihirdetését igénylő helyzetek és azok korszerű megoldása a gyakorlatban In: HORNYACSEK J. (szerk), *A védelmi igazgatás működésének gyakorlati tapasztalatai napjaink kihívásainak tükrében.* Budapest: Dialóg Campus Kiadó, 2019, 61-85.

[13] BOGNÁR B., KÁTAI-URBÁN L., KOSSA GY., KOZMA S., SZAKÁL B., VASS GY.: *Iparbiztonságtan I*. Budapest: Nemzeti Közszolgálati és Tankönyv Kiadó Zrt., 2013.

[14] MÓGOR J.: A lakossági tájékoztatás és a nyilvánosság biztosításának kutatása a súlyos ipari balesetek elleni védekezésben: Doktori (PhD) értekezés. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola. Budapest, 2010. http://m.ludita.uni-nke.hu/repozitorium/handle/11410/9807

[15] ENDRŐDI I.: *Polgári védelmi szakismeret*. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2015.

[16] HALÁSZ L., FÖLDI L., PADÁNYI J.: Climate Change and CBRN Defense. *Hadmérnök*, 3 (2012), 42-49.

[17] HORNYACSEK J.: Az éghajlatváltozás-okozta veszélyekre való felkészülés települési feladatai Magyarországon. In. FÖLDI L. (szerk.), *Adaptációs lehetőségek az éghajlatváltozás következményeihez a közszolgálat területén*. Tanulmánykötet. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2019, 468-489.

[18] SCHWEICKHARDT G.: *A katasztrófavédelmi igazgatás rendszere, továbbfejlesztési lehetőségeinek vizsgálata*. Doktori (PhD) értekezés. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2015.

[19] PETRÓ T.: *A magyarországi árvízvédelmi fejlesztések, a kapcsolódó lakosságvédelmi feladatrendszer újszerű megközelítése*. Doktori (PhD) értekezés. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2017.

[20] ANTAL Ö.: *Az árvizek és földrengések okozta katasztrófák káros hatásai elleni hatékony védekezés megvalósításának elméleti és műszaki kérdései a megelőzés időszakában.* Doktori értekezés. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2015.

[21] HÁBERMAYER, T.*: Az ár-és belvíz elleni katasztrófavédelmi feladatok korszerű megoldásának lehetőségei.* Doktori (PhD értekezés. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2020.

[22] TEKNŐS L.: *A lakosság és az anyagi javak védelmének újszerű értékelése és feladatai a klímaváltozás okozta veszélyhelyzetben,* Doktori (PhD) értekezés. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2015.

[23] CENTRE FOR RESEARCH ON THE EPIDEMIOLOGY OF DISASTERS, „The Human Costs of Natural Disasters 2015. A Global Perspective." CRED, 2015.

[24] FEJÉR L.: *A vízitársulatok 200 éve*. Budapest: Vízgazdálkodási Társulatok Országos Szövetsége, 2010.

[25] SZLÁVIK L.: Gondolatok az árvízvédelem időszerű kérdéseiről. *Hidrológiai Közlöny*, 74 4 (1999), 241-260.

[26] NAGY L.: *Árvízi kockázat az árvízvédelmi gát tönkremenetele alapján*. Doktori (PhD) értekezés. Budapest: Budapesti Műszaki Egyetem, 2005. https://repozitorium.omikk.bme.hu/handle/10890/575?locale-attribute=en (A letöltés időpontja: 2019. május 21.)

[27] VÁGÁS I.: A belvíz elvezetése. *Hidrológiai Közlöny*, 69 2 (1989), 77-82.

[28] KOZÁK P.: Belvízi jelenségek az Alsó-tiszai vízgyűjtőkön az 1955-2012. közötti időszakban. *Nagyalföld Alapítvány Kötetei*, (2011), 127-136.

[29] KOZÁK P.: *A belvízjárás összefüggéseinek vizsgálata az Alföld délkeleti részén, a vízgazdálkodás európai elvárásainak tükrében*. Doktori (PhD) értekezés. Szeged: Szegedi Tudományegyetem, 2006. https://doktori.bibl.u-szeged.hu/id/eprint/1679/ (A letöltés időpontja: 2020. szeptember 20.)

[30] LÁNG I.: Teret a folyónak! Nagyvízi mederkezelés szerepe az árvízvédelemben. *Biztosítás és Kockázat*, 2 (2017), 42-59.

[31] GERENCSÉR B. SZ.: *A vízügyi igazgatás.* In. LAPSÁNSZKY A. (szerk.), *Közigazgatási jog. Fejezetek szakigazgatásaink köréből II. kötet.* Budapest: Pázmány Péter Katolikus Egyetem. Állam és Jogtudományi kar, Complex, 2013.

[32] BALÁZS B.: B*elvíz-veszélyeztetettség vizsgálata alföldi mintaterületeken*. Doktori (PhD) értekezés. Debrecen: Debreceni Egyetem, 2015.

https://dea.lib.unideb.hu/items/dde1ad12-19af-4746-8a83-67f32922b7d3 (A letöltés időpontja: 2017. október 12.)

[33] FORGÓNÉ NEMCSICS M.: *Belvízkár elhárító rendszerek fejlesztésének mezőgazdasági megalapozása földrajzi információs rendszerrel*. Doktori (PhD) értekezés. Gödöllő: Szent István Egyetem, 2000. https://archive.szie.hu/node/976 (A letöltés időpontja: 2018. április 13.)

[34] VÖLGYESI Mérnöki Iroda: *A Maros Hordalékkúp felszín alatti vízháztartása*. Gyula: Körös-vidéki Vízügyi Igazgatóság, kézirat, 2003.

[35] PÁLFAI I.: A Maros hordalékkúpjának hidrológiai kérdései. *Hidrológiai Közlöny,* 2 (1983), 89-95.

[36] RAKONCZAI J:, FEHÉR ZS.: A klímaváltozás szerepe az Alföld talajvízkészleteinek időbeli változásaiban. *Hidrológiai Közlöny,* 1 (2015), 2-15.

[37] TREITZ P.: A belvizek mozgása Szeged határában. *Hidrológiai Közlöny,* 1 (1921), 18-22.

[38] KVASSAY J.: *Mezőgazdasági Vízműtan II*. Budapest: Ráth Mór, 1882.

[39] PRIVÁCZKINÉ HAJDU ZS.: Földárja, a Dél-Alföld sajátos belvíz-jelensége. In HÁBERMAYER T. (szerk.), *Katasztrófák, kockázatok, önkéntesek.* Szekszárd: Tolna Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság, 2020, 177-188. (elektronikus) https://tolna.katasztrofavedelem.hu/application/uploads/documents/2020-05/71152.pdf (A letöltés időpontja: 2020. május 18.)

[40] BOZÁN CS., KÖRÖSPARTI J., TÚRI N., KAJÁRI B., KEREZSI GY., PÁSZTOR L.: A belvíz-veszélyeztetettségi térképezés módszertani fejlődése a NAIK ÖVKI GIS műhelyében. In: FARSANG A, LADÁNYI ZS. MUCSI L.(szerk.), *Klímaváltozás okozta kihívások – Globálistól lokálisig.* Szeged: Geolitera, SZTE TTIK Földrajzi és Földtudományi Intézet, 2020, 57-70.

[41] BÍRÓ T., TAMÁS J., LÉNÁRT CS., TOMOR T.: A belvíz-veszélyeztetettség térbeli elemzése. *Acta Agrária Kaposváriensis*, 6 (2002), 139–152.

[42] BÍRÓ T.; THYLL SZ.; TAMÁS J.; LÉNÁRT CS.: Térinformatikai módszerek alkalmazása a belvíz-veszélyeztetettség térképezésében. In: BORSOSNÉ PALLAGI N. (szerk.), *A Magyar Hidrológiai Társaság XVIII. Országos Vándorgyűlése konferenciakötet.* Budapest: Magyar Hidrológiai Társaság, 2000, 754-760.

[43] PÁSZTOR L., KÖRÖSPARTI J., BOZÁN CS., LABORCZI A., TAKÁCS K.: Spatial risk assessment of hydrological extremities: Inland excess water hazard, Szabolcs-Szatmár-Bereg County, Hungary. *Journal of Maps*, (2014), 636–644.

[44] Országos Vízügyi Főigazgatóság honlap (2015): *Megvalósult Magyarország belvízi veszélytérképezése az Árvízi kockázati térképezés és stratégiai kockázatkezelési terv készítése című projekt keretein belül.* http://www.vizugy.hu/index.php?module=content&programelemid=1&id=1187 (A letöltés dátuma: 2017. október 10.)

[45] Országos Vízügyi Igazgatóság honlapja: Magyarország 2015. december 22-én közzétett Vízgyűjtő-gazdálkodási terve *https://www.vizugy.hu/index.php?module=vizstrat&programelemid=149*

[46] SZILAS I., JAKAB L.: Elemzés a katasztrófavédelem új rendszerének működéséről. Budapest: Állami Számvevőszék, 2016. https://www.aszhirportal.hu/storage/files/files/Publikaciok/Elemzesek_tanulmanyok/2016/katasztrofav_elemzes.pdf?ctid=976 (A letöltés dátuma: 2018.március 28.)

[47] Állami Számvevőszék: 1107 sz. Jelentés a természeti katasztrófák megelőzésére, elhárítására, következményeinek felszámolására kialakított rendszerek ellenőrzéséről, 2011. https://www.aszhirportal.hu/storage/files/files/%C3%96sszes%20jelent%C3%A9s/2011/1107j000.pdf?ctid=730 (A letöltés dátuma: 2018.március 28.)

[48] RAKONCZAI J.: *Elfogyasztott jövőnk? Globális környezeti és geopolitikai kihívásaink.* Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem, 2021. http://unipub.lib.uni-corvinus.hu/6726/ (A letöltés időpontja: 2022. szeptember 17.)

[49] Országos Meteorológiai Szolgálat honlapja: IPCC jelentések: Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület Tematikus Jelentése a szélsőséges éghajlati események kockázatáról és kezeléséről. Budapest, 2011. december https://www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/IPCC_jelentes/index.php?id=112&hir=IPCC_2011._evi_Tematikus_Jelentese (A letöltés időpontja: 2020. március 03.)

[50] BARCZA Z., BARTHOLY J., BIHARI Z., LAKATOS M., MÉSZÁROS R., PIECZKA I., PONGRÁCZ R.,PRÁGER T., RADICS K.: Klímaváltozás. In. BARTHOLY J., PONGRÁCZ R. (szerk.). *Klímaváltozás*. Budapest: Eötvös Loránd Tudományegyetem, 2013. https://docplayer.hu/5523230-Klimavaltozas-szerkeszto-bartholy-judit-es-pongracz-rita.html (A letöltés időpontja: 2020. január 03.)

[51] MEZŐSI G., BATA T., BLANKA V., LADÁNYI ZS.: A klímaváltozás hatása a környezetei veszélyekre az Alföldön. *Földrajzi Közlemények,* 141 1 (2017), 60–70.

[52] HEGEDŰS H.: A Duna vízgyűjtő területének hazai szakasza az éghajlatváltozás tükrében. In. FÖLDI L. (szerk.), *Adaptációs lehetőségek az éghajlatváltozás következményeihez a közszolgálat területén*. Tanulmánykötet. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2019, 157-223. https://ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/11183/adaptacios_lehetosegek_az_eghajlatvaltozas_kovetkezmenyeihez_a_kozszolgalat_teruleten.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[53] PUSKAS I., GÁL N., FARSANG A.: Impact of weather extremities (excess water, drought) caused by climate change on soils in Hungarian Great Plain (SE Hungary). In. RAKONCZAI J., LADÁNYI ZS. (Ed.), *Review of climate change research program at the University of Szeged (2010–2012).* Szeged: Institute of Geography and Geology, 2012, 73–84.

[54] TEKNŐS L., KÓRÓDI GY.: A vízzel kapcsolatos veszélyeztetettség éghajlatváltozással kapcsolatos aspektusainak katasztrófavédelmi szempontú elemzése és kiértékelése I. *Hadmérnök,* 2 (2016), 83-96.

[55] CIMER ZS., KÁTAI-URBÁN L., VASS GY.: A veszélyes üzemekkel kapcsolatos üzemazonosítása szabályozás értékelése – európai szabályozás. *Hadmérnök,* 9 3 (2015), 64-77.

[56] 2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról

[57] 61/2012. (XII. 11.) BM rendelet a települések katasztrófavédelmi besorolásáról, valamint a katasztrófák elleni védekezés egyes szabályairól szóló 62/2011. (XII. 29.) BM rendelet módosításáról

[58] 178/2010. (V. 13.) Korm. rendelet a vizek többletéből eredő kockázattal érintett területek meghatározásáról, a veszély- és kockázati térképek, valamint a kockázatkezelési tervek készítéséről, tartalmáról

[59] PADÁNYI J.: Egyre kevesebb ivóvíz, egyre több katonai konfliktus," In. *A hadtudomány és a hadviselés komplexitása a XXI. században.* Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2015, 28-46.

[60] ÁKK–2014 Konzorcium (2015): Árvízi kockázati térképezés és stratégiai kockázatkezelési terv készítése. Konzultációs terv.

http://www.vizugy.hu/vizstrategia/documents/7B13E639-CA51-4874-8CB0-FB1BC7FA89A9/Also-Tisza%20tervezesi%20egyseg%20osszefoglalo%20terv_.pdf (A letöltés időpontja: 2021.10.15.)

[61] Központi Statisztikai Hivatal honlapja: ENSZ Agenda 2030 fenntartható fejlődési keretrendszer–fenntartható fejlődés hazai indikátorai. https://www.ksh.hu/ffi/index.html

[62] Külgazdasági és Külügyminisztérium: A Budapesti Víz Világtalálkozó (Budapest Water Summit) hivatalos honlapja, 2019. https://www.budapestwatersummit.hu/hu/Magazin/Fenntarthato_megoldasok/2019_10_21/oriasi_erdeklodes_ovezte_a_budapesti_viz_vilagtalalkozot?Page=1

[63] Külgazdasági és Külügyminisztérium: A Budapesti Víz Világtalálkozó (Budapest Water Summit) hivatalos honlapja. Áder János: Nyitóbeszéd a Budapesti Víz Világtalálkozóján, 2019. https://www.budapestwatersummit.hu/hu/Vilagtalalkozo/Hirkozpont/2019_10_15/megelozni_a_vizvalsagot__ader_janos_koztarsasagi_elnok_es_shri_gajendra_singh_shekhawat_indiai_vizugyi_miniszter_kozos_sajtotajekoztatoja?Page=2

[64] PRIVÁCZKINÉ H. Zs.: A víz nem ismer határokat. Magyarország belvízi helyzete a határvízi egyezmények tükrében. *Hadtudományi szemle,* 12 3 (2019), 177-199.

[65] MÁRTON A.: A hazai vízkészlet-gazdálkodási gyakorlat változásainak bemutatása a 20. századtól. *Hadmérnök*, 14 3 (2019), 65-74.

[66] IHRIG D. (szerk.): *A magyar vízszabályozás története*. Budapest: Országos Vízügyi Hivatal, 1973.

[67] Nemzetközi Duna-védelmi Bizottság (International Comission for the Protection of the Danube River - ICPDR) honlapja. http://www.icpdr.org/main/publications/maps-danube-river-basin-management-plan-update-2021 (A letöltés időpontja: 2022.03.02.)

[68] Országos Vízügyi Főigazgatóság, Magyarország Vízgyűjtő-gazdálkodási tervezés honlapja, KOVÁCS PÉTER: Magyarország vízgyűjtő-gazdálkodási honlap köszöntője. 2022. https://vizeink.hu/

[69] POLGÁR L.: *A Magyar–Román vízügyi együttműködés 1924–1990*. Budapest: GODA PÉTER, 1991.

[70] 1921. évi XXXIII. törvénycikk az Északamerikai Egyesült Államokkal, a Brit Birodalommal, Franciaországgal, Olaszországgal és Japánnal, továbbá Belgiummal, Kínával, Kubával, Görögországgal, Nicaraguával, Panamával, Lengyelországgal, Portugáliával, Romániával, a Szerb–Horvát–Szlovén Állammal, Sziámmal és Cseh-Szlovákországgal 1920. évi június hó 4. napján a Trianonban kötött békeszerződés becikkelyezéséről

[71] ALFÖLDI L.: A birodalmaktól az Európai Unióig. A Kárpát-medence vízrendszereinek történelmi áttekintése, különös tekintettel a trianoni békeszerződésre. *Földrajzi Értesítő,* 54 1,2 (2005), 5–28.

[72] 1995. évi LVII. törvény a vízgazdálkodásról

[73] SZABÓ K.: Határvízi együttműködés. Országos Vízügyi Főigazgatóság honlap, 2013. http://www.ovf.hu/hu/hatarvizi-egyuttmukodes (Letöltve: 2018. 04. 03.)

[74] 1959. évi 32. törvényerejű rendelet a Magyar Népköztársaság és az Osztrák Köztársaság között a határvidék vízgazdálkodási kérdéseinek szabályozása tárgyában Bécsben az 1956. évi április hó 9. napján aláírt egyezmény kihirdetéséről

[75] SÜTHEŐ L.: A Magyar–Osztrák Vízügyi Bizottság története. *Vasi szemle*, 71 1 (2017), 65–76.

[76] 55/1978. (XII. 10.) MT rendelet a Magyar Népköztársaság Kormánya és a Csehszlovák Szocialista Köztársaság Kormánya között a határvizek vízgazdálkodási kérdéseinek szabályozásáról Budapesten, 1976. évi május hó 31-én aláírt Egyezmény kihirdetéséről

[77] 117/1999. (VIII. 6.) Korm. rendelet a Magyar Köztársaság Kormánya és Ukrajna Kormánya között a határvizekkel kapcsolatos vízgazdálkodási kérdésekről szóló Egyezmény

[78] 196/2004. (VI. 21.) Korm. rendelet a Magyar Köztársaság Kormánya és Románia Kormánya között a határvizek védelme és fenntartható hasznosítása céljából folytatandó együttműködésről szóló Egyezmény

[79] TIVIZIG honlap: Határvízi kapcsolatok, 2010. http://www.tivizig.hu/hatarvizi (A letöltés időpontja: 2019. 02. 14.)

[80] 97/2019. (IV. 30.) Korm. rendelet a Magyarország Kormánya és a Szerb Köztársaság Kormánya között a fenntartható vízgazdálkodás terén a határvizeken és a közös érdekű vízgyűjtőkön történő együttműködésről szóló egyezmény kihirdetéséről

[81] ADUVIZIG honlap: Nemzetközi kapcsolatok. http://www.aduvizig.hu/nemzetkozi-kapcsolatok/ (A letöltés dátuma: 2019.02.14.)

[82] Pálfai I: (szerk.): Magyar- Szerb-Montenegrói Vízgazdálkodási Bizottság. *A vízgazdálkodási együttműködés 50 éve 1956-2006*. Szeged: ATIVIZIG, 2006.

[83] 127/1996. (VII. 25.) Korm. rendelet Egyezmény a Magyar Köztársaság Kormánya és a Horvát Köztársaság Kormánya között a vízgazdálkodási együttműködés kérdéseiben

[84] SZAPPANOS F., ŽABČIĆ, V. (szerk.): *Tíz éves a Magyar–Horvát vízgazdálkodási egyezmény*, 2004. http://www.nyuduvizig.hu/upload/HORVAT.pdf (Letöltve: 2019. 02. 14.)

[85] DÉDUVIZIG honlap: Nemzetközi kapcsolatok http://www.ddvizig.hu/hu/nemzetkozi-kapcsolatok-1 (A letöltés dátuma 2019.05.12.)

[86] Horvát Vizek honlap: Horvát Vizek tevékenysége. https://voda.hr/en/about-us

[87] 41/2001. (III. 14.) Korm. rendelet a Magyar Köztársaság Kormánya és a Szlovén Köztársaság Kormánya között a vízgazdálkodási kérdések megoldásáról szóló Egyezmény

[88] ZORKÓCZY Z., FARTEK, S.(2004): *Tíz éves a Magyar–Szlovén Vízgazdálkodási Egyezmény*. http://www.nyuduvizig.hu/upload/SZLOVEN.pdf (A letöltés dátuma: 2019.02.14.)

[89] Magyarország Alaptörvénye, 2011. április 25.

[90] HÁBERMAYER T., CZINCZÁR K., MUHORAY Á.: Önkéntesség és kötelesség a katasztrófavédelmi beavatkozások során. *Hadtudomány*, 14 1 (2019), 65-79.

[91] NAGY L.: Az árvízvédelmi biztonság jelenlegi megfogalmazása. *Hidrológiai Közlöny*, 84 4 (2004), 1-7.

[92] BÁRDOS Z., MUHORAY Á.: A települések vízkár elleni védekezési feladatainak változása a megváltozott jogszabályi környezetben. *Hadmérnök,* 9 3 (2014), 48-60.

[93] DUNKA S.; FEJÉR L.; VÁGÁS I.: *A verítékes honfoglalás. A Tisza-szabályozás története.* Budapest: KHVM, 1996.

[94] PRIVÁCZKINÉ HAJDU ZS., ENDRŐDI I., MUHORAY Á.: A belvíz elleni védelem új lehetőségei a korszerű polgári védelem rendszerével. *Védelem Tudomány*. 2 4 (2019), 183-210.

[95] KOZÁK P.: Belvízi kockázat térképezés végrehajtásának eddigi tapasztalatai. In. SZLÁVIK L. (szerk.), *Magyar Hidrológiai Társaság XXVII. Országos Vándorgyűlés Konferencia kötet.* Budapest: Magyar Hidrológiai Társaság, 2009, 486-493.

[96] BOZÁN CS., KÖRÖSPARTI J.,ANDRÁSI G., TÚRI N., KUN Á., VALENTINYI K.: Kedvezőtlen vízgazdálkodási állapotú mezőgazdaságilag művelt területek nagy felbontású belvíz-veszélyeztetettségi térképezése Magyarország síkvidéki területein. Szarvas: Viziterv Environ Kft., 2015.

[97] 18/2003. (XII. 9.) számú KvVM-BM együttes rendelet a települések ár- és belvíz veszélyeztetettségi alapon történő besorolásáról

[98] Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság: Ár- és belvíz, valamint villámárvíz kockázat értékelése hazánkban. *Védelem Online*. http://www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/412-ar-es-belviz-valamint-villamarviz-kockazat-ertekelese-hazankban.pdf

[99] SZILÁGYI J. E.: Vízjog: A vizek tulajdonjogának és használatának főbb magyar előírásai a nemzetközi tendenciák tükrében. *Sectio Juridica et Politica.* Miskolc, Tomus, 39 2 (2011), 595–622.

[100] PRIVÁCZKINÉ HAJDU ZS., MUHORAY Á.: Állami szerepvállalás a belvízvédekezési tevékenységben. *Hadmérnök*, 4 (2018), 221-240.

[101] 32/1964. (XII.13.) Korm. rendelet. a vízügyről szóló 1964. évi IV. törvény végrehajtásáról

[102] 232/1996. (XII. 26.) Korm. rendelet a vizek kártételei elleni védekezés szabályairól

[103] 10/1997. (VII.17.) KHVM rendelet az ár és belvízvédekezésről

[104] Állami Számvevőszék (2007): 0708 Jelentés a települési önkormányzatok vízrendezési és csapadékvíz-elvezetési feladatai ellátásának ellenőrzéséről. https://www.aszhirportal.hu/storage/files/files/%c3%96sszes%20jelent%c3%a9s/2007/0708j000.pdf?download=true (A letöltés dátuma: 2018. március 28.)

[105] 6/2022. (III.3.) BM utasítás, mely módosítja "A vízkárelhárítás országos irányításának szervezeti és működési szabályzatáról" szóló 7/2012. (II.10.) BM utasítást

[106] Magyarország 2021. évi központi költségvetéséről szóló törvény 17. §. 4. melléklet táblázat 94. sor: vízügyi igazgatási szervek 2021. június 1. és 2021. november 30. közötti időszakban jogszabályi kötelezettség alapján végzett árvíz, belvíz, helyi

vízkár elleni védekezési és vízminőség-védelmi tevékenysége, valamint a károsodott vízi létesítmények, védművek helyreállításának finanszírozása céljából az 1. melléklet XIV. Belügyminisztérium fejezet, 20. Fejezeti kezelésű előirányzatok cím, 1. Ágazati célfeladatok alcím, 50. Víz-, környezeti és természeti katasztrófa kárelhárítás

[107] 2003. évi LVIII. törvény a Wesselényi Miklós Ár- és Belvízvédelmi Kártalanítási Alapról

[108] ENDRŐDI I., JÓSVAI A.: Önkéntes polgári védelmi szervezetek helyi szintű kapacitásfejlesztése. *Polgári Védelmi Szemle,* különszám, 2016. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiyyv7Jp678AhXVh_0HHZ5PCnQQFnoECAwQAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.mpvsz.hu%2Fletoltes%2Fdocument%2Fdownload.php%3Fid%3D186-gyakorlati-kezikonyv&usg=AOvVaw1u2GdONCXmql9pYn1b2XVB (A letöltés időpontja: 2018. március 20.)

[109] European Union of Water Management Associations (EUWMA) honlapja. https://euwma.org/

[110] SCHIERECK, G. J.: Fundamentals on water defences. TAW-ENW report, 1998. https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:fe16f99c-6ddc-49bd-b7f7-18223e9b73b4 (A letöltés időpontja: 2018. március 12.)

[111] Associazione Nazionale Bonifiche Irrigazioni (ANBI) honlapja https://www.anbi.it/?lang=en

[112] SZLÁVIK L.: Vízgazdálkodás Magyarországon előadás. Elhangzott a *Magyar Mérnökök és Építészek Svájci Egyesülete (MMÉSE) Konferencián.* Zürich, 2011. június 7.

[113] KOZÁK P.: A területi vízgazdálkodás időszerű kérdései. In: SZLÁVIK L.; GAMPEL T. SZIGETI E. (szerk.), *Magyar Hidrológiai Társaság 34. Országos Vándorgyűlés konferencia kötet. Budapest:* Magyar Hidrológiai Társaság, 2016, 1-11.

[114] AKRAM, F., RASUL, G. M., MASUD, M. K., KHAN, K., SHARIF, M., AMIR, I. I.: A Review on Stormwater Harvesting and Reuse. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 8 3 (2014). http://waset.org/publications/9997816/a-review-on-stormwater-harvesting-and-reuse (A letöltés időpontja: 2017. 10. 10.)

[115] European Environment Agency: Green Infrastructure and Flood Management. Promoting cost-efficient flood risk reduction via green infrastructure solutions Report No. 14, 2017. https://www.eea.europa.eu/publications/green-infrastructure-and-flood-management (A letöltési időpontja: 2020. december 12.)

[116] HEANEY J. P., WRIGHT L., SAMPLE D.: *Innovative Urban Wet-Weather Flow Management. Systems*. Techonomic Company Inc. Lancaster, 2020. http://unix.eng.ua.edu/~rpitt/Publications/BooksandReports/Innovative/achap08.pdf

[117] KVASSAY J.: *Mezőgazdasági Vízműtan II*. Budapest: Ráth Mór, 1882.

[118] RAKONCZAI J:, FARSANG A., MEZŐSI G:, GÁL N.: A belvízképződés elméleti háttere. *Földrajzi Közlemények, 135 4 (*2011), 339–349.

[119] MI-10 451:1988. OVF Síkvidéki vízgyűjtők mértékadó fajlagos vízhozamának meghatározása

[120] SÓLYOM P.: A belvízreform mintaterületként kiválasztott dobai belvízrendszer 2007-2013 között tervezett főművi, társulati, önkormányzati fejlesztéseinek összhangja. In. *A Magyar Hidrológiai Társaság XXVI. Országos Vándorgyűlése tanulmánykötet (Miskolc*), 2008, 535-547. https://library.hungaricana.hu/hu/view/HidrologiaiVandorgyules_2008_26/?pg=547&layout=s&query=s%C3%B3lyom

[121] ABHAS J.,ROBIN B., JESSICA L.: *Cities and Flooding: A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century.* Washington: World Bank, 2012.

[122] CAMPENELLA, T.J.: Urban Resilience and the Recovery of New Orlenas, *Journal of the American Planning Associations,* (2006) 141-146. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01944360608976734

[123] SZODFRIDT I.: Az erdők és a talajvíz kapcsolata a Duna-Tisza közi homokhátságon. In: PÁLFAI I. (szerk.), *A Duna-Tisza közi hátság vízgazdálkodási problémái. A Nagyalföld alapítvány kötetei.* Békéscsaba: Nagyalföld Alapítvány, 1994, 59-66.

[124] KONKOLY-GYURÓ É., BALÁZS P:: Erdőborítás-változás a Kárpát-medence térségében a 19. század közepétől napjainkig. *Erdészettudományi Közlemények,* 6 1 (2016), 79-97. http://www.erdtudkoz.hu/cikk.php?doi=2016.007

[125] KOMPÁR L.: A beszivárgás mértékének meghatározása Duna-Tisza-közén hidrodinamikai és transzportmodellezéssel. *Miskolci Egyetem Közleményei. „A" sorozat: Bányászat,* 81 (2011), 411-414.

[126] BOZÁN CS., KÖRÖSPARTI J., ANDRASI G., TURI N., VALENTINYI K., FABO I., FEHER F.: Meliorációs tervvel rendelkező területek felmérési lehetősége In. SZLÁVIK L: (szerk.), *A Magyar Hidrológiai Társaság XXXIV. Országos Vándorgyűlés konferenciakötet*. Budapest: Magyar Hidrológiai Társaság, 2016, 20.

[127] GÁL N.; FARSANG A.: A belvíz-talajszerkezet visszacsatolási rendszer - esettanulmány csernozjom talajú mintaterületen. *Talajvédelem,* különszám (2013), 191-200.

[128] NÉMETH T.; VÁRALLYAY GY.: A természeti erőforrások fenntarthatósága: mi van, ha nincs? *GAZDÁLKODÁS*, 59 3 (2015), 201-298. https://ideas.repec.org/a/ags/gazdal/225548.html

[129] SZŰCS L., TUBA G., CZIMBALMOS R., ZSEMBELI J., MADARÁSZ B.: A PRP-SOL talajkondicionáló szer hatása a talaj hidraulikus tulajdonságaira hagyományos és redukált talajművelési rendszerekben: In. *Környezetkímélő talajművelési rendszerek Magyarországon.* Budapest: MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, 2015.

[130] BIRÓ B: Megújítható talajerő. *Agrárágazat.* 23 különszám (2017) https://agraragazat.hu/kiadvany/agraragazat-2017-majusi-kulonszam-talajelet/

[131] MADARÁSZ B. (szerk.): *Környezetkímélő talajművelési rendszerek Magyarországon.* Budapest*:* MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, 2015.

[132] BARCZI A.; HARRACH T.; NAGY V.: A minimális talajbolygatás jótékony hatása a talajszerkezetre - Egy németországi tanulmányút tapasztalatai. In. MADARÁSZ B. (szerk.), *Környezetkímélő talajművelési rendszerek Magyarországon.* Budapest: MTA CSFK FTI, 2015, 4-14.

http://www.mtafki.hu/konyvtar/kiadv/ktrm/pdf/002_Barczi.pdf

[133] TÖLGYESI CS., TÖRÖK P., ANNA A., HÁBENCZYUS A.A., BÁTORI Z., VALKÓ O., DEÁK B., TÓTHMÉRÉSZ B., ERDŐS L., KELEMEN A.: Underground deserts below fertility islands? Woody species desiccate lower soil layers in sandy drylands. *Ecography*, 43 (2020), 848–859.

[134] HAJDU D.: Duna-Tiszaközi hátság vízgazdálkodási kérdései. kézirat, 2001.

[135] MEZŐSI G., BATA T.: A csapadék eróziós tényezőjének (R) jövőbeni térbeli és időbeli alakulása a klímaváltozás függvényében Magyarországon. *ACTA*

CLIMATOLOGICA ET CHOROLOGICA Universitatis Szegediensis, Tomus 50/B, (2016), 77-86.

[136] GAYER J.: *A települési csapadékvíz-elhelyezés az integrált vízgazdálkodás tükrében*. Doktori (PhD) értekezés. Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem, 2004.

[137] 1/2021. számú Országos Vízügyi Főigazgatóság utasítása: Az Országos Vízügyi Főigazgatóságnak és a vízügyi igazgatóságoknak a racionális méretezési módszer és országos csapadékintenzitási adatok kötelező alkalmazására vonatkozó tervezési előírásról

[138] MI 10-422:85 Árvízvédelmi gátak méretezése műszaki irányelv

[139] RAKONCZAI J., FEHÉR ZS.: A klímaváltozás szerepe az Alföld talajvízkészleteinek időbeli változásaiban. *Hidrológiai Közlöny*, 95 1 (2015), 1-15.

[140] 25/2002. (II. 27.) Korm. Rendelet a Nemzeti Települési Szennyvízelvezetési és -tisztítási Megvalósítási Programról

[141] ATIVIZIG adatbázis. Közműszolgáltatók adatai alapján az Országos Statisztikai Adatgyűjtési Program (OSAP), az 1993. évi XLVI. törvény végrehajtásáról szóló 170/1993. (XII. 3.) Korm. rendelet víziközmű szakterületi adatgyűjtése

[142] KSH honlap: Magyar fürdők fejlődése https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_fur001b.html (A letöltés dátuma: 2022. január 16.)

[143] PRIVÁCZKINÉ HAJDU ZS.: A települések vízgazdálkodási helyzetének hatása a belvízkárral szembeni érzékenységre. *Hadmérnök,* 13 3 *(*2018), 274-289.

[144] Alsó-Tisza vidéki Vízgazdálkodási Tanács adattára. 2017-2021.

[145] BARTA K., SZATMÁRI J., POSTA Á: A belvízképződés és az autópályák kapcsolata. *Földrajzi Közlemények,* 141 4 (2011), 379–387.

[146] Magyar Közútkezelő honlap: Magyar közúthálózat fejlődése 2007-2017. https://internet.kozut.hu/kozerdeku-adatok/orszagos-kozuti-adatbank/az-allami-kozuthalozatrol/ Letöltve: 2022. január 4.

[147] 2/1997. (II. 18.) KHVM rendelet a mezőgazdasági vízszolgáltató művek üzemeltetéséről

[148] 1996. évi LIII. törvény a természet védelméről

[149] Az ATIVIZIG által végzett belvízvédekezési tevékenységek zárójelentései. Szeged, 1981–2018.

[150] 2013. évi CII. törvény a halgazdálkodásról és a hal védelméről

[151] KOZÁK P.: Felszíni lefolyások változása a Duna-Tisza közi Homokhátság dél-keleti lejtőjén a klímaváltozás tükrében In: FARSANG A.; LADÁNYI Zs.; MUCSI L. (szerk.), *Klímaváltozás okozta kihívások: Globálistól lokálisig.* Szeged: SZTE TTIK Földrajzi és Földtudományi Intézet, 2020, 109-117.

[152] SZÖLLŐSI-NAGY A: Digitális integrált vízgazdálkodás, avagy merre megy a világ? Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest. Előadás elhangzott MASZESZ Budapest Future Earth / Sustainable water futures. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiVs6i_ot33AhWLMewKHVMuD2AQFnoECAcQAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.maszesz.hu%2Ftudastar%2Fdownload%2F978_32a8b429efb8e29b926156a7bfc80ace&usg=AOvVaw3eeWslz0SdQA2Bh8IsdvIo

[153] SOMLYÓDI L.: Vízminőségi modellek és csapdák. *Hidrológiai Közlöny,* 98 3 (2018), 13-22.

[154] THYLL Sz.; BÍRÓ T.: A belvíz-veszélyeztetettség térképezése. *Vízügyi Közlemények*, 89 4 (1999), 709-718.

[155] VAN LEEUWEN B., HENITS L., MINUCSÉR M., SZATMÁRI J.,TOBAK Z., PAVIĆ D., SAVIĆ S., DOLINAJ D.: Belvíz-elöntések lehatárolása RapidEye műhold-felvételek alapján. *Hidrológiai Közlöny*, 93 3 (2013), 17-24.

[156] MODFLOW 6: USGS Modular Hydrologic Model honlap https://www.usgs.gov/software/modflow-6-usgs-modular-hydrologic-model

[157] MCENROE, B. M.. *Guidelines for continuous simulation of streamflow in Johnson County, Kansas, with HEC-HMS*. Kansas, USA: Department of Civil, Environmental and Architectural Engineering, University of Kansas, 2010. https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms

[158] SWAT modell honlap https://swat.tamu.edu/

[159] KOZMA Z., KONCSOS L.: Methodological Overview of a Coupled Water Resources Management Model System. In. Topping, Tsompanakis, *Proceedings of the Thirteenth International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing* (old.:157). Stirlingshere: Civil-Comp Press, 2011.

[160] SPANOUDAKI, K.; STAMOU, A. I.; NANOU-GIANNAROU, A.: Development and verification of a 3-D integrated surface water–groundwater model. *Journal of Hydrology*, 375 3-4 (2009), 410-427.

[161] J. S. GEURINK, R. BASSO (2013): Development, Calibration, and Evaluation of the Integrated Northern Tampa Bay Hydrologic Model https://tampabaywater.sharefile.com/share/view/s725fb60469740f1a (A letöltés időpontja: 2022.05.01.)

[162] KONCSOS L.; JOLÁNKAI Zs; KOZMA Zs.: WateRisk integrált vízkészlet-gazdálkodási modellrendszer egydimenziós hidrodinamikai almodelljének összehasonlító tesztelése a HEC-RAS modellel. *Hidrológiai Közlöny*, 91 4 (2011), 50-56.

[163] KARDOS M. K., KONCSOS L.: Klímaváltozás és vízpótlás hatásainak vizsgálata a WateRisk integrált hidrológiai modellel egy Duna-Tisza közi mintaterületen. *Hidrológiai Közlöny,* 98 2 (2018), 36-46.

[164] MIKE powered by DHI honlapja. https://www.mikepoweredbydhi.com/download/mike-2017-sp2/mike-she

[165] PIESKÓ E. L.: *Fehértó-Majsai-főcsatorna belvíz modellje és érzékenység vizsgálata.* BSc dolgozat. Szeged: Szegedi Tudományegyetem, 2020. https://diploma.bibl.u-szeged.hu/id/eprint/111822/

[166] BOR A.: *Mérnöki gyakorlatban alkalmazott hidrológiai modellek összehasonlító vizsgálata*.. Tudományos Diákköri Dolgozat. Budapest: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2012. https://docplayer.hu/21535315-Mernoki-gyakorlatban-alkalmazott-hidrologiai-modellek-osszehasonlito-vizsgalata.html

[167] ATIVIZIG Belvízvédelmi Terv. Műszaki adatok.

[168] Békés megyei Népújság korabeli számainak archívuma. 1979. számok: 19., 163., 165., 195, 211. oldalak https://library.hungaricana.hu/hu/view/BekesMegyeiNepujsag_1979_04/?query=%22Seb%C5%91k%20Margit%22&pg=177&layout=s

[169] Vízügyi országos adattár: hidrológiai adatok és műszaki adatok

[170] DÖVÉNYI Z. (szerk.): *Magyarország kistájainak katasztere*. Budapest: MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, 2010, 277-281.

[171] NAGY I., BÍRÓ T., TAMÁS J.: Lefolyási viszonyok vizsgálata Digitális Magassági Modell felhasználásával. *Agrártudományi Közlemények*, 26. különszám (2007)

[172] Nemzeti Atlasz, Felszínalaktan. https://www.nemzetiatlasz.hu/MNA/MNA_2_4.pdf (A letöltés időpontja: 2020.03.30.)

[173] Nemzeti Atlasz, Földtani viszonyok. http://www.nemzetiatlasz.hu/MNA/MNA_2_2.pdf (A letöltés időpontja: 2020.03.30.)

[174] ATIVIZIG felszín alatti vizek: talajvízkút adatok és fúrásszelvények adatbázisa

[175] LIEBE, P.; GÁLFI, J.: Az elektromos fajlagos ellenállás és a szivárgási tényező kapcsolata a törmelékes vízadó kőzetekben. *Vízügyi Közlemények*, 3 (1981), 437-448..

[176] VÁRALLYAY GY.: A mezőgazdasági vízgazdálkodás talajtani alapjai. *Agrokémia és talajtan*, 38 1-2 (1989), 33-50.

[177] MAKÓ A., TÓTH B.: MARTHA: az első részletes talajfizikai adatbázis Magyarországon. *Szántóföld*, 03 (2008), 76-77.

[178] TÓTH B.: Talajok víztartó képességét becslő módszerek. *Agrokémia és Talajtan*, 2010, 59.2: 379-398.

[179] TÓTH B., WEYNANTS, M., PÁSZTOR L., HENGL, T.: 3D Soil Hydraulic Database of Europe at 250 m resolution. Hydrol. Process., 2017. doi: 10.1002/hyp.11203.

[180] HUZSVAI L.; RAJKAI K.: Modelling of plant adaptation to climatic drought induced water deficit. *Biologia*, 64.3 (2009), 536-540.

[181] ALLEN, R. G., PEREIRA, L. S., RAES, D., SMITH, M.: Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements, *FAO Irrigation and drainage paper 56*. Rome: FAO, 2018. http://www.fao.org/3/x0490e/x0490e04.htm

[182] FIALA K., BARTA K., BENYHE B., FEHÉRVÁRY I:, LÁBDY J., SIPOS GY:, GYŐRFFY L.: Operatív aszály-és vízhiánykezelő monitoring rendszer. *Hidrológiai közlöny*, 98 3 (2018), 14-24.

[183] NAGY V.: *Termőhely-specifikus növénytermesztés hidrológiai alapjai, különös tekintettel a Csallóközre és a Szigetközre*. Doktori (PhD) disszertáció. Mosonmagyaróvár: Soproni Egyetem, 2004. http://doktori.uni-sopron.hu/id/eprint/61

[184] BLUNDEN, J., BOYER T.: State of the Climate in 2021. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 103 8 (2022) https://doi.org/10.1175/2022BAMSStateoftheClimate.1

[185] FEHÉRVÁRY I, TÓTH L., KOZÁK P., BATKI B., DABIS M., RÁTKI L., ROSZTÓCZY CS., SZALAY T., VIZI ZS.: *Mesterséges intelligencia alkalmazása a vízgazdálkodásban*. Előadás elhangzott az Emberközpontú mesterséges intelligencia tudományos-szakmai konferencián. Budapest, 2021. november 3-4. https://docs.google.com/presentation/d/1S6CTMqzvaabDMGsK2qlpuPhg1e1qBAW-/edit?us

[186] M.Y.A KHAN, F. Hasan, S. Panwar, G.J., Chakrapani: Neural network model for discharge and water-level prediction for Ramganga River catchment of Ganga Basin, India. *Hydrological Sciences Journal*, 61 11 (2016), 2084-2095.

A DOKTORI ÉRTEKEZÉS BENYÚJTÓJÁNAK A TÉMAKÖRBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉKE

Szerkesztett könyvben cikk, egyetemi jegyzetben megjelent

PRIVÁCZKINÉ HAJDU ZS.: Földárja, a Dél-Alföld sajátos belvíz-jelensége. In HÁBERMAYER T. (szerk.), *Katasztrófák, kockázatok, önkéntesek.* Szekszárd: Tolna Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság, 2020, 177-188. ISBN: 978-615-008-298-1 (elektronikus)

PRIVÁCZKINÉ HAJDU ZS.: A belvízbiztonság. In: HAUSNER G. (szerk.), *Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből II*. Budapest: Ludovika Egyetemi Kiadó, 2020, 250-266. ISBN 978-963-531-441-6 (PDF) | ISBN 978-963-531-442-3 (ePub).

NAGY ZS.; PÁLFI G.; PRIVÁCZKINÉ HAJDU Zs.; BENYHE B. (2019): Csatornarendszerek üzemeltetése és integrált vízgazdálkodás – a Dong-ér vízgyűjtő területe. In. LADÁNYI ZS., BLANKA V. (szerk.), *Aszály és belvíz monitoring és menedzsment, valamint a kapcsolódó kockázatok a Dél-Alföldön és a Vajdaságban.* Szeged: Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, 2019, 83-96. (HU) 172-185. (SRB), 262 -275. (ENG), ISBN 978-963-306-680-5

Magyarországon megjelenő idegen nyelvű folyóiratban

PRIVÁCZKINÉ HAJDU ZS,, MUHORAY Á.: Improving resilience of settlements situated in plain areas in relation to inland excess water flood and drought risk. *Polgári Védelmi Szemle,* XIII Különszám (2020), 238-266. ISSN 1788-2168

Magyar nyelvű mértékadó folyóiratban megjelent

PRIVÁCZKINÉ HAJDU ZS., MUHORAY Á.: Állami szerepvállalás a belvízvédekezési tevékenységben. *Hadmérnök*, 13 4 (2018), 221-240. ISSN 1788-1919

PRIVÁCZKINÉ HAJDU ZS.: A települések vízgazdálkodási helyzetének hatása a belvízkárral szembeni érzékenységre. *Hadmérnök,* 13 3 (2018), 274-289. ISSN 1788-1919

PRIVÁCZKINÉ HAJDU ZS.: A víz nem ismer határokat. Magyarország belvízi helyzete a határvízi egyezmények tükrében. *Hadtudományi szemle,* 12 3 (2019), 177-199. ISSN 2060-0437

PRIVÁCZKINÉ HAJDU ZS., MUHORAY Á.: A síkvidéki települések belvízzel és aszállyal szembeni rugalmas ellenálló képességének növelése. *Hadtudomány*, 30 digitális szám (2020), 31-54. ISSN 1588-0605

PRIVÁCZKINÉ HAJDU ZS., ENDRŐDI I., MUHORAY Á.: A belvíz elleni védelem új lehetőségei a korszerű polgári védelem rendszerével. *Védelem Tudomány*, 2 4 (2019), 183-210. ISSN 2498-6194

PRIVÁCZKINÉ HAJDU ZS.: A belvíz és aszály elleni védekezés kihívásai a kettősműködésű vízrendszerekben. *Polgári Védelmi Szemle,* 14 Különszám (2022), 89-104., ISSN 1788-2168

Hazai szakmai konferencia kiadványban megjelent, magyar nyelvű előadás

PRIVÁCZKINÉ HAJDU ZS. (2014)**:** Az Orosházi szivattyútelep üzemelésének elemzése mértékadó belvízi időszakokban, avagy a méretezési irányelvek felülvizsgálatának szükségessége. In. *A Magyar Hidrológiai Társaság XXXII. Országos Vándorgyűlés konferenciakötet.* Szeged: Magyar Hidrológiai Társaság, p 20, ISBN 978-963-8172-32-7

PRIVÁCZKINÉ HAJDU ZS. (2016): A Maros magyar vízgyűjtőjének vízgazdálkodási kérdései – felszíni vizek. *In A Magyar Hidrológiai Társaság XXXIV. Országos Vándorgyűlés dolgozatai.* Debrecen: Magyar Hidrológiai Társaság, 2016. p 9

PRIVÁCZKINÉ HAJDU ZS., KISS R., HORNYÁK S. (2018): Belvízvédekezés – települési vízgazdálkodás szempontjai a földárjával érintett területeken. In *A XXXVI. Országos Vándorgyűlés dolgozatai.* Gyula: Magyar Hidrológiai Társaság, p 15, ISBN 978-963-8172-39-6

PRIVÁCZKINÉ HAJDU ZS., VARGA D., BÍRÓ T., HUBAYNÉ HORVÁTH N. (2019): Tájhasználati változások hatása belvízvédelmi létesítményekre. In. *A XXXVII. Magyar Hidrológiai Társaság Országos Vándorgyűlés dolgozatai.* Pécs: Magyar Hidrológiai Társaság, p 20.

PRIVÁCZKINÉ HAJDU ZS. (2019): Síkvidéki települések vízgazdálkodási sajátosságai. In. BÍRÓ T.(szerk.), *II. Országos Csapadékvíz Konferencia tanulmánykötete.* Budapest: Ludovika Egyetemi Kiadó, 2021, 221-235

Konferencia magyar nyelvű kivonat

PRIVÁCZKINÉ HAJDU ZS.: Földárja jelenség a belvízvédelmi létesítményekre – hidrodinamikai modellezés a belvízkutatásban. Elhangzott: *Doktoranduszok a tudomány szolgálatában*. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2020. november 11. online konferencia.

https://kmdi.uni-nke.hu/aktualitasok/doktoranduszok-a-tudomany-szolgalataban-konferencia/2020

PRIVÁCZKINÉ HAJDU ZS. (2022): Belvíz és/vagy aszály elleni védekezés. In. Bodnár L.,HEIZLER GY. (szerk.), *Konferenciakiadvány a Nemzetközi Tudományos Konferencia a Katasztrófák Csökkentésének Világnapja alkalmából.* Budapest: Rádiós Segélyhívó és Infokommunikációs Országos Egyesület, 2022, 118-127.

http://vedelem.hu/hirek/0/3784-nemzetkozi-tudomanyos-konferencia-a-katasztrofak-csokkentesenek-vilagnapja-alkalmabol-%E2%80%93-konferenciakotet

1. számú melléklet: Rövidítések jegyzéke

ANBI	Associazione Nazionale Bonifiche Irrigazioni
ANIF	Agenția Națională de Îmbunătățiri Funciare
ÁSZ	Állami Számvevőszék
ATIVIZIG	Alsó-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság
BM OKF	Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság
CRED	Centre for Research on the Epidemiology of Disasters
EM-DAT	Emergency Events Database
FIR	Földmegfigyelési Információs Rendszer
FAPAR	Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation
EM-DAT	Emergency Events Database
ENSZ	Egyesült Nemzetek Szervezete
EU	Európai Unió
EUWMA	The European Union of Water Management Associations – Európai Unióbeli Vízgazdálkodási Társulatok Szövetsége
HVB	Helyi Védelmi Bizottság
ICPDR	International Commission for the Protection of the Danube River, Nemzetközi Duna-védelmi Bizottság
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IRDR	Integrated Research on Disaster Risk
kat	Katasztrófavédelmi törvény
KBB	Katasztrófavédelmi Koordinációs Tárcaközi Bizottság
KDMI	Katonai Műszaki Doktori Iskola
KJT	Kvassay Jenő Terv
KKB NVK	KKB Nemzeti Veszélyhelyzet-kezelési Központ
KvVM-BM	Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium - Belügyminisztérium
MVB	Megyei Védelmi Bizottság
NÉS	Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia
OMIT	Országos Műszaki Irányító Törzs
OMSZ	Országos Meteorológiai Szolgálat
OSAP	Országos Statisztikai Adatgyűjtési Program
OVF	Országos Vízügyi Főigazgatóság
VGT	Vízgyűjtő-gazdálkodási Terv
vgt	Vízgazdálkodási törvény
VIZIG	vízügyi igazgatóság
VKI	Víz Keretirányelv (Water Frame Directive)
WMA	Wesselényi Ár- és Belvízvédelmi Kártalanítási Alap

2. számú melléklet: Felhasznált jogszabályok jegyzéke

1807. évi XVII. törvénycikk. a magánosok költségén létesítendő vízművekről.

1871. évi XXXIX. törvénycikk és az 1871. évi XL. törvénycikk indokolása a vízszabályozás és gátrendőr tárgyában (és az azt módosító 1879: XXXIV. törvénycikk)

1921. évi XXXIII. törvénycikk az Északamerikai Egyesült Államokkal, a Brit Birodalommal, Franciaországgal, Olaszországgal és Japánnal, továbbá Belgiummal, Kínával, Kubával, Görögországgal, Nikaraguával, Panamával, Lengyelországgal, Portugáliával, Romániával, a Szerb–Horvát–Szlovén Állammal, Sziámmal és Cseh-Szlovákországgal 1920. évi június hó 4. napján a Trianonban kötött békeszerződés becikkelyezéséről

Az Európai Parlament és a Tanács 2000/60/EK irányelve (2000. október 23.) a vízpolitika terén a közösségi fellépés kereteinek meghatározásáról

Az Európai Parlament és a Tanács 2007. október 23-i 2007/60/EK irányelve az árvízkockázatok értékeléséről és kezeléséről.

Az Európai Parlament és a Tanács 2012/18/EU irányelve a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek veszélyének kezeléséről, valamint a 96/82/EK tanácsi irányelv módosításáról és későbbi hatályon kívül helyezéséről (SEVESO III. irányelv)

Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2019/420 határozata (2019. március 13) az uniós polgári védelmi mechanizmusról szóló 1313/2013/EU határozat módosításáról

Az Európai Parlament és a Tanács 1313/2013/EU határozata (2013. december 17.) az uniós polgári védelmi mechanizmusról

Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2019/420 határozata (2019. március 13.) az uniós polgári védelmi mechanizmusról szóló 1313/2013/EU határozat módosításáról

Magyarország Alaptörvénye (2011. április 25.)

1995. évi LVII. törvény a vízgazdálkodásról

1996. évi LIII. törvény a természet védelméről

1997. évi LXXVIII. törvény az épített környezet alakításáról és védelméről.

2003. évi LVIII. törvény a Wesselényi Miklós Ár- és Belvízvédelmi Kártalanítási Alapról (hatályon kívül)

2011. évi CXCVI. törvény a nemzeti vagyonról.

2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról

2011. évi CXIII. törvény a honvédelemről és a Magyar Honvédségről, valamint a különleges jogrendben bevezethető intézkedésekről

2018. évi CXXXIX. törvény Magyarország és egyes kiemelt térségeinek területrendezési tervéről.

2020. évi XXXI. törvény Egyes törvényeknek a polgárok biztonságát erősítő módosításáról.

1959. évi 32. törvényerejű rendelet a Magyar Népköztársaság és az Osztrák Köztársaság között a határvidék vízgazdálkodási kérdéseinek szabályozása tárgyában Bécsben az 1956. évi április hó 9. napján aláírt egyezmény kihirdetéséről

55/1978. (XII. 10.) MT rendelet a Magyar Népköztársaság Kormánya és a Csehszlovák Szocialista Köztársaság Kormánya között a határvizek vízgazdálkodási kérdéseinek szabályozásáról Budapesten, 1976. évi május hó 31-én aláírt Egyezmény kihirdetéséről

32/1964. (XII.13.) Korm. rendelet. a vízügyről szóló 1964. évi IV. törvény végrehajtásáról

127/1996. (VII. 25.) Korm. rendelet a Magyar Köztársaság Kormánya és a Horvát Köztársaság Kormánya között Pécsett, 1994. július 10-én aláírt, a vízgazdálkodási együttműködés kérdéseiről szóló egyezmény kihirdetéséről

232/1996. (XII. 26.) Korm. rendelet a vizek kártételei elleni védekezés szabályairól

72/1996. (V. 22.) Korm. rendelet a vízgazdálkodási hatósági jogkör gyakorlásáról

120/1999. (VIII. 6.) Korm. rendelet a vizek és a közcélú vízilétesítmények fenntartására vonatkozó feladatokról.

130/2000. (VII. 11.) Korm. rendelet a határokat átlépő vízfolyások és nemzetközi tavak védelmére és használatára vonatkozó, Helsinkiben, 1992. március 17-én aláírt Egyezmény kihirdetéséről

74/2000. (V. 31.) Korm. rendelet a Duna védelmére és fenntartható használatára irányuló együttműködésről szóló, 1994. június 29-én, Szófiában létrehozott Egyezmény kihirdetéséről

41/2001. (III. 14.) Korm. rendelet a Magyar Köztársaság Kormánya és a Szlovén Köztársaság Kormánya között a vízgazdálkodási kérdések tárgyában aláírt Egyezmény kihirdetéséről

25/2002. (II. 27.) Korm. Rendelet a Nemzeti Települési Szennyvízelvezetési és -tisztítási Megvalósítási Programról

196/2004. (VI. 21.) Korm. rendelet a Magyar Köztársaság Kormánya és Románia Kormánya között a határvizek védelme és fenntartható hasznosítása céljából folytatandó együttműködésről szóló Egyezmény kihirdetéséről

221/2004 (VII. 21.) Korm. rendelet a vízgyűjtő-gazdálkodás egyes szabályairól

178/2010. (V. 13.) Korm. rendelet a vizek többletéből eredő kockázattal érintett területek meghatározásáról, a veszély- és kockázati térképek, valamint a kockázatkezelési tervek készítéséről, tartalmáról.

234/2011. (XI. 10.) Korm. rendelet a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény végrehajtásáról

9/2011. (II. 15.) Korm. rendelet a vis maior támogatás felhasználásának részletes szabályairól

541/2013. (XII. 30.) Korm. rendelet a létfontosságú vízgazdálkodási rendszerelemek és vízilétesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről

223/2014. (IX. 4.) Korm. rendelet a vízügyi igazgatási és a vízügyi, valamint a vízvédelmi hatósági feladatokat ellátó szervek kijelöléséről.

83/2014. (III. 14.) Korm. rendelet a nagyvízi meder, a parti sáv, a vízjárta és a fakadó vizek által veszélyeztetett területek használatáról, hasznosításáról, valamint a folyók esetében a nagyvízi mederkezelési terv készítésének rendjére és tartalmára vonatkozó szabályokról.

97/2019. (IV. 30.) Korm. rendelet a Magyarország Kormánya és a Szerb Köztársaság Kormánya között a fenntartható vízgazdálkodás terén a határvizeken és a közös érdekű vízgyűjtőkön történő együttműködésről szóló egyezmény kihirdetéséről

1382/2013. (VI. 27.) Korm. határozat a vízgazdálkodási tanácsokról

1384/2014. (VII. 17.) Korm. határozat Magyarország nemzeti katasztrófakockázat-értékelési módszertanáról és annak eredményeiről szóló jelentésről

2/1997. (II. 18.) KHVM rendelet a mezőgazdasági vízszolgáltató művek üzemeltetéséről

18/2003. (XII. 9.) számú KvVM-BM együttes rendelet a települések ár- és belvíz veszélyeztetettségi alapon történő besorolásáról

62/2011. (XII. 29.) BM rendelet a katasztrófák elleni védekezés egyes szabályairól

61/2012. (XII. 11.) BM rendelet a települések katasztrófavédelmi besorolásáról, valamint a katasztrófák elleni védekezés egyes szabályairól szóló 62/2011. (XII. 29.) BM rendelet módosításáról

9/2019. (VI. 14.) MvM rendelet a területrendezési tervek készítésének és alkalmazásának kiegészítő szabályozásáról.

23/2018. (X. 31.) OGY határozat a 2018-2030 közötti időszakra vonatkozó, 2050-ig tartó időszakra kitekintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiáról

6/2022. (III.3.) BM utasítás, mely módosítja "A vízkárelhárítás országos irányításának szervezeti és működési szabályzatáról" szóló 7/2012. (II.10.) BM utasítást

3. számú melléklet: Táblázatok és ábrák jegyzéke

TÁBLÁZATOK

1. táblázat. A természeti katasztrófák előfordulása 1950-2016. időszakban katasztrófatípusonként ... 20

2. táblázat. Magyarország hatályos határvízi egyezményei ... 29

3. táblázat. Magyar közutak hossza 2007-2017 időszakban ... 88

4. táblázat. Belvízmentesítő főművek vízjogi engedélyes adatai ... 109

5. táblázat. Vízmérleg eredmények V0 állapotban a 2010., a 2011. és a 2010-2011. időszak összehasonlítása ... 131

6. táblázat. A csatornaszelvényekben kialakuló talajvízáramlás trendvonalak képlete ... 143

7. táblázat. Vízföldtani naplóval rendelkező kutak listáj a mintaterületen ... 187

8. táblázat. Felhasznált talajvízfigyelő kutak adatai ... 190

9. táblázat. A 60 m fölött szűrőzött, a modellbe beépített víztermelő kutak listája ... 192

10. táblázat. Települési ivóvíz és szennyvíz adatok 2010-2011. időszakra ... 193

11. táblázat. V0-V1 szcenáriók vízmérleg eredményeinek elemzése 2010-2011 ... 198

12. táblázat. V0-V2 szcenáriók vízmérleg eredményeinek elemzése 2010-2011 ... 199

13. táblázat. V0-V3 szcenáriók vízmérleg eredményeinek elemzése 2010-2011 ... 200

14. táblázat. V0-V4 szcenáriók vízmérleg eredményeinek elemzése 2010-2011 ... 201

15. táblázat. V0-V5 szcenáriók vízmérleg eredményeinek elemzése 2010-2011. ... 202

16. táblázat. V0-V6 szcenáriók vízmérleg eredményeinek elemzése 2010-2011. ... 203

17. táblázat. V1-V6 szcenáriók hatására kialakuló vízállások elemzése 2010-2011. ... 213

18. táblázat. Vízhozam eredmények értékelése a szcenáriók futtatása alapján ... 220

19. táblázat. MÓDSZERTAN a belvízrendszerek felülvizsgálatára ... 222

20. táblázat. Kohéziós táblázat ... 230

ÁBRÁK

1. ábra. A Duna-vízgyűjtő országai áttekintő helyszínrajza ... 25

2. ábra. Magyarország vízrendszere és a szomszédos országok ... 28

3. ábra. A Torontáli térség megváltozott vízelvezetési iránya: a terepesés ellentétes a csatornák belvízmentesítést biztosító fenékesésével ... 34

4. ábra. A Kárpát-medence vízborította területei a XVIII. század végén, a magyar vízszabályozási munkák megindítása és tervszerű végrehajtása előtt ... 41

5. ábra. Magyarország Pálfai-féle belvíz-veszélyeztetettségi térképe ... 42

6. ábra. Magyarország Komplex Természeti-alapú Belvíz-veszélyeztetettségi Valószínűségi térképe (KTBV) 43
7. ábra. Magyarország településeinek belvízi kockázati besorolása. 44
8. ábra. Magyarország aszálygyakorisági térképe az aszályos évek előfordulásának gyakorisága alapján 1931-2015 között 45
9. ábra. Magyarország belvízvédelmi szakaszai f 55
10. ábra. A belvízcsatornák hossza (km) és a belvízi elöntések (ha) alakulása az 1940-2002 időszakban 58
11. ábra. A vízügyi igazgatóságok kezelésében lévő belvízi létesítmények az 1999, a 2000-2014 és a 2014. utáni időszakokban 60
12. ábra. Az elrendelt belvízi fokozatok éven belüli előfordulása 1958-2019. időszakban az ATIVIZIG működési területén 69
13. ábra. A hordalékkúpon kialakuló földárja jelenség folyamata 72
14. ábra. A felszivárgó típusú belvíz képződése nyílt talajvíztükör esetén 73
15. ábra. Az 1979-es talajvízfeltörések a Maros Hordalékkúpján 74
16. ábra. Települési szennyvíztisztító telepek által kibocsátott éves szennyvízmennyiség befogadó kategóriák alapján az ATIVIZIG működési területén 84
17. ábra. Belvizes elöntések az M5 autópálya mentén 2010-ben készítette a szerző 89
18. ábra. Kettősműködésű vízrendszerek működési sémája a vízforgalom iránya alapján 90
19. ábra. Osztott paraméterű, háromdimenziós modell elvi felépítése 103
20. ábra. Az Orosházi szivattyútelep vízgyűjtő területe - mintaterület helyszínrajz 105
21. ábra. Az Orosházi szivattyútelepen átemelt vízmennyiség és az éves csapadék 1983-2017 időszakban 107
22. ábra. Drének feldolgozása a modell számára 110
23. ábra. Lefolyásvonalak a vízgyűjtő domborzati modellben 111
24. ábra. Földtani viszonyok Orosháza térségében f 112
25. ábra. Orosháza térsége felszínalaktan 112
26. ábra. A "k" tényező sávos változása K-Ny-i irányban az Orosházi modellterületen 114
27. ábra. Orosházi mintaterület napi csapadék idősora 2010-2011 115
28. ábra. Orosházi mintaterület modellezéséhez felhasznált törzsállomás talajvízkutak 116
29. ábra. Talajvízállás szintvonalas térképe a Maros hordalékkúp Orosházi minta vízgyűjtőn 2011. május 05.-10. időszakban 117
30. ábra. Talajvízállás a törzs kutakban Orosháza térségében 2010-2011. 117

31. ábra. Az Orosházi mintaterületen a különböző területhasználatok megoszlása CORINE alapján 118
32. ábra. Potenciális evapotranspiráció 119
33. ábra. Orosházi mintaterület napi párolgás idősora 2010-2011 120
34. ábra. Kalibrálás - Pusztaföldvár 2313, Medgyesbodzás 2315, valamint az Orosháza 4543 monitoring kutakban mért és a modell számított talajvízállás 125
35. ábra. Vizsgálati helyek kijelölése a mintaterületen az Orosháza-Medgyesbodzási csatorna mentén. 127
36. ábra. Vízmérleg ábra séma MIKE SHE modell eredmények alapján 2010-2011. 129
37. ábra. Belvízrendszer működésének hatása a talajvízállásra 2010. dec. és 2011. máj. időszakban a Pusztaföldvár 2313, Medgyesbodzás 2315 és az Orosháza 4543 jelű törzskutakban: mért és számított adatok 134
38. ábra. Vízállások az Orosháza-Medgyesbodzás, a K-i övárok és a Szulalaposi-csatorna torkolati szelvényeiben és az Orosházi szivattyútelepen átemelt vízhozam idősora 2010-2011. 135
39. ábra. A csatornában kialakuló vízállás és a talajvízállás 100-200 m távolságban a MIKE modell eredmények alapján az Orosháza-Medgyesbodzási-csatorna 0+338 km szelvényében 2010-2011. 137
40. ábra. Az Orosháza-Medgyesbodzási-csatorna 0+338 km vizsgálati szelvényben kialakuló vízállás és a környező talajvízállás, a csatornába ki és belépő vízhozam 2010-2011..... 139
41. ábra. Vízszintkülönbség és vízforgalom kapcsolata az Orosháza-Medgyesbodzási csatorna felső szakaszán- drénezett területek hatása 142
42. ábra. Vízszintkülönbség és vízforgalom kapcsolata az Orosháza-Medgyesbodzási csatorna alsó szakaszán 143
43. ábra. Trendvonalak az Orosháza-Medgyesbodzási-csatorna alsó szakaszán a vízszintkülönbség és talajvízáramlás meghatározására 144
44. ábra. V1-V6 szcenáriók hatására kialakuló vízszint MIKE SHE számítás ereménye az Orosháza- Medgyesbodzási csatorna 0+380 km szelvényében készítette a szerző 145
45. ábra. D 7+815 km szelvényben kialakuló vízhozamok V0-V1 szcenáriók 2010-2011. MIKE SHE eredmény alapján 147
46. ábra. Vízföldtani adatokkal rendelkező kutak a vízgyűjtő területen és környékén 187
47. ábra. Felhasznált kútadatok - talajtani adatok feldolgozása (részlet) 188
48. ábra. K-195 kút vízföldtani napló részlet 188
49. ábra. PF vizsgálati görbe mért adatai Nagybánhegyes mintavételi pontban 189

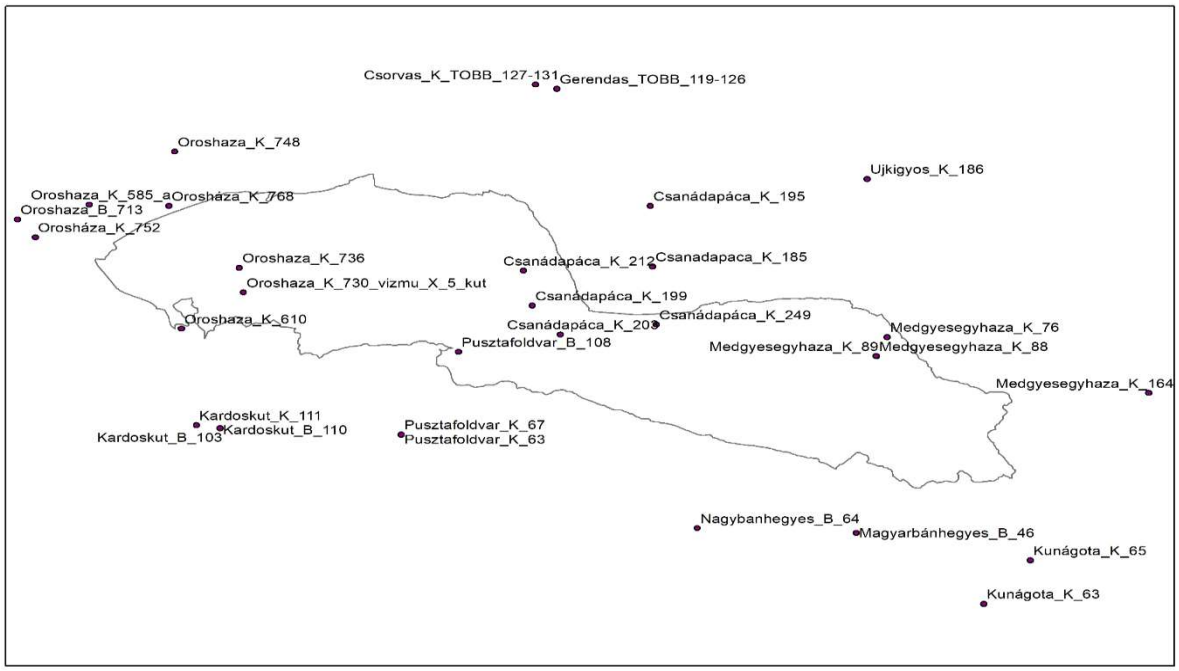
50. ábra. PF vizsgálati görbe mért adatai Battonya mintavételi pontban 189
51. ábra: Alkalmazott gyökérzetmélység különböző területhasználatok esetében 191
52. ábra: Alkalmazott LAI értékek különböző területhasználatok esetében 191
53. ábra. Orosházi vízgyűjtőterület - beazonosított vízkivételek a vízgyűjtő területen 192
54. ábra: V0 szcenárió helyszínrajz..... 194
55. ábra. V1 szcenárió (drének nélkül) helyszínrajz 194
56. ábra. V2 szcenárió (nagyobb beépített terület települések) helyszínrajz 195
57. ábra. V3 (tisztított szennyvíz bevezetések) szcenárió helyszínrajz..... 195
58. ábra. V4 szcenárió (termálvíz bevezetés) helyszínrajz 196
59. ábra. V5 szcenárió (erdő növekmény) helyszínrajz 196
60. ábra. A: 0+338 km vizsgálati szelvényben kialakuló vízállás és a talajvízállás, a csatornaszelvényben ki- és belépő vízhozam 2010-2011. 204
61. ábra. B: 2+100 km vizsgálati szelvényben kialakuló vízállás és a talajvízállás, a csatornaszelvényben ki- és belépő vízhozam 2010-2011. 204
62. ábra. C: 4+135 km vizsgálati szelvényben kialakuló vízállás és a talajvízállás, a csatornaszelvényben ki- és belépő vízhozam 2010-2011. 205
63. ábra. D: 7+860 km vizsgálati szelvényben kialakuló vízállás és a talajvízállás, a csatornaszelvényben ki- és belépő vízhozam 2010-2011. 205
64. ábra. E: 9+920 km vizsgálati szelvényben kialakuló vízállás és a talajvízállás, a csatornaszelvényben ki- és belépő vízhozam 2010-2011. 206
65. ábra. F: 14+618 km vizsgálati szelvényben kialakuló vízállás és a talajvízállás, a csatornaszelvényben ki- és belépő vízhozam 2010-2011. 206
66. ábra. G: 21+317 km vizsgálati szelvényben kialakuló vízállás és a talajvízállás, a csatornaszelvényben ki- és belépő vízhozam 2010-2011. 207
67. ábra. H: 22+835 km vizsgálati szelvényben kialakuló vízállás és a talajvízállás, a csatornaszelvényben ki- és belépő vízhozam 2010-2011. 207
68. ábra. A 26+945 km vizsgálati szelvényben kialakuló vízállás és a talajvízállás, a csatornaszelvényben ki- és belépő vízhozam 2010-2011. 208
69. ábra. 2+100 km szelvényben kialakuló vízszintek a szcenáriók hatására 2010-2011. 209
70. ábra. 4+135 km szelvényben kialakuló vízszintek a szcenáriók hatására 2010-2011. 209
71. ábra. 7+860 km szelvényben kialakuló vízszintek a szcenáriók hatására 2010-2011. 210
72. ábra. 9+920 km szelvényben kialakuló vízszintek a szcenáriók hatására 2010-2011. 210
73. ábra. 14+618 km szelvényben kialakuló vízszintek a szcenáriók hatására 2010-2011. .. 211
74. ábra. 21+317 km szelvényben kialakuló vízszintek a szcenáriók hatására 2010-2011. .. 211

75. ábra. 22+835 km szelvényben kialakuló vízszintek a szcenáriók hatására 2010-2011. .. 212
76. ábra. 0+338 km szelvényben kialakuló vízhozam idősora MIKE program alapján 2010-2011. 214
77. ábra. 0+386 km szelvényben kialakuló vízhozamok a szcenáriók hatására 2010-2011. . 215
78. ábra. 2+061 km szelvényben kialakuló vízhozamok a szcenáriók hatására 2010-2011. . 215
79. ábra. 4+071 km szelvényben kialakuló vízhozamok a szcenáriók hatására 2010-2011. . 216
80. ábra. 7+815 km szelvényben kialakuló vízhozamok a szcenáriók hatására 2010-2011. . 216
81. ábra. 9+848 km szelvényben kialakuló vízhozamok a szcenáriók hatására 2010-2011. . 217
82. ábra. 14+610 km szelvényben kialakuló vízhozamok a szcenáriók hatására 2010-2011. 217
83. ábra. 21+268 km szelvényben kialakuló vízhozamok a szcenáriók hatására 2010-2011. 218
84. ábra. 22+822 km szelvényben kialakuló vízhozamok a szcenáriók hatására 2010-2011. 218
85. ábra. 22+835 km szelvényben kialakuló vízhozamok a szcenáriók hatására 2010-2011. 219

4. számú melléklet: Az Orosházi mintaterület modellhez felhasznált adatok

Fúrásszelvények – talajtani adatok (4.5.4. Talajtani adatok fejezethez)

A modell felépítése során az ATIVIZIG adatbázisából a mintaterületen fellelt kutak fúrásszelvényeit dolgoztam fel. A kutak térbeli elhelyezkedését a 46. ábra mutatja be.



46. ábra. Vízföldtani adatokkal rendelkező kutak a vízgyűjtő területen és környékén *(szerkesztette a szerző, forrás: ATIVIZIG)* [142]

7. táblázat. Vízföldtani naplóval rendelkező kutak listáj a mintaterületen *(forrás: ATIVIZIG)*

Név	EOV_Y	EOV_X		Név	EOV_Y	EOV_X
Csanádapáca_K_195	790862	138271		Medgyesegyhaza_K_88	798104	132315
Csanádapáca_K_199	787077	134316		Medgyesegyhaza_K_89	798124	132308
Csanádapáca_K_203	787964	133170		Nagybanhegyes_B_64	792368	125493
Csanádapáca_K_212	786789	135700		Oroshaza_K_752	771125	137025
Csanádapáca_K_249	791046	133566		Orosháza_K_768	775408	138271
Csanadapaca_K_185	790926	135865		Oroshaza_B_713	770553	137735
Csorvas_K_TOBB_127-131	787170	143075		Oroshaza_K_585_a	772850	138320
Gerendas_TOBB_119-126	787853	142907		Oroshaza_K_610	775816	133397
Kardoskut_B_103	777052	129461		Oroshaza_K_730_vizmu_X_	777802	134839
Kardoskut_B_110	777053	129461		Oroshaza_K_736	777673	135817
Kardoskut_K_111	776298	129576		Oroshaza_K_748	775600	140420
Kunágota_K_63	801552	122498		Pusztafoldvar_B_108	784707	132482
Kunágota_K_65	803050	124220		Pusztafoldvar_K_63	782867	129207
Magyarbánhegyes_B_46	797467	125307		Pusztafoldvar_K_67	782867	129207
Medgyesegyhaza_K_164	806851	130851		Ujkigyos_K_186	797810	139341
Medgyesegyhaza_K_76	798459	133074				

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
ssz	varos	jel	id	x	y	z	z1	z2	z_r_1	z_r_2	retegs	
1	Csanádapáca	K-185	Csanadapaca_K_185	135865,4	790926,2	94,5	94,5	94	0	0,5	feltalaj, humuszos, gyengén homokos	Holocén
2	Csanádapáca	K-185	Csanadapaca_K_185	135865,4	790926,2	94,5	94	89	0,5	5,5	agyagos homok	Pleisztocén
3	Csanádapáca	K-185	Csanadapaca_K_185	135865,4	790926,2	94,5	89	53	5,5	41,5	aleuritos agyag	Pleisztocén
4	Csanádapáca	K-185	Csanadapaca_K_185	135865,4	790926,2	94,5	53	46,7	41,5	47,8	kavicsos homok	Pleisztocén
5	Csanádapáca	K-185	Csanadapaca_K_185	135865,4	790926,2	94,5	46,7	34,9	47,8	59,6	aleuritos agyag	Pleisztocén
6	Csanádapáca	K-185	Csanadapaca_K_185	135865,4	790926,2	94,5	34,9	31	59,6	63,5	homok	Pleisztocén
7	Csanádapáca	K-185	Csanadapaca_K_185	135865,4	790926,2	94,5	31	23,1	63,5	71,4	aleuritos agyag	Pleisztocén
8	Csanádapáca	K-185	Csanadapaca_K_185	135865,4	790926,2	94,5	23,1	6,5	71,4	88	homok	Pleisztocén
9	Csanádapáca	K-185	Csanadapaca_K_185	135865,4	790926,2	94,5	6,5	-1	88	95,5	aleuritos agyag	Pleisztocén
10	Csanádapáca	K-185	Csanadapaca_K_185	135865,4	790926,2	94,5	-1	-5	95,5	99,5	homok	Pleisztocén
11	Csanádapáca	K-185	Csanadapaca_K_185	135865,4	790926,2	94,5	-5	-11	99,5	105,5	aleuritos agyag	Pleisztocén
12	Csanádapáca	K-185	Csanadapaca_K_185	135865,4	790926,2	94,5	-11	-13,5	105,5	108	homok	Pleisztocén
13	Csanádapáca	K-185	Csanadapaca_K_185	135865,4	790926,2	94,5	-13,5	-19	108	113,5	aleuritos agyag	Pleisztocén
14	Csanádapáca	K-185	Csanadapaca_K_185	135865,4	790926,2	94,5	-19	-20,9	113,5	115,4	homok	Pleisztocén
15	Csanádapáca	K-185	Csanadapaca_K_185	135865,4	790926,2	94,5	-20,9	-24,5	115,4	119	homokos agyag	Pleisztocén
16	Csanádapáca	K-185	Csanadapaca_K_185	135865,4	790926,2	94,5	-24,5	-30	119	124,5	homok középszemcsés	Pleisztocén
17	Csanádapáca	K-185	Csanadapaca_K_185	135865,4	790926,2	94,5	-30	-55,5	124,5	150	homokos agyag	Pleisztocén
18	Csorvás	K-127	Csorvas_K_127	143075,0	787170,0	92,5	92,5	91,5	0,0	1,0	feltalaj	Holocén
19	Csorvás	K-127	Csorvas_K_128	143075,0	787170,0	92,5	91,5	89,7	1,0	2,8	homokos agyag	Pleisztocén
20	Csorvás	K-127	Csorvas_K_129	143075,0	787170,0	92,5	89,7	75,5	2,8	17,0	homok	Pleisztocén
21	Csorvás	K-127	Csorvas_K_130	143075,0	787170,0	92,5	75,5	72,5	17,0	20,0	homok	Pleisztocén
22	Csorvás	K-127	Csorvas_K_131	143075,0	787170,0	92,5	72,5	67,5	20,0	25,0	agyagos homok	Pleisztocén
23	Gerendás	K-119	Gerendas_119	142907,04	787852,81	92,75	92,8	91,8	0,0	1,0	feltalaj	Holocén
24	Gerendás	K-119	Gerendas_120	142907,04	787852,81	92,75	91,8	89,1	1,0	3,7	agyagos kőzetliszt	Pleisztocén
25	Gerendás	K-119	Gerendas_121	142907,04	787852,81	92,75	89,1	76,3	3,7	16,5	homok, finom-apró-középszemcsés	Pleisztocén
26	Gerendás	K-119	Gerendas_122	142907,04	787852,81	92,75	76,3	64,2	16,5	28,6	agyag	Pleisztocén
27	Gerendás	K-119	Gerendas_123	142907,04	787852,81	92,75	64,2	59,7	28,6	33,1	homok, finom-apró-középszemcsés	Pleisztocén
28	Gerendás	K-119	Gerendas_124	142907,04	787852,81	92,75	59,7	58,3	33,1	34,5	agyagos homok	Pleisztocén
29	Gerendás	K-119	Gerendas_125	142907,04	787852,81	92,75	58,3	57,0	34,5	35,8	homok, finom-apró-középszemcsés	Pleisztocén
30	Gerendás	K-119	Gerendas_126	142907,04	787852,81	92,75	57,0	52,8	35,8	40,0	agyag	Pleisztocén
31	Kardoskút	B-103	Kardoskut_B_103	129461	777052	91,051	91,1	90,4	0,0	0,7	feltalaj	Holocén
32	Kardoskút	B-103	Kardoskut_B_103	129461	777052	91,051	90,4	88,1	0,7	3,0	iszapos agyag	Pleisztocén
33	Kardoskút	B-103	Kardoskut_B_103	129461	777052	91,051	88,1	81,1	3,0	10,0	homok	Pleisztocén
34	Kardoskút	B-103	Kardoskut_B_103	129461	777052	91,051	81,1	68,1	10,0	23,0	homok	Pleisztocén
35	Kardoskút	B-103	Kardoskut_B_103	129461	777052	91,051	68,1	65,1	23,0	26,0	homok	Pleisztocén

47. ábra. Felhasznált kútadatok - talajtani adatok feldolgozása - részlet
(szerkesztette a szerző, forrás: ATIVIZIG)

Kútkataszteri sorszám K - 195

VÍZFÖLDTANI NAPLÓ

CSANÁDAPÁCA

Orosházi Kistérségi Vízmű
K-II terület, T-1/1 jelű kút

Rétegszelvény:

Sorszám	Réteghelység m-től	m-ig	Réteg részletes leírása
1.	0,0	1,0	Feltalaj Sötétbarna, meszes, agyagos, apróhomokos, kevés apró recens növényi szállal.
2.	1,0	8,5	Homokos agyag Világosbarna, meszes, agyagos, apróhomokos, apró sárgásfehér mészkonkrécióval.
3.	8,5	26,5	Agyag, homokos agyag és agyagos homok váltakozá Szürkésbarna, meszes, agyagos, apróhomokos anyag kevés apró Mollusca-héjtöredékkel.
4.	26,5	29,5	Homok Karotázs alapján.
5.	29,5	35,3	Agyag és homokos agyag váltakozása Szürkésbarna, agyagos, meszes, kőzetlisztes, apróhomokos anyag, apró sárgásfehér mészkonkrécióval és kevés apró Mollusca-héjtöredékkel.
6.	35,3	40,0	Homok Karotázs alapján. 37,5 m-ben agyagréteg.
7.	40,0	46,4	Agyag és homokos agyag váltakozása Szürkésbarna, agyagos, meszes, kőzetlisztes, apróhomokos anyag, apró sárgásfehér mészkonkrécióval és kevés apró Mollusca-héjtöredékkel.

48. ábra. K-195 kút vízföldtani napló részlet *(forrás: ATIVIZIG)*

A felszínközeli talaj vízgazdálkodási tulajdonságai

A felszínközeli talajréteg vízgazdálkodási tulajdonságait az ATIVIZIG részére átadott, Élelmiszerlánc-biztonsági Centrum Nonprofit Kft. mért adatai alapján építettem be a modellbe.

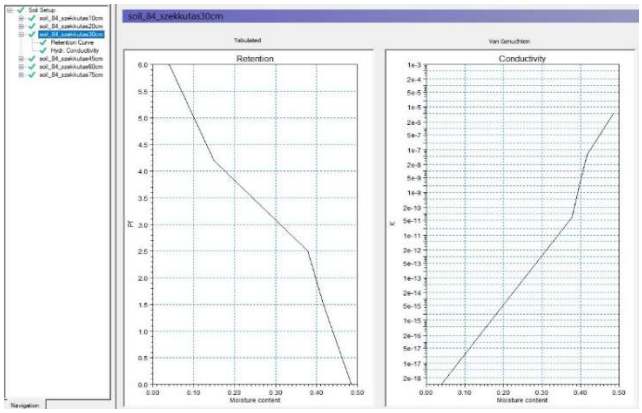
pF vizsgálati eredmények

Megrendelő: OSL Hungary Kft.

Származási hely: Nagybánhegyes

Laborsorszám: 483/2018

Minta azon.	36-NBH/10	36-NHB/20	36-NHB/30	36-NHB/45	36-NHB/60	36-NHB/75
Patronok száma	3	10	1903	1095	852	1780
Térfogattömeg kg/dm3	1,33	1,54	1,52	1,53	1,31	1,31
pF 0 V/V %	55,6	45,3	47,4	45,4	50,5	52,2
pF 1,5 V/V %	45,1	39,9	40,2	38,9	41,2	41,0
pF 2,0 V/V %	38,7	37,1	36,6	36,6	35,9	36,4
pF 2,5 V/V %	34,1	34,3	33,7	34,4	32,1	32,3
pF 4,2 V/V %	13,9	14,2	14,5	15,0	15,9	15,9
pF 6,2 V/V %	2,94	2,83	2,91	3,16	2,70	2,62
Nedvesség %	15,6	24,2	21,7	29,9	26,1	25,9



49. ábra. PF vizsgálati görbe mért adatai Nagybánhegyes mintavételi pontban
(forrás: Élelmiszerlánc-biztonsági Centrum Nonprofit Kft.)

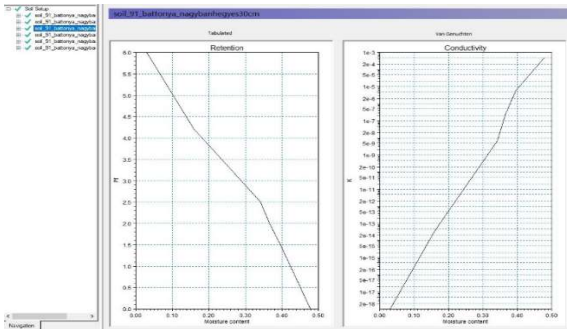
pF vizsgálati eredmények

Megrendelő: OSL Hungary Kft.

Származási hely: Battonya

Laborsorszám: 483/2018

Minta azon.	35-B/10	35-B/20	35-B/30	35-B/45	35-B/60	35-B/75
Patronok száma	23	24	344	902	463	1373
Térfogattömeg kg/dm3	1,22	1,24	1,38	1,51	1,40	1,45
pF 0 V/V %	59,1	56,6	48,3	46,7	49,7	46,9
pF 1,5 V/V %	38,5	36,6	38,9	41,4	42,8	41,9
pF 2,0 V/V %	34,1	33,1	36,5	40,3	40,6	40,2
pF 2,5 V/V %	30,9	30,8	34,7	39,1	38,3	38,5
pF 4,2 V/V %	16,2	15,6	17,4	18,2	18,6	17,1
pF 6,2 V/V %	3,23	3,24	3,19	2,82	2,70	2,47
Nedvesség %	16,8	22,5	30,5	35,6	33,4	38,4



50. ábra. PF vizsgálati görbe mért adatai Battonya mintavételi pontban
(forrás: Élelmiszerlánc-biztonsági Centrum Nonprofit Kft.)

Az Orosházi szivattyútelep vízgyűjtőterületen felhasznált talajvízfigyelő kutak, törzsállomások:

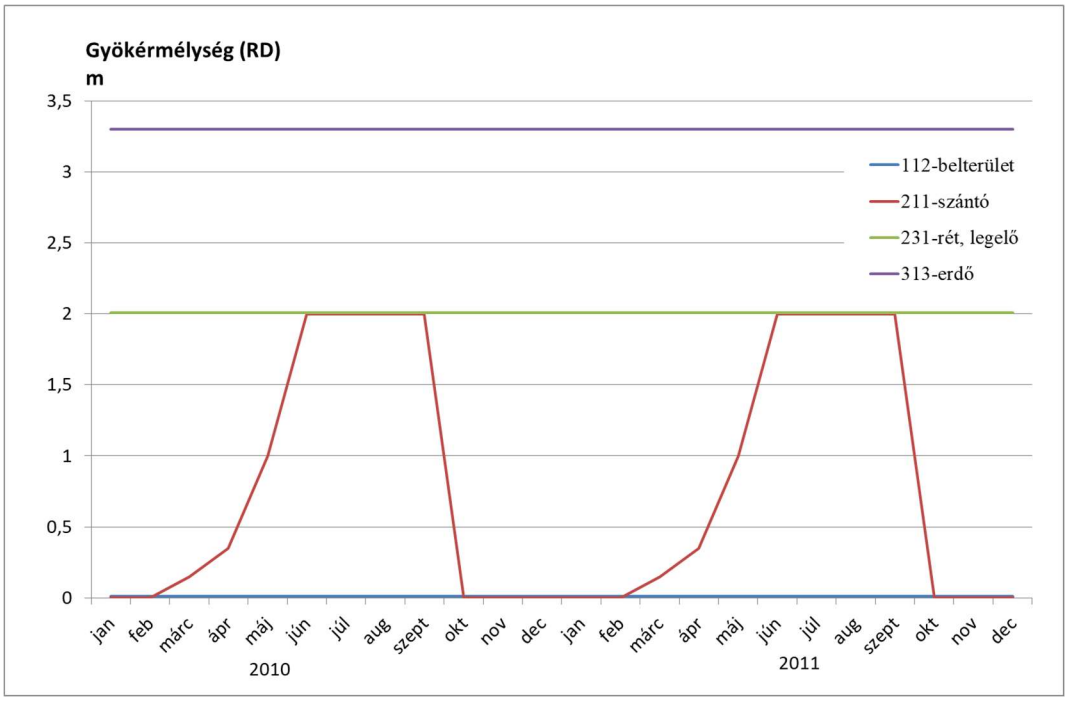
8. táblázat. Felhasznált talajvízfigyelő kutak adatai *(forrás: ATIVIZIG, KÖVIZIG)* [169]

Talajvizkút Törzsszám	EOVx	EOVy	Illetékes VIZIG
2300	137341,88	765747,95	ATIVIZIG
2312	140217,37	780108,6	ATIVIZIG
2313	133418,16	784904,92	ATIVIZIG
2314	134971,41	790935,01	ATIVIZIG
2315	132063,75	796817,92	ATIVIZIG
2328	127202,5	777644,06	ATIVIZIG
2331	125207,71	786478,09	ATIVIZIG
2333	130285	789430	ATIVIZIG
2336	120325,13	801448,85	ATIVIZIG
2338	130504,32	802796,74	ATIVIZIG
2427	133886,07	775024,86	ATIVIZIG, INTERPOLÁLT ADATOK 2011-től.
2808	144770	786530	KÖVIZIG
2811	140841,07	789163,9	KÖVIZIG
2816	139332,08	803048,68	KÖVIZIG
2827	126710	809570	KÖVIZIG
2829	139704,27	796578,17	KÖVIZIG
3504	138442,36	775697,05	ATIVIZIG
4033	133410,37	806504,28	KÖVIZIG
4189	143030,98	773847,38	ATIVIZIG
4543	135998,04	773626,73	ATIVIZIG

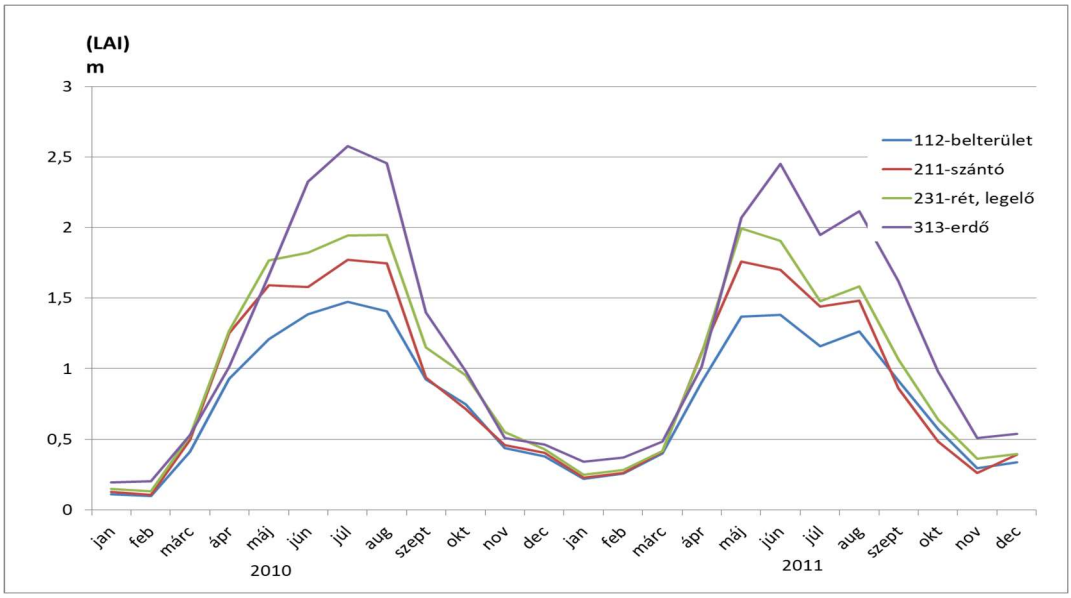
Területhasználati adatok, LAI és gyökérzetmélység beépítése a modellbe (4.5.8. fejezethez)

A LAI (levélzettel fedettség) DHI szakértői ajánlás alapján került beépítésre, szezonális változás figyelembevételével a különböző területhasználatokhoz rendelve.

A gyökérzet mélység szintén DHI szakértői ajánlás alapján, de hazai tapasztalatok alapján korrigálva került beépítésre a különböző területhasználatok esetében.



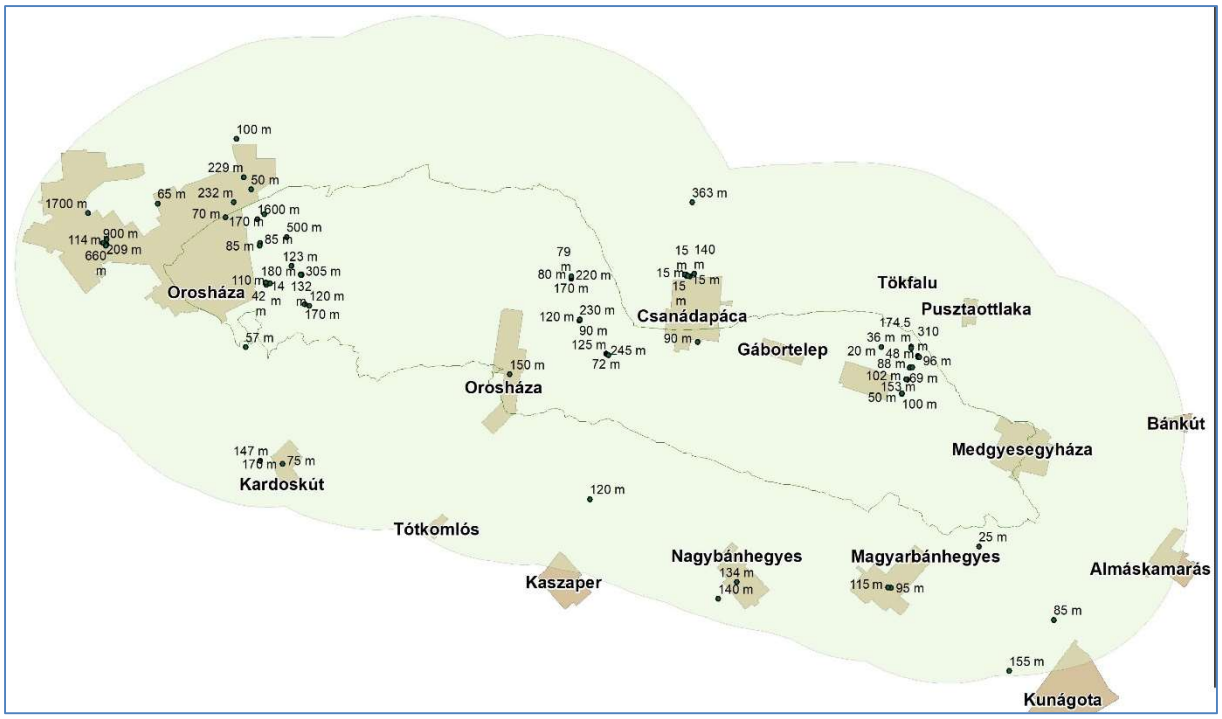
51. ábra: Alkalmazott gyökérzetmélység különböző területhasználatok esetében
(készítette a szerző, forrás: DHI)



52. ábra: Alkalmazott LAI értékek különböző területhasználatok esetében
(készítette a szerző, forrás: DHI modell)

Kutak és vízkivételek

A kutak és vízkivételi adatok a tárgyévekre vonatkozó Statisztikai Adatgyűjtési Program (OSAP) adatszolgáltatásra kötelezettek által megadott, illetve ATIVIZIG Felszín alatti vízmérleg adatok 2010-2011 adatai alapján épültek be a modellbe.



53. ábra. Orosházi vízgyűjtőterület - beazonosított vízkivételek a vízgyűjtő területen *(szerkesztette a szerző, forrás ATIVIZIG)* [169]

9. táblázat. A 60 m fölött szűrőzött, a modellbe beépített víztermelő kutak listája

Well locations: Other Well Data

	Well ID	X	Y		Level	Depth	Well Field
1	K-77	797240.16	133401.00		94.80	20.00	Undefined
2	K-78	796933.27	131572.91		93.44	20.00	Undefined
3	K-76	797239.83	133399.93		94.73	36.00	Undefined
4	K-210	788003.68	133148.59		93.06	42.00	Undefined
5	K-79	798516.55	133058.17		94.43	48.00	Undefined
6	K-202	787080.35	134330.28		91.75	46.00	Undefined
7	K-87	797936.87	131827.61		94.37	50.00	Undefined
8	K-217	786790.94	135745.39		92.23	48.00	Undefined

Felhasznált települési víziközmű adatok: ivóvíz és szennyvíz.

Statisztikai Adatgyűjtési Program (OSAP) keretében a jogszabály által, azaz a statisztikáról szóló 1993. évi XLVI. törvény végrehajtásáról szóló 170/1993. (XII. 3.) Korm. rendelet, az Országos Statisztikai Adatgyűjtési Program adatgyűjtéseiről és adatátvételeiről szóló 288/2009. (XII. 15.) Korm. rendelet alapján a víziközmű szakterületi adatgyűjtésekkel összefüggő központi feladatok ellátása kapcsán az igazgatóság rendelkezésére áll. A modellben a 2010-2011. évi adatok szerepelnek.

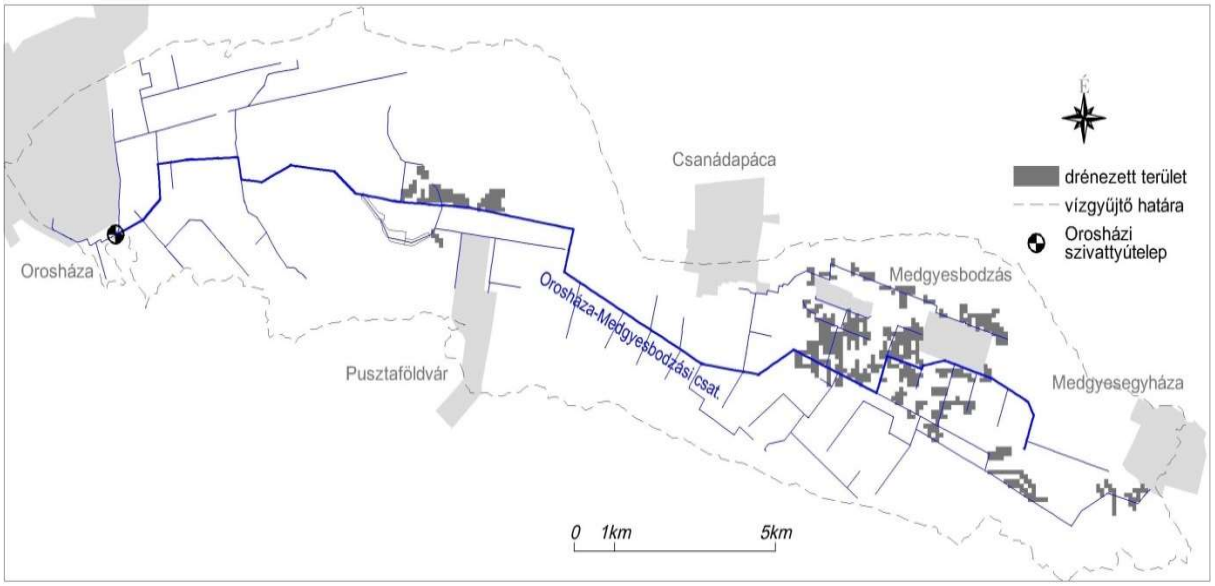
10. táblázat. Települési ivóvíz és szennyvíz adatok 2010-2011. időszakra

(készette a szerző, forrás: ATIVIZIG)

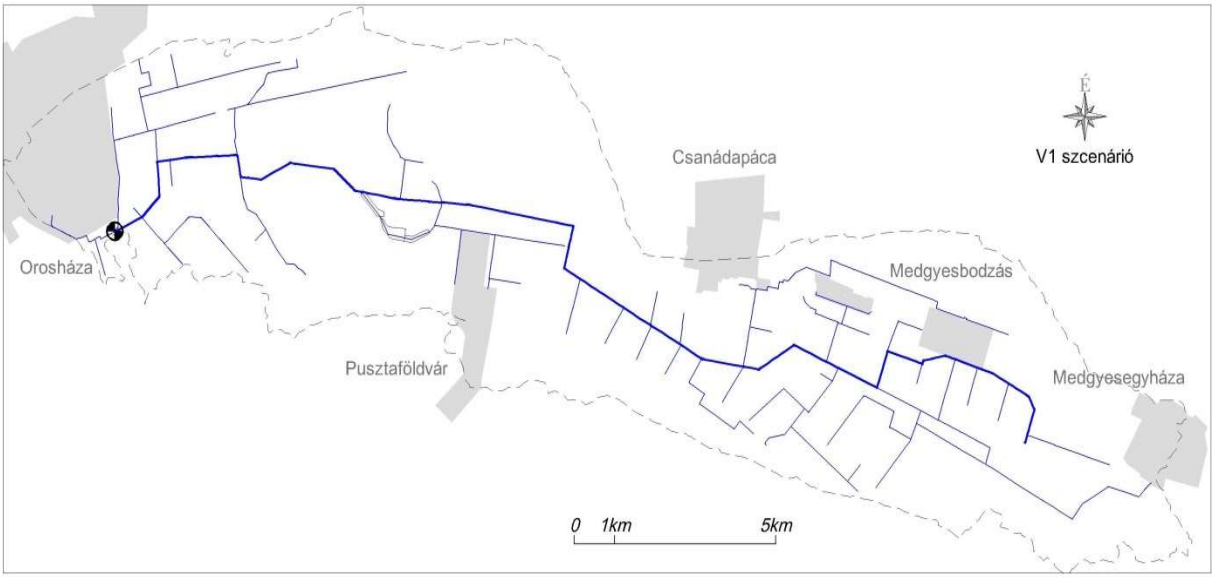
	2010						
		Víz			Szennyvíz		
	Lakásszám (KSH)	Település részére elosztásra átvett víz (ezer m3/év)	Ivóvízbekötés (db)	Bekötött lakás (%)	Településen csatornával összegyűjtött szennyvíz (ezer m3/év)	Bekötött lakás (db)	Bekötött lakás (%)
Orosháza	14080	1635,9	13311	94,5	2266,0	8842	62,8
Pusztaföldvár	851	53,1	551	64,7	0	0	0,0
Csanádapáca	1352	103,00	1352	100,0	0	0	0,0
Medgyesbodzás	586	47,5	573	97,8	0	0	0,0
Medgyesbodzás-Gábortelep	Medgyesbodzás településre vonatkozó adatok tartalmazzák a Medgyesbodzás-Gábortelep településrészre vonatkozó adatokat is.						
Medgyesegyháza	1827	141,0	1683	92,1	71,4	966	52,9

	2011						
		Víz			Szennyvíz		
	Lakásszám (KSH)	Település részére elosztásra átvett víz (ezer m3/év)	Ivóvízbekötés (db)	Bekötött lakás (%)	Településen csatornával összegyűjtött szennyvíz (ezer m3/év)	Bekötött lakás (db)	Bekötött lakás (%)
Orosháza	14080	1627,2	13290	94,4	2101,4	8971	63,7
Pusztaföldvár	861	63,3	552	64,1	0	0	0,0
Csanádapáca	1351	123,0	1351	100,0	0	0	0,0
Medgyesbodzás	586	48,5	563	96,1	0	0	0,0
Medgyesbodzás-Gábortelep	Medgyesbodzás településre vonatkozó adatok tartalmazzák a Medgyesbodzás-Gábortelep településrészre vonatkozó adatokat is.						
Medgyesegyháza	1828	144	1683	92,1	81,6	968	53,0

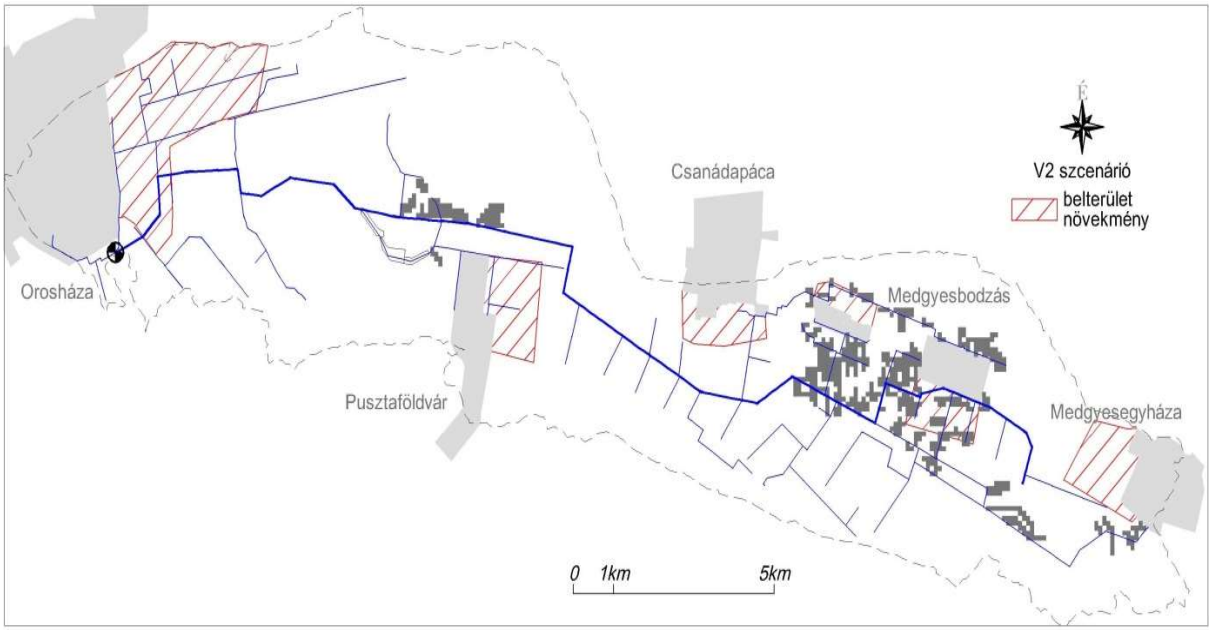
5. számú melléklet. Modellezés eredményeinek értékelése módszertan - Szcenáriók bemutatása



54. ábra: V0 szcenárió helyszínrajz
(készítette a szerző)

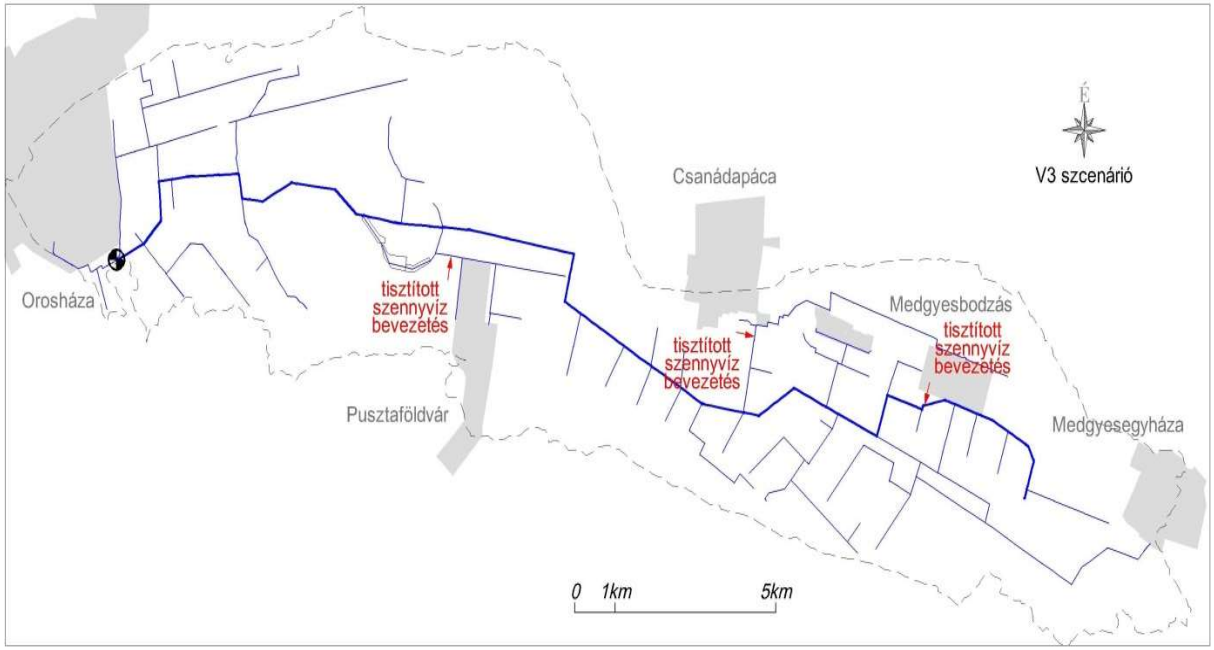


55. ábra. V1 szcenárió (drének nélkül) helyszínrajz
(készítette a szerző)



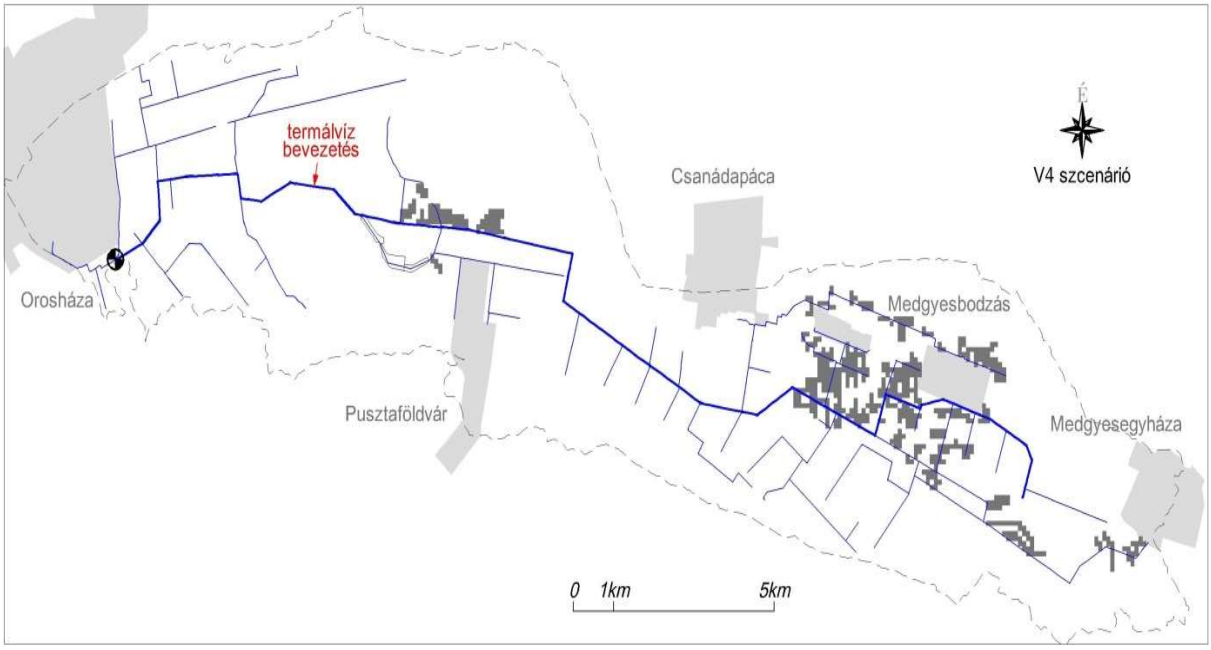
56. ábra. V2 szcenárió (nagyobb beépített terület települések) helyszínrajz

(készítette a szerző)



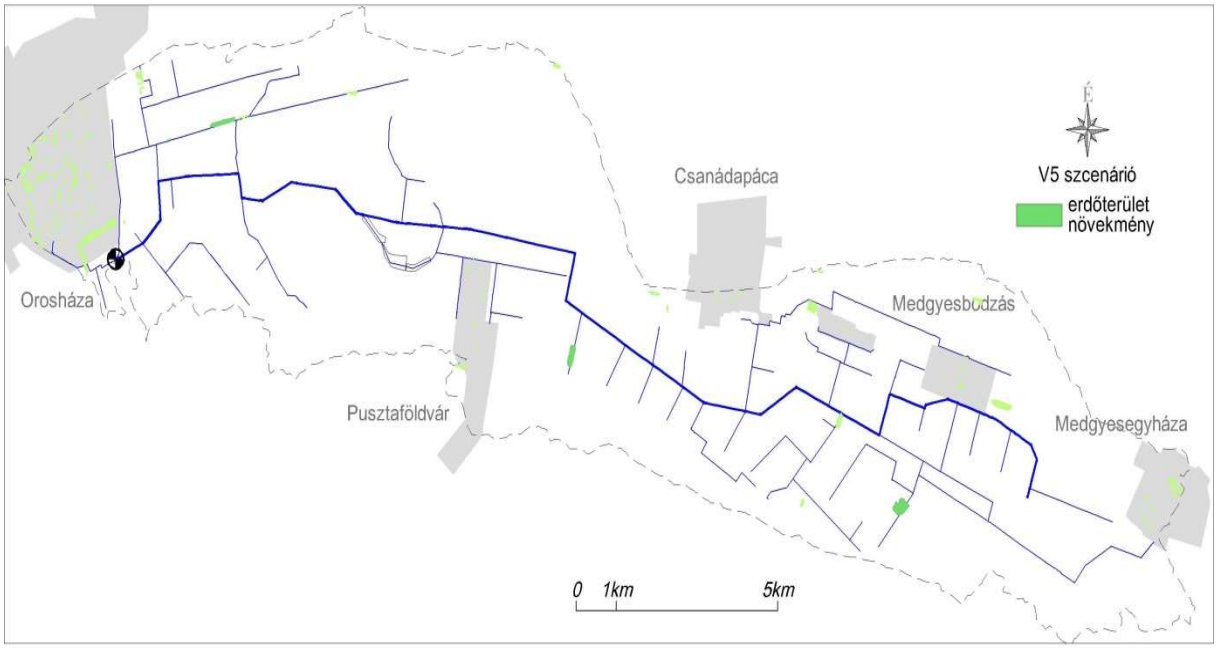
57. ábra. V3 (tisztított szennyvíz bevezetések) szcenárió helyszínrajz

(készítette a szerző)



58. ábra. V4 szcenárió (termálvíz bevezetés) helyszínrajz

(készítette a szerző)



59. ábra. V5 szcenárió (erdő növekmény) helyszínrajz

(készítette a szerző)

6. számú melléklet. A modellezés eredményeinek értékelése - vízmérleg eredmények értékelése

Az eredmények értékelése a *4.8.1 Vízmérleg adatok* értékelése fejezetben található, a jelen melléklet a szcenáriók elemzésére vonatkozó adatokat táblázatos formában tartalmazza.

11. táblázat. MIKE SHE eredmények V0-V1 szcenáriók összehasonlítása

12. táblázat. MIKE SHE eredmények V0-V2 szcenáriók összehasonlítása

13. táblázat. MIKE SHE eredmények V0-V3 szcenáriók összehasonlítása

14. táblázat. MIKE SHE eredmények V0-V4 szcenáriók összehasonlítása

15. táblázat. MIKE SHE eredmények V0-V5 szcenáriók összehasonlítása

16. táblázat. MIKE SHE eredmények V0-V6 szcenáriók összehasonlítása

11. táblázat. V0-V1 szcenáriók vízmérleg eredményeinek összehasonlító elemzése 2010-2011

Megnevezés	**V0 alapállapot**		**V1 (drének nélkül)**		**V1/V0 (2010-2011) hasonlít eltérés %-ban**		**Értékelés - Jelentősebb változások +/- 10%**
Adatok mm-ben	OhmbF_v00_ALAP	2010 1 1 0 0- 2011 12 31 0 0	OhmbF_v01_DrenekNelkul	2010 1 1 0 0- 2011 12 31 0 0			
Csapadék	1090,53	0,00	1090,54	0,00	**1,00**		
Evapotranspiráció	1494,34	0,00	1498,65	0,00	**1,00**		
Evaporáció - Intercepció (levélzeten felfogott víz)	76,24	0,00	82,22	0,00	**1,08**		
Evaporáció -Belvízi elöntésben tározott vízből	28,82	0,00	33,95	0,00	**1,18**		A drén nélküli állapotban nő a belvízi elöntésekből a párolgás.
Evapotráció talajból	751,50	0,00	747,82	0,00	**1,00**		
Transpiráció a gyökérzónából	618,99	0,00	612,95	0,00	**0,99**		
Evaporáció telített zónából	18,79	0,00	21,73	0,00	**1,16**		Telített zónából nő az evaporáció.
beszivárgás tározott vízből (belvízi elöntésből)	1003,48	0,00	994,53	0,00	**0,99**		A drén nélküli állapotban nő a belvízi elöntésekből a beszivárgás.
Hó tározási kapacitás változás	0,00	0,00	0,00	0,00			
Levélzeten tározott víz változása	0,00	0,00	0,00	0,00			
Tározott mennyiség változása	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,64**		A drének nélküli állapotban a tározott vízmennyiség-változása a felső talajrétegben lecsökken.
Tározott mennyiség változása a telítetlen zónában	-74,91	0,00	-71,08	0,00	**0,95**		
Tározott mennyiség változása a telített zónában	44,97	1,57	45,30	1,59	**1,01**	**1,01**	
Vízgyűjtőn ki-be áramló vizek	0,00	0,00	0,00	0,00			
Vízgyűjtőn ki-be áramló vizek	1,00	0,00	1,63	0,00	**1,64**		A drének nélküli állapotban a telítetlen zónában a vízgyűjtőterület határáról beáramló vízmennyiség jelentősen nő. - vízmérleg egyensúlyi állapota miatt számítási adat
Vízgyűjtőn ki-be áramló vizek	65,16	475,16	70,75	497,68	**1,09**	**1,05**	
Vízgyűjtőn ki-be áramló vizek	164,20	860,59	160,13	842,83	**0,98**	**0,98**	
csatornába vízátadás	3,54	0,00	1,33	0,00	**0,38**		A drének nélküli állapotban a csatornába a felső talajrétegből beérkező vízmennyiség harmadára csökken. Elhanyagolható mennyiség.
kiszivattyúzott vízmennyiség	2,42	21,93	2,44	21,91	**1,01**	**1,00**	
Réteg vízátadás	0,00	103,26	0,00	123,80	**1,20**	**1,20**	A drének nélküli állapotban nő a telítetlen zónából a telített zóna felé történő leáramlás, a feláramlás csökken..
Réteg vízátadás	0,00	465,19	0,00	445,46	**0,96**	**0,96**	
Infiltráció együtt az evaporációval	-289,59	0,00	-287,62	0,00	**0,99**		
Kipárolgás az evaporációval	26,18	0,00	34,67	0,00	**1,32**		Az evaporációval a kipárolgás 30%-al nő a telítetlen zónában.
elvezetés telített zóna/határ	0,00	0,00	0,00	0,00			
elvezetés telített zóna/határ	0,00	0,00	0,00	0,00			
csatornába befolyás	59,49	0,00	0,00	0,00	**!**		A drének nélküli állapotban megszűnik a telítettlen zónából a csatornába történő vízáramlás.
külső csatornába befolyás	0,00	0,00	0,00	0,00			
Alap befolyás a csatornába	103,18	0,00	112,57	0,00	**1,09**		Drének nélküli állapotban némileg nagyobb a csatornába ki és belépő víztömeg (mert a drének nem működnek).
Alap befolyás a csatornába	141,50	0,00	153,58	0,00	**1,09**		
öntözés	17,14	0,00	17,14	0,00	**1,00**		Tervezői beépített alapfeltétel

12. táblázat. V0-V2 szcenáriók vízmérleg eredményei - összehasonlító elemzése 2010-2011

Magyarázat	**V0**		**V2 (burkolt terület nő)**		**V2/V0 hasonlít**		**Értékelés - Jelentősebb változások +-10%**
Adatok mm-ben	**OhmbF_v00_ALAP**	**2010 1 1 0 0- 2011 12 31 0 0**	**OhmbF_v02_NagyobbTelepulesek**	2010 1 1 0 0- 2011 12 31 0 0			
Csapadék	**1090,53**	**0,00**	1090,55	0,00	**1,00**		
Evapotranspiráció	**1494,34**	**0,00**	1488,73	0,00	**1,00**		
Evaporáció -Intercepció (levélzeten felfogott víz)	**76,24**	**0,00**	83,62	0,00	**1,10**		
Evaporáció -Belvízi elöntésben tározott vízből	**28,82**	**0,00**	27,97	0,00	**0,97**		
Evapotráció talajból	**751,50**	**0,00**	747,38	0,00	**0,99**		
Transpiráció a gyökérzónából	**618,99**	**0,00**	612,85	0,00	**0,99**		
Evaporáció telített zónából	**18,79**	**0,00**	16,91	0,00	**0,90**		
beszivárgás tározott vízből (belvízi elöntésből)	**1003,48**	**0,00**	996,95	0,00	**0,99**		
Hó tározási kapacitás változás	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00			
Levélzeten tározott víz változása	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00			
Tározott mennyiség változása	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00	**0,85**		A burkolt felületnövekedés hatására a felső talajrétegben a tározott vízkészlet változása csökken.
Tározott mennyiség változása a telítetlen zónában	**-74,91**	**0,00**	-74,72	0,00	**1,00**		
Tározott mennyiség változása a telített zónában	**44,97**	**1,57**	45,05	1,58	**1,00**	**1,00**	
Vízgyűjtőn ki-be áramló vizek	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00			
Vízgyűjtőn ki-be áramló vizek	**1,00**	**0,00**	0,97	0,00	**0,98**		
Vízgyűjtőn ki-be áramló vizek	**65,16**	**475,16**	65,61	476,69	**1,01**	**1,00**	
Vízgyűjtőn ki-be áramló vizek	**164,20**	**860,59**	163,87	858,45	**1,00**	**1,00**	
csatornába vízátadás	**3,54**	**0,00**	3,58	0,00	**1,01**		
szivattyúzott vízmennyiség	**2,42**	**21,93**	2,42	21,93	**1,00**	**1,00**	
Réteg vízátadás	**0,00**	**103,26**	0,00	104,66	**1,01**		
Réteg vízátadás	**0,00**	**465,19**	0,00	462,91	**1,00**		
Infiltráció együtt az evaporációval	**-289,59**	**0,00**	-286,10	0,00	**0,99**		
Kipárolgás az evaporációval	**26,18**	**0,00**	24,29	0,00	**0,93**		
elvezetés telített zóna/határ	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00			
elvezetés telített zóna/határ	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00			
csatornába befolyás	**59,49**	**0,00**	59,84	0,00	**1,01**		
külső csatornába befolyás	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00			
Alap befolyás a csatornába	**103,18**	**0,00**	102,98	0,00	**1,00**		
Alap befolyás a csatornába	**141,50**	**0,00**	141,79	0,00	**1,00**		
öntözés	**17,14**	**0,00**	17,14	0,00	**1,00**		

13. táblázat. V0-V3 szcenáriók vízmérleg eredményeinek összehasonlító elemzése 2010-2011

Magyarázat	**V0**		**V3**		**V3/V0 hasonlít (3 település *1000 m^3/d szennyvíztisztító bevezetés) eltérés %-ban**		**Értékelés - Jelentősebb változások +- 10%**
Adatok mm-ben	OhmbF_v00_ALAP	2010 1 1 0 0- 2011 12 31 0 0	OhmbF_v03_3telepulesnelFIX betaplalas	2010 1 1 0 0- 2011 12 31 0 0			
Csapadék	1090,53	0,00	1090,56	0,00	**1,00**		
Evapotranspiráció	1494,34	0,00	1489,53	0,00	**1,00**		
Evaporáció -Intercepció (levélzeten felfogott víz)	76,24	0,00	84,64	0,00	**1,11**		A változás a vízmérleg-egyensúly miatt alakult ki.
Evaporáció -Belvízi elöntésben tározott vízből	28,82	0,00	25,28	0,00	**0,88**		A változás a vízmérleg-egyensúly miatt alakult ki.
Evapotráció talajból	751,50	0,00	749,98	0,00	**1,00**		
Transpiráció a gyökérzónából	618,99	0,00	612,43	0,00	**0,99**		
Evaporáció sz-ből (?)	18,79	0,00	17,20	0,00	**0,92**		
beszivárgás tározott vízből (belvízi elöntésből)	1003,48	0,00	998,67	0,00	**1,00**		
Hó tározási kapacitás változás	0,00	0,00	0,00	0,00			
Levélzeten tározott víz változása	0,00	0,00	0,00	0,00			
Tározott mennyiség változása	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,91**		
Tározott mennyiség változása a telítetlen zónában	-74,91	0,00	-74,27	0,00	**0,99**		
Tározott mennyiség változása a telített zónában	44,97	1,57	45,92	1,61	**1,02**	**1,02**	
Vízgyűjtőn ki-be áramló vizek	0,00	0,00	0,00	0,00			
Vízgyűjtőn ki-be áramló vizek	1,00	0,00	0,99	0,00	**1,00**		
Vízgyűjtőn ki-be áramló vizek	65,16	475,16	66,37	479,35	**1,02**	**1,01**	
Vízgyűjtőn ki-be áramló vizek	164,20	860,59	163,11	855,46	**0,99**	**0,99**	
csatornába vízátadás	3,54	0,00	3,57	0,00	**1,01**		
kiszivattyúzott vízmennyiség	2,42	21,93	2,42	21,93	**1,00**	**1,00**	
Réteg vízátadás	0,00	103,26	0,00	108,30		**1,05**	
Réteg vízátadás	0,00	465,19	0,00	460,87		**0,99**	
Infiltráció együtt az evaporációval	-289,59	0,00	-286,66	0,00	**0,99**		
Kipárolgás az evaporációval	26,18	0,00	24,86	0,00	**0,95**		
elvezetés telített zóna/határ	0,00	0,00	0,00	0,00			
elvezetés telített zóna/határ	0,00	0,00	0,00	0,00			
csatornába befolyás	59,49	0,00	60,89	0,00	**1,02**		
külső csatornába befolyás	0,00	0,00	0,00	0,00			
Alap befolyás a csatornába	103,18	0,00	111,48	0,00	**1,08**		
Alap befolyás a csatornába	141,50	0,00	140,04	0,00	**0,99**		
öntözés	17,14	0,00	17,14	0,00	**1,00**		

14. táblázat. V0-V4 szcenáriók vízmérleg eredményei - összehasonlító elemzése 2010-2011

Magyarázat	V0		V4 (termálvíz bebocsátás 250em^3)		V4/V0 hasonlít eltérés %-ban		Értékelés - Jelentősebb változások +-10%
Adatok mm-ben	OhmbF_v00_ALAP	2010 1 1 0 0- 2011 12 31 0 0	OhmbF_v04_Termalvizzel	2010 1 1 0 0- 2011 12 31 0 0			
Csapadék	1090,53	0,00	1090,55	0,00	**1,00**		
Evapotranspiráció	1494,34	0,00	1494,37	0,00	**1,00**		
Evaporáció -Intercepció (levélzeten felfogott víz)	76,24	0,00	70,03	0,00	**0,92**		
Evaporáció -Belvízi elöntésben tározott vízből	28,82	0,00	30,42	0,00	**1,06**		
Evapotráció talajból	751,50	0,00	753,34	0,00	**1,00**		
Transpiráció a gyökérzónából	618,99	0,00	621,75	0,00	**1,00**		
Evaporáció sz-ből (?)	18,79	0,00	18,83	0,00	**1,00**		
beszivárgás tározott vízből (belvízi elöntésből)	1003,48	0,00	1008,11	0,00	**1,00**		
Hó tározási kapacitás változás	0,00	0,00	0,00	0,00			
Levélzeten tározott víz változása	0,00	0,00	0,00	0,00			
Tározott mennyiség változása	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,70**		A termálvíz bevezetés hatására a vízmérlegben a felső talajrétegben a tározott vízkészlet változása csökkent.
Tározott mennyiség változása a telítetlen zónában	-74,91	0,00	-74,87	0,00	**1,00**		
Tározott mennyiség változása a telített zónában	44,97	1,57	45,29	1,58	**1,01**	**1,01**	
Vízgyűjtőn ki-be áramló vizek	0,00	0,00	0,00	0,00			
Vízgyűjtőn ki-be áramló vizek	1,00	0,00	0,98	0,00	**0,98**		
Vízgyűjtőn ki-be áramló vizek	65,16	475,16	65,28	475,27	**1,00**	**1,00**	
Vízgyűjtőn ki-be áramló vizek	164,20	860,59	164,10	860,10	**1,00**	**1,00**	
csatornába vízátadás	3,54	0,00	3,54	0,00	**1,00**		
kiszivattyúzott vízmennyiség	2,42	21,93	2,42	21,93	**1,00**	**1,00**	
Réteg vízátadás	0,00	103,26	0,00	104,06		**1,01**	
Réteg vízátadás	0,00	465,19	0,00	465,38		**1,00**	
Infiltráció együtt az evaporációval	-289,59	0,00	-289,60	0,00	**1,00**		
Kipárolgás az evaporációval	26,18	0,00	26,21	0,00	**1,00**		
elvezetés telített zóna/határ	0,00	0,00	0,00	0,00			
elvezetés telített zóna/határ	0,00	0,00	0,00	0,00			
csatornába befolyás	59,49	0,00	59,50	0,00	**1,00**		
külső csatornába befolyás	0,00	0,00	0,00	0,00			
Alap befolyás a csatornába	103,18	0,00	104,20	0,00	**1,01**		
Alap befolyás a csatornába	141,50	0,00	141,32	0,00	**1,00**		
öntözés	17,14	0,00	17,14	0,00	**1,00**		

15. táblázat. V0-V5 szcenáriók vízmérleg eredményei - összehasonlító elemzése 2010-2011.

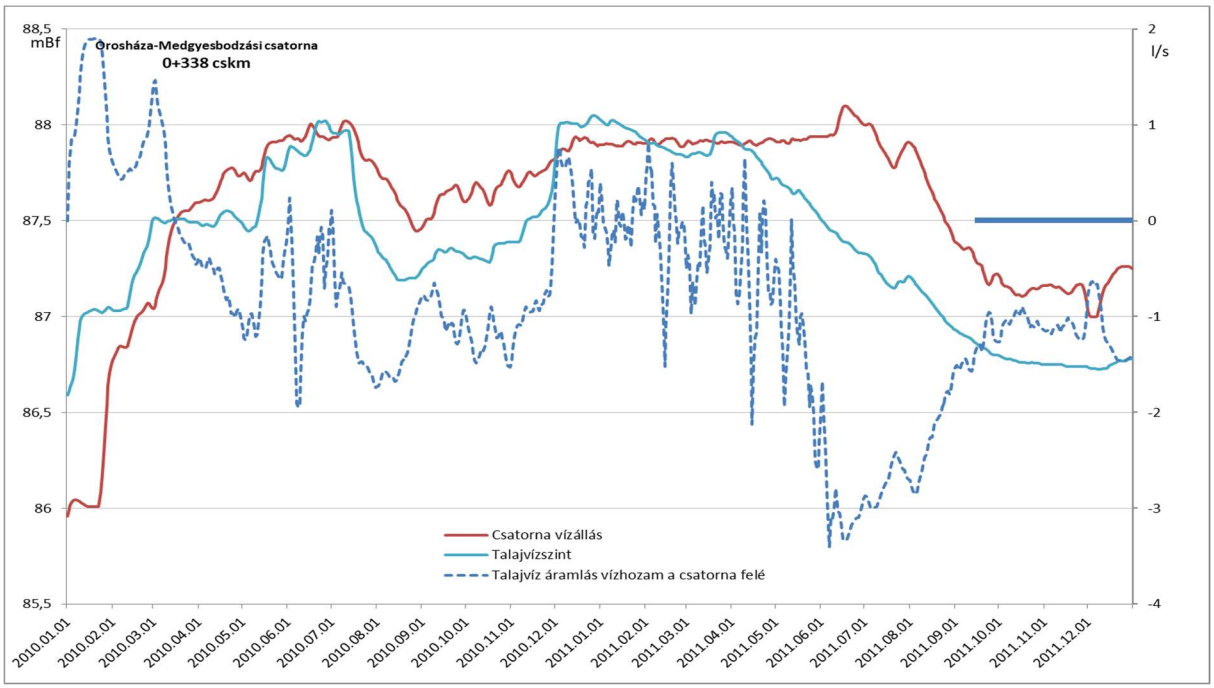
Magyarázat	V0		V5 (szántóföld 10 %-a erdő lett)		V5/V0 hasonlít összehasonlítás eltérés %		Értékelés - Jelentősebb változások +-10%
Adatok mm-ben	OhmbF_v00_ALAP	2010 1 1 0 0-2011 12 31 0 0	OhmbF_v05_Szantofold10%Erdo	2010 1 1 0 0-2011 12 31 0 0			
Csapadék	1090,53	0,00	1090,55	0,00	**1,00**		
Evapotranspiráció	1494,34	0,00	1556,65	0,00	**1,04**		
Evaporáció - Intercepció (levélzeten felfogott víz)	76,24	0,00	92,61	0,00	**1,21**		Az erdőterületek növekedésével 20%-al megnőtt a levélzeti párolgás.
Evaporáció -Belvízi elöntésben tározott vízből	28,82	0,00	24,67	0,00	**0,86**		Az erdőterületek növekedésével 15%-al csökkent a belvízzel elöntött területeken tározott vízkészletből a párolgás.
Evapotráció talajból	751,50	0,00	702,93	0,00	**0,94**		
Transpiráció a gyökérzónából	618,99	0,00	687,51	0,00	**1,11**		A gyökérzónából történő vízpárolgás 11%-al nőtt.
Evaporáció telített zónából	18,79	0,00	48,92	0,00	**2,60**		Talajból történő párolgás 2,6-szorosára nőtt. 18,7 mm-ről 48 mm-re.
beszivárgás tározott vízből (belvízi elöntésből)	1003,48	0,00	991,27	0,00	**0,99**		
Hó tározási kapacitás változás	0,00	0,00	0,00	0,00			
Levélzeten tározott víz változása	0,00	0,00	0,00	0,00			
Tározott mennyiség változása	0,00	0,00	0,00	0,00	**1,49**		A felső talajrétegben a tározott vízmennyiség másfélszeresére nőtt.
Tározott mennyiség változása a telítetlen zónában	-74,91	0,00	-81,48	0,00	**1,09**		
Tározott mennyiség változása a telített zónában	44,97	1,57	43,81	1,53	**0,97**	**0,97**	
Vízgyűjtőn ki-be áramló vizek	0,00	0,00	0,00	0,00			
Vízgyűjtőn ki-be áramló vizek	1,00	0,00	1,00	0,00	**1,00**		
Vízgyűjtőn ki-be áramló vizek	65,16	475,16	61,95	460,09	**0,95**	**0,97**	
Vízgyűjtőn ki-be áramló vizek	164,20	860,59	170,88	887,03	**1,04**	**1,03**	
csatornába vízátadás	3,54	0,00	3,18	0,00	**0,90**		A felső talajrétegből a csatornába befolyó vízmennyiség 10%-al csökkent.
kiszivattyúzott vízmennyiség	2,42	21,93	2,41	21,93	**1,00**	**1,00**	
Réteg vízátadás	0,00	103,26	0,00	95,93		**0,93**	
Réteg vízátadás	0,00	465,19	0,00	499,40		**1,07**	
Infiltráció együtt az evaporációval	-289,59	0,00	-315,27	0,00	**1,09**		
Kipárolgás az evaporációval	26,18	0,00	55,94	0,00	**2,14**		Az evaporációval történő kipárolgás kétszeresére nőtt.
elvezetés telített zóna/határ	0,00	0,00	0,00	0,00			
elvezetés telített zóna/határ	0,00	0,00	0,00	0,00			
csatornába befolyás	59,49	0,00	57,91	0,00	**0,97**		
külső csatornába befolyás	0,00	0,00	0,00	0,00			
Alap befolyás a csatornába	103,18	0,00	101,47	0,00	**0,98**		
Alap befolyás a csatornába	141,50	0,00	138,53	0,00	**0,98**		
öntözés	17,14	0,00	17,14	0,00	**1,00**		

16. táblázat. V0-V6 szcenáriók vízmérleg eredményei - összehasonlító elemzése 2010-2011.

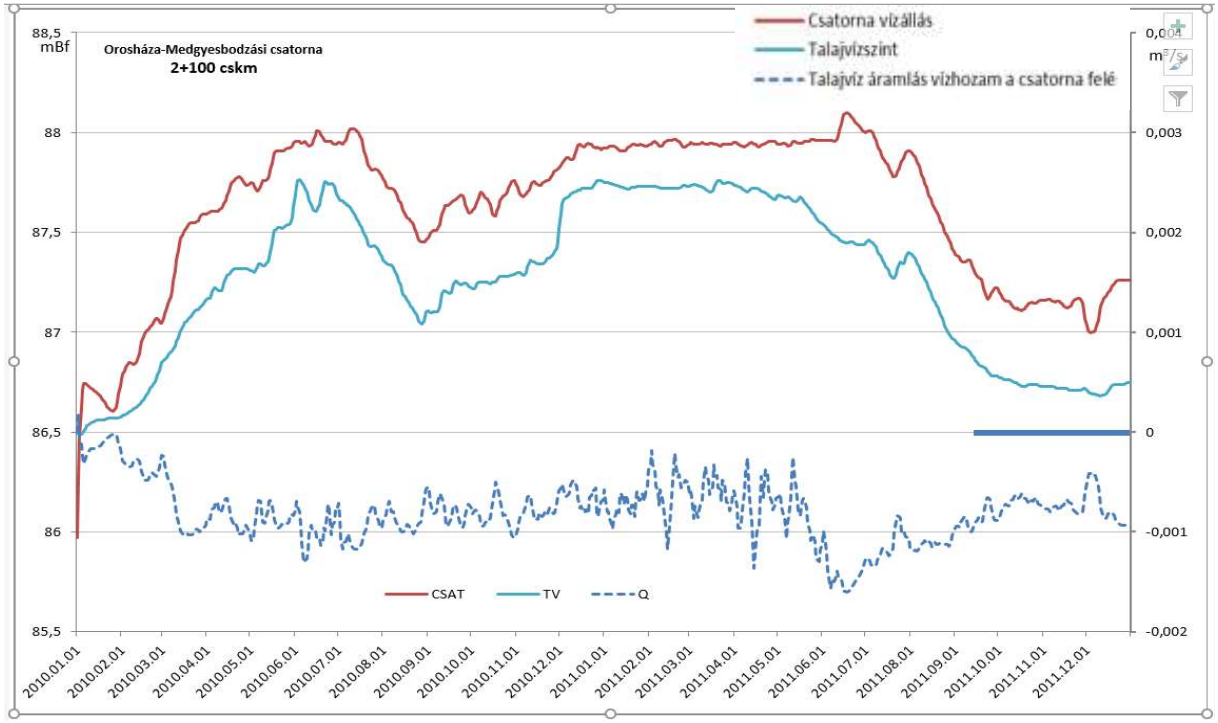
Magyarázat	V0		V6 összes		V6/v0 hasonlít		Értékelés - Jelentősebb változások +-10%
Adatok mm-ben	OhmbF_v00_ ALAP	2010 1 1 0 0- 2011 12 31 0 0	OhmbF_v06_ All in	2010 1 1 0 0- 2011 12 31 0 0			
Csapadék	1090,53	0,00	1090,55	0,00	1,00		
Evapotranspiráció	1494,34	0,00	1474,98	0,00	0,99		
Evaporáció -Intercepció (levélzeten felfogott víz)	76,24	0,00	88,73	0,00	1,16		Levélzeten felfogott víz párolgása 16%-al nő.
Evaporáció -Belvízi elöntésben tározott vízből	28,82	0,00	27,70	0,00	0,96		
Evapotráció talajból	751,50	0,00	746,88	0,00	0,99		
Transpiráció a gyökérzónából	618,99	0,00	595,87	0,00	0,96		
Evaporáció telített zónából	18,79	0,00	15,79	0,00	0,84		Evaporáció a telített zónából csökkent 16%-al.
beszivárgás tározott vízből (belvízi elöntésből)	1003,48	0,00	992,64	0,00	0,99		
Hó tározási kapacitás változás	0,00	0,00	0,00	0,00			
Levélzeten tározott víz változása	0,00	0,00	0,00	0,00			
Tározott mennyiség változása	0,00	0,00	0,00	0,00	0,94		
Tározott mennyiség változása a telítetlen zónában	-74,91	0,00	-68,24	0,00	0,91		
Tározott mennyiség változása a telített zónában	44,97	1,57	45,39	1,59	1,01	1,01	
Vízgyűjtőn ki-be áramló vizek	0,00	0,00	0,00	0,00			
Vízgyűjtőn ki-be áramló vizek	1,00	0,00	1,00	0,00	1,01		
Vízgyűjtőn ki-be áramló vizek	65,16	475,16	67,90	484,90	1,04	1,02	
Vízgyűjtőn ki-be áramló vizek	164,20	860,59	162,85	854,06	0,99	0,99	
csatornába vízátadás	3,54	0,00	3,87	0,00	1,09		
kiszivattyúzott vízmennyiség	2,42	21,93	2,43	21,92	1,00	1,00	
Réteg vízátadás	0,00	103,26	0,00	114,35		1,11	Telítetlen zónából időszakosan több áramlik a telített zóna felé.
Réteg vízátadás	0,00	465,19	0,00	460,00		0,99	
Infiltráció együtt az evaporációval	-289,59	0,00	-278,55	0,00	0,96		
Kipárolgás az evaporációval	26,18	0,00	24,83	0,00	0,95		
elvezetés telített zóna/határ	0,00	0,00	0,00	0,00			
elvezetés telített zóna/határ	0,00	0,00	0,00	0,00			
csatornába befolyás	59,49	0,00	60,48	0,00	1,02		
külső csatornába befolyás	0,00	0,00	0,00	0,00			
Alap befolyás a csatornába	103,18	0,00	112,82	0,00	1,09		
Alap befolyás a csatornába	141,50	0,00	141,74	0,00	1,00		
öntözés	17,14	0,00	17,14	0,00	1,00		

7. számú melléklet. A modellezés eredményeinek értékelése - A csatornában kialakult vízállás és a talajvízállás összehasonlító értékelése, a talajvízáram grafikonok.

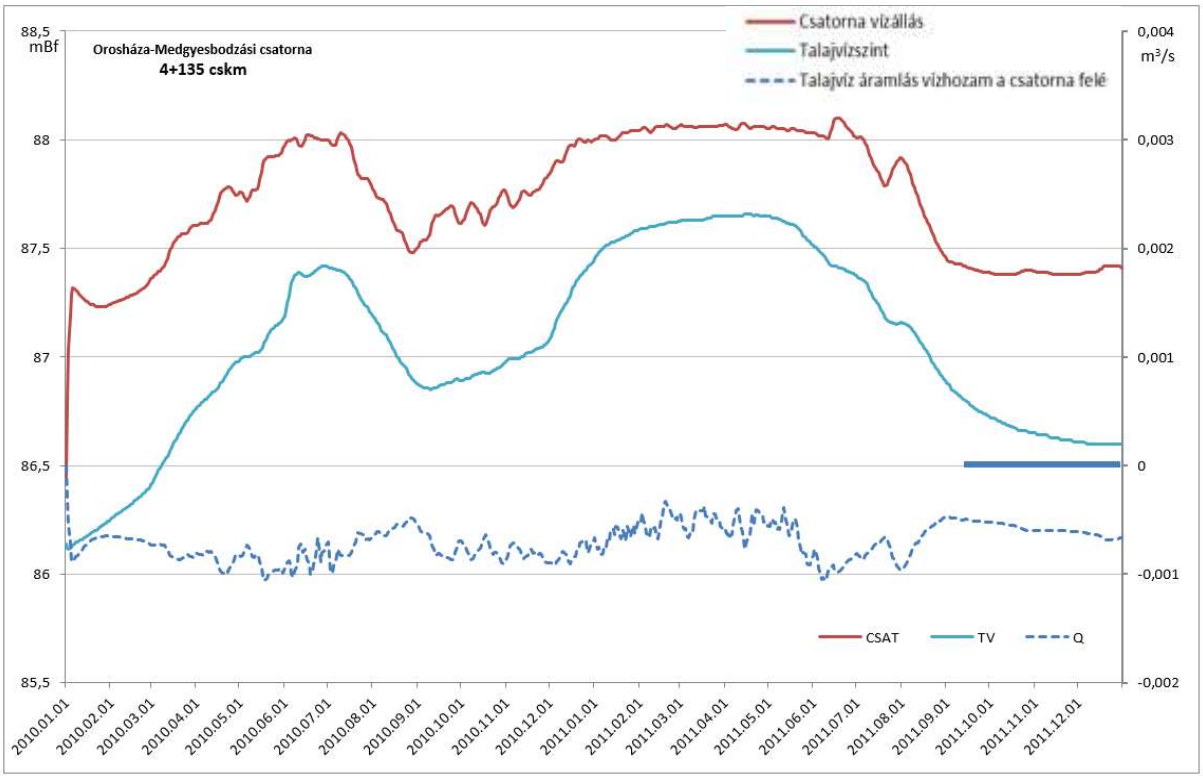
A 4.8.2. fejezet melléklete



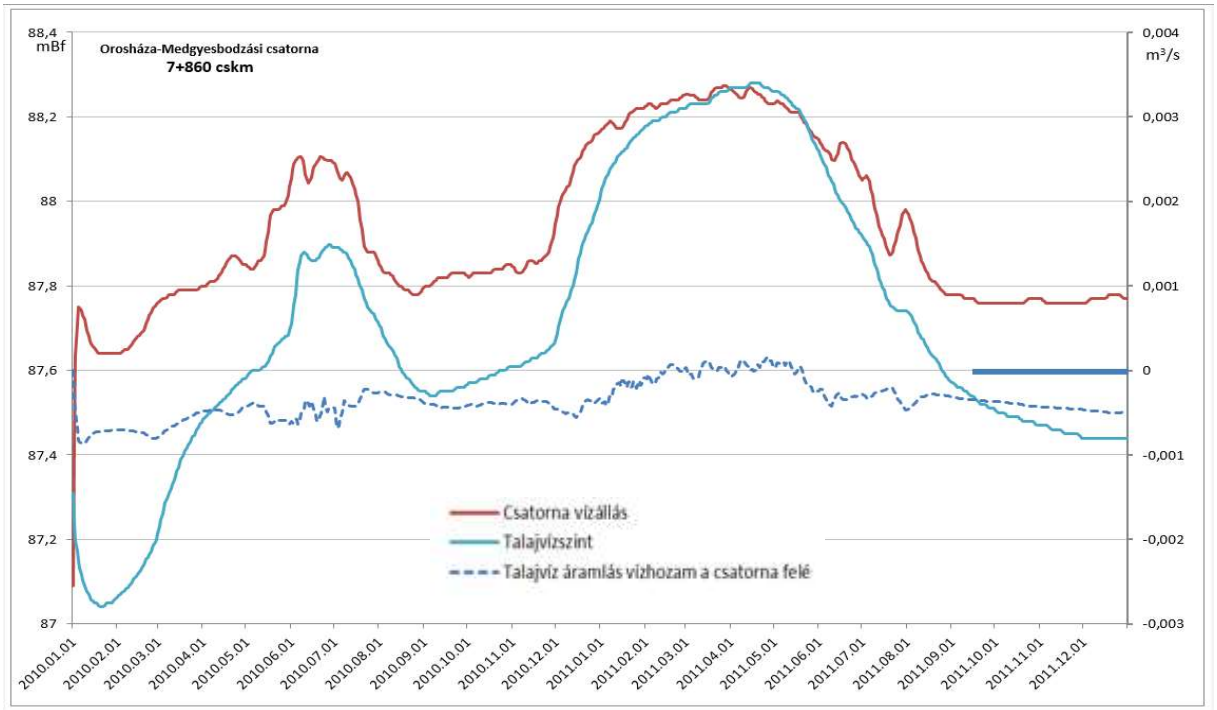
60. ábra. A: 0+338 km vizsgálati szelvényben kialakuló vízállás és a talajvízállás, a csatornaszelvényben ki- és belépő vízhozam 2010-2011. *(készítette a szerző)*



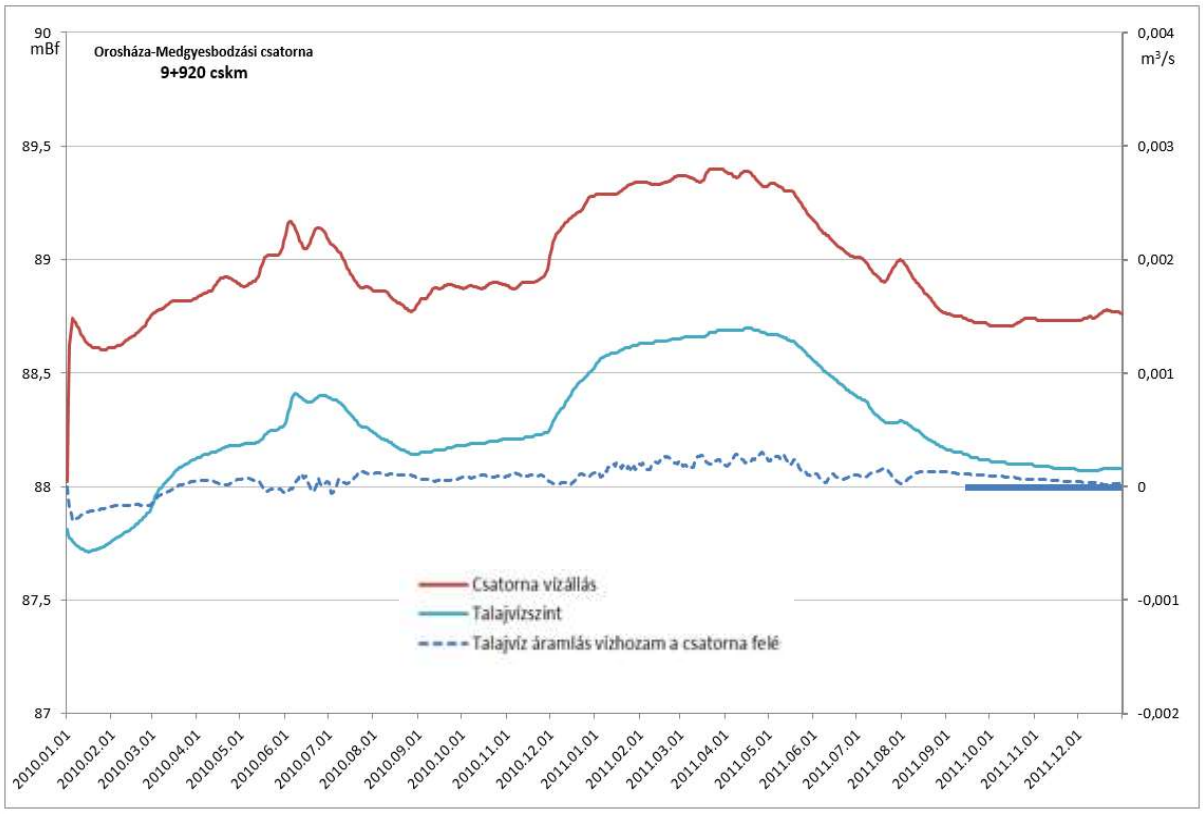
61. ábra. B: 2+100 km vizsgálati szelvényben kialakuló vízállás és a talajvízállás, a csatornaszelvényben ki- és belépő vízhozam 2010-2011. *szerkesztette a szerző*



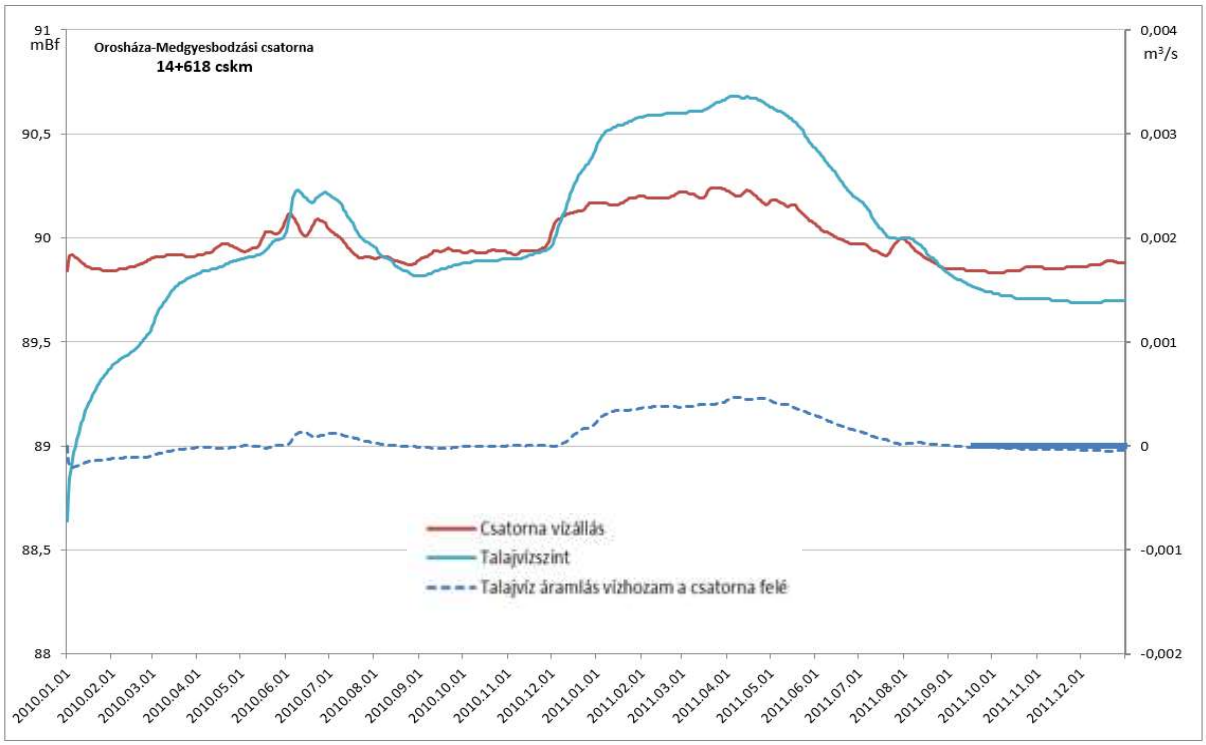
62. ábra. C: 4+135 km vizsgálati szelvényben kialakuló vízállás és a talajvízállás, a csatornaszelvényben ki- és belépő vízhozam 2010-2011. *(készítette a szerző)*



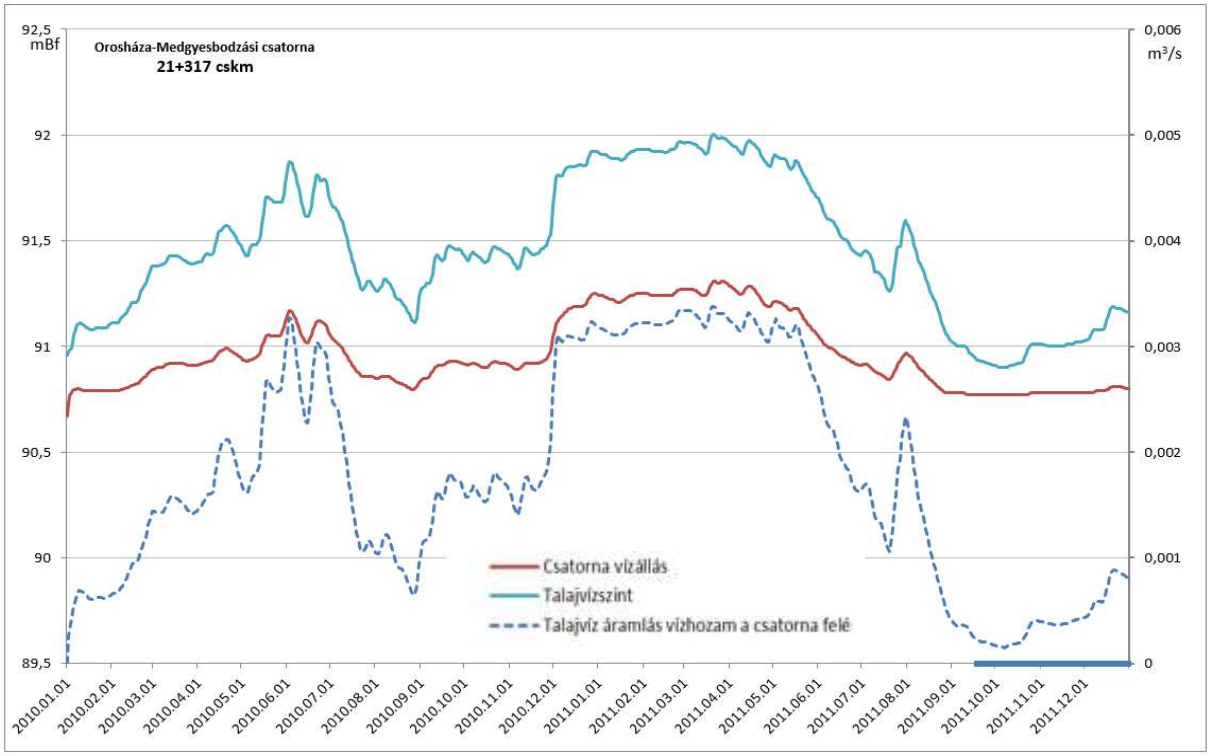
63. ábra. D: 7+860 km vizsgálati szelvényben kialakuló vízállás és a talajvízállás, a csatornaszelvényben ki- és belépő vízhozam 2010-2011. *(készítette a szerző)*



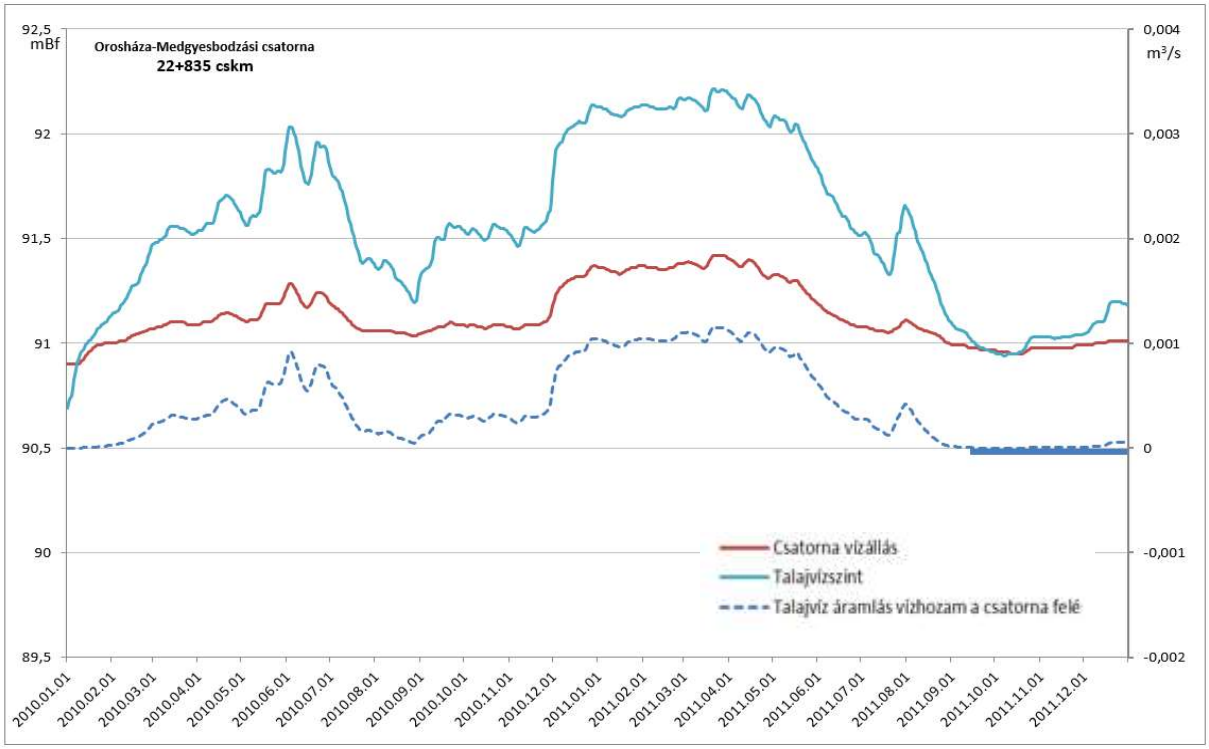
64. ábra. E: 9+920 km vizsgálati szelvényben kialakuló vízállás és a talajvízállás, a csatornaszelvényben ki- és belépő vízhozam 2010-2011. *(készítette a szerző)*



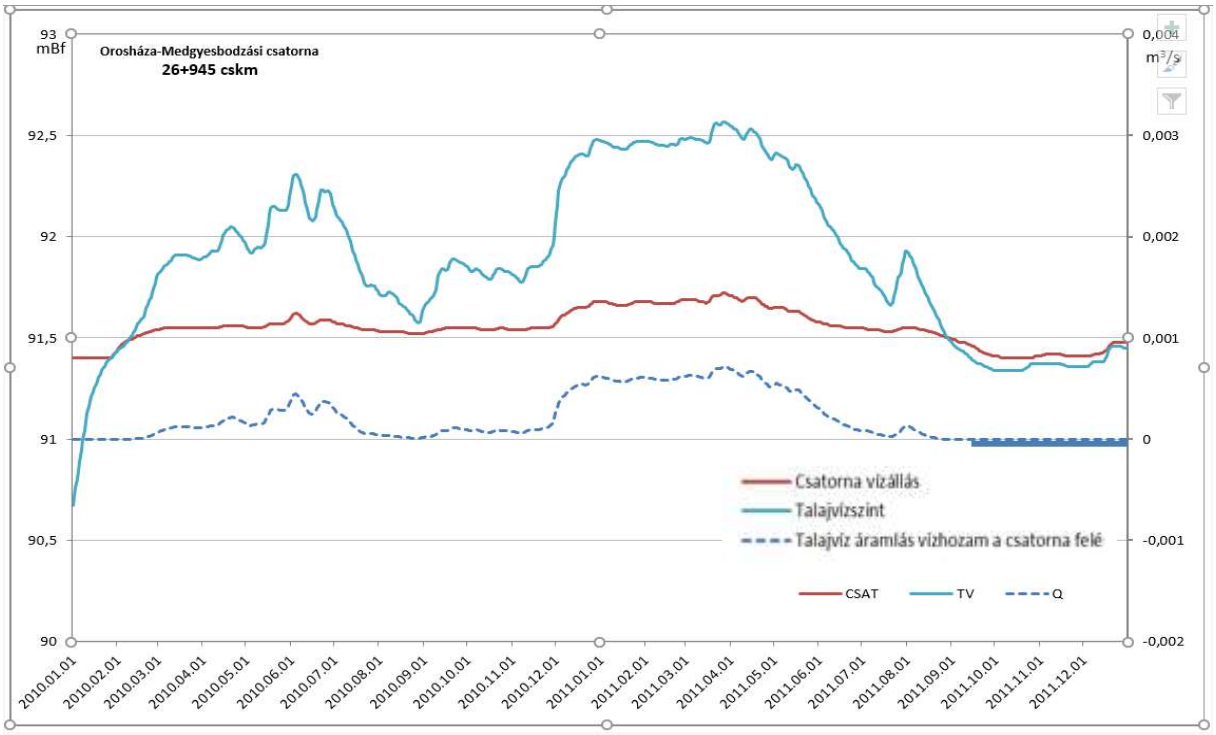
65. ábra. F: 14+618 km vizsgálati szelvényben kialakuló vízállás és a talajvízállás, a csatornaszelvényben ki- és belépő vízhozam 2010-2011. *(készítette a szerző)*



66. ábra. G: 21+317 km vizsgálati szelvényben kialakuló vízállás és a talajvízállás, a csatornaszelvényben ki- és belépő vízhozam 2010-2011. *(készítette a szerző)*



67. ábra. H: 22+835 km vizsgálati szelvényben kialakuló vízállás és a talajvízállás, a csatornaszelvényben ki- és belépő vízhozam 2010-2011. *(készítette a szerző)*



68. ábra. A 26+945 km vizsgálati szelvényben kialakuló vízállás és a talajvízállás, a csatornaszelvényben ki- és belépő vízhozam 2010-2011**.**

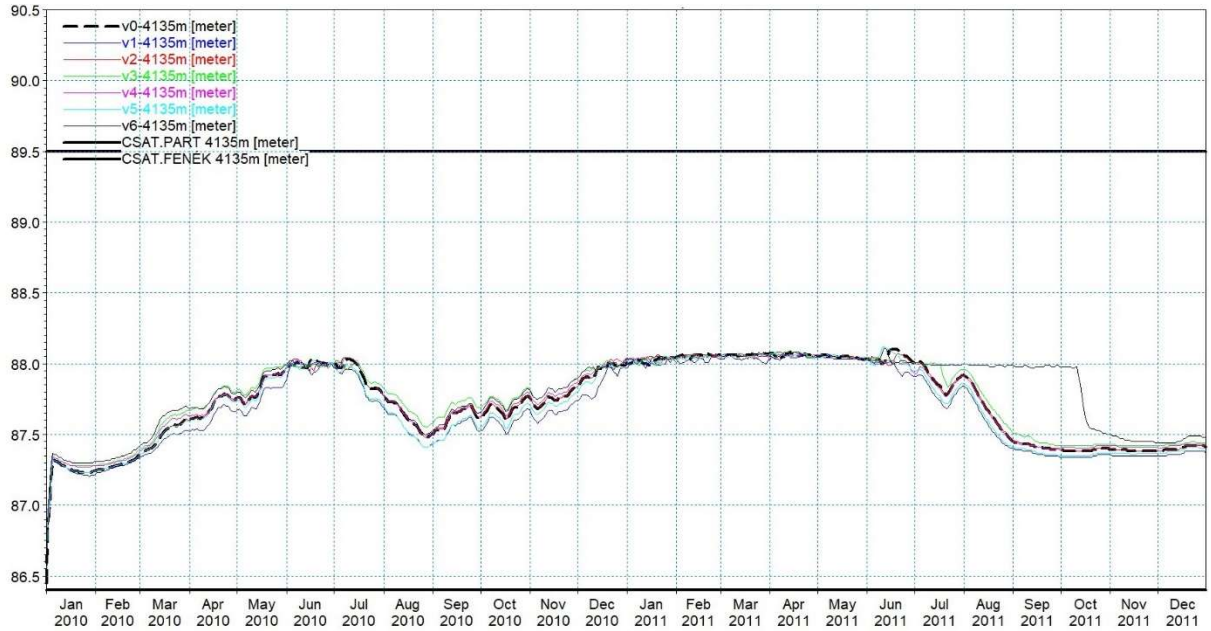
(készítette a szerző)

8. számú melléklet. A modellezés eredményeinek értékelése - Szcenáriók vizsgálata.

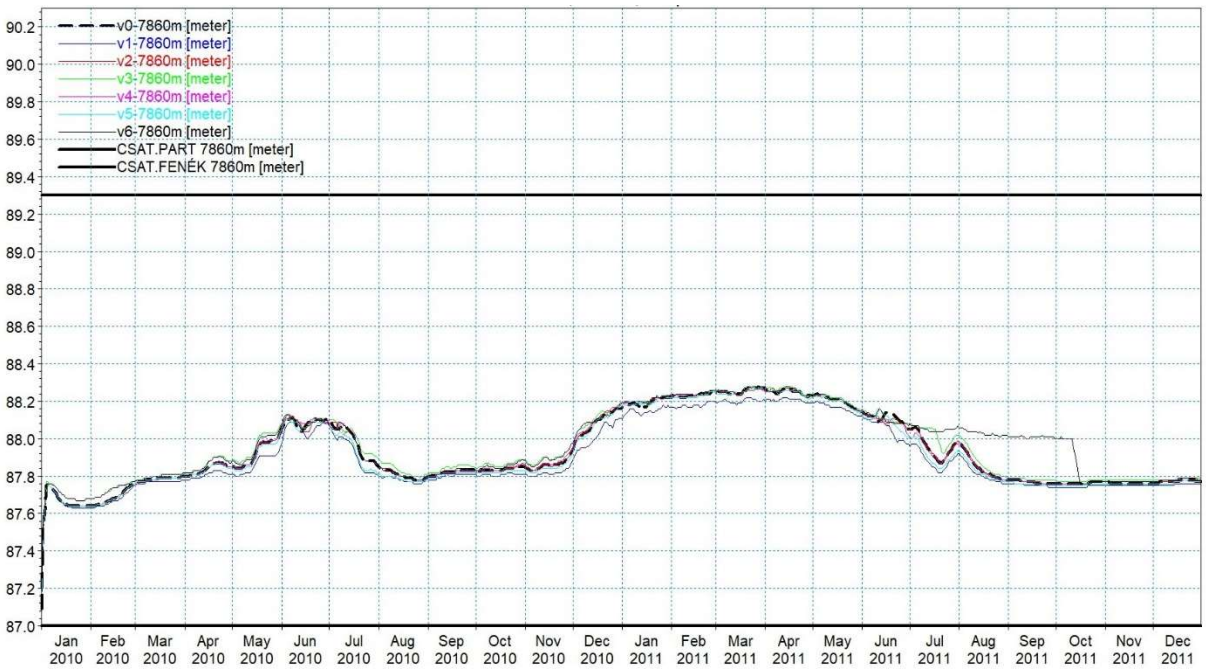
A területi hatások eredményeként a csatornában kialakuló vízállások és vízhozamok változásának elemzése az Orosháza-Medgyesbodzási csatorna vizsgálati pontjaiban A 4.8.3. fejezet melléklete.

A) **A csatornában a V1-V6 szcenáriók hatására kialakuló vízállások** V0 alapállapottal történő összehasonlító elemzéséhez *70.-76. ábrákon* ábrázolt grafikonok és *19. táblázat* összefoglaló értékelése.

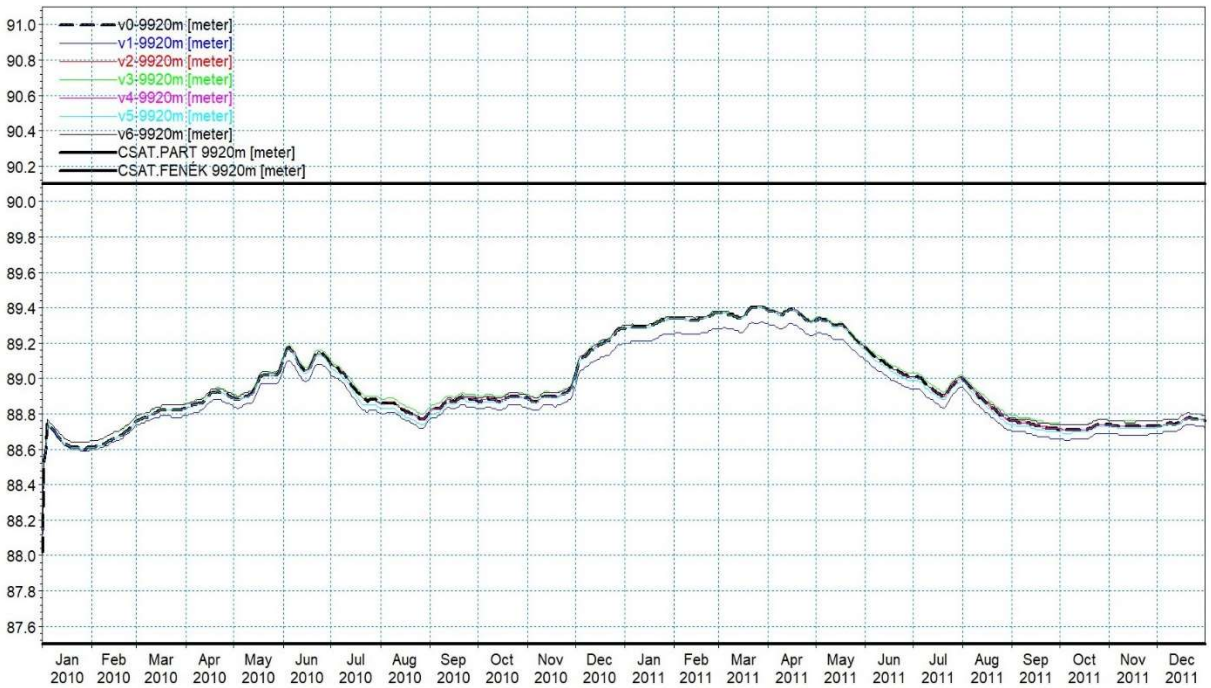
69. ábra. A 2+100 km szelvényben kialakuló vízszintek a szcenáriók hatására 2010-2011.
(készítette a szerző)



70. ábra. A 4+135 km szelvényben kialakuló vízszintek a szcenáriók hatására 2010-2011.
(készítette a szerző)

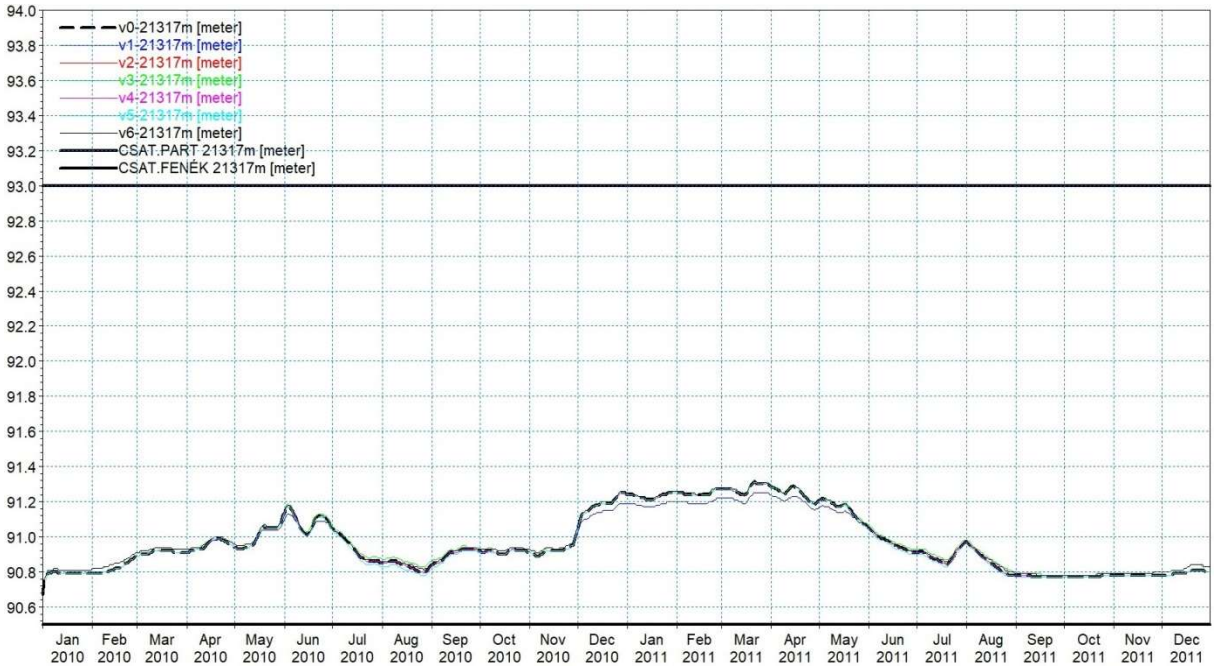


71. ábra. A 7+860 km szelvényben kialakuló vízszintek a szcenáriók hatására 2010-2011.
(készítette a szerző)

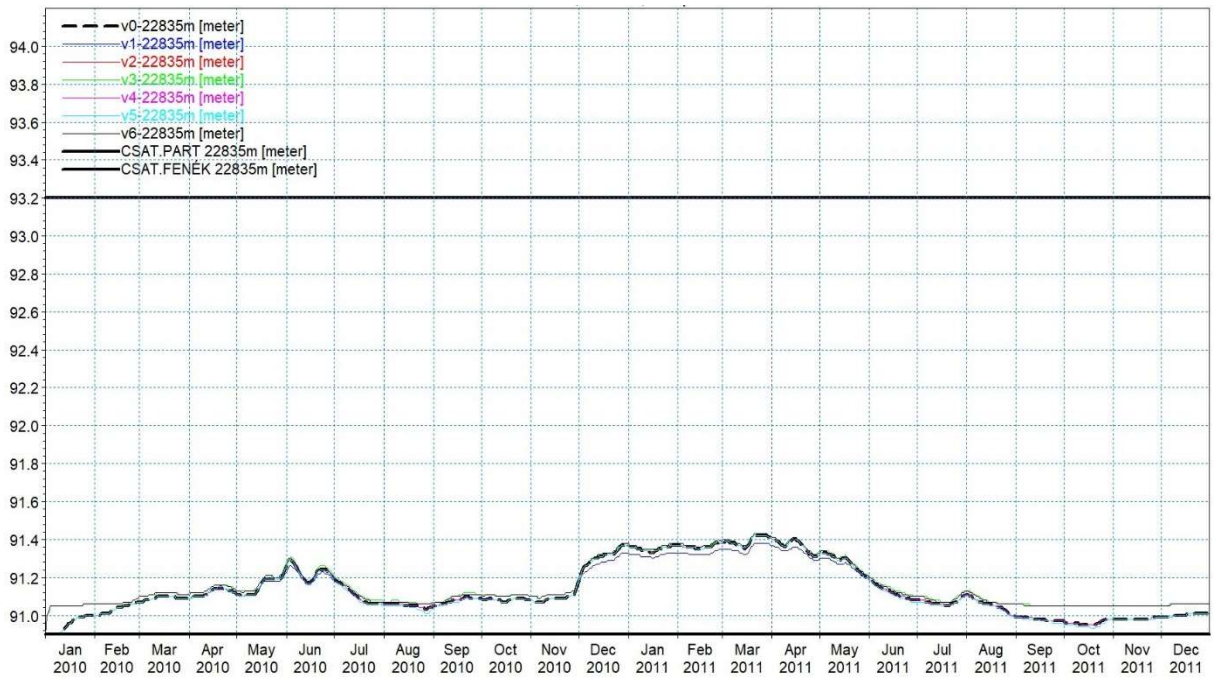


72. ábra. A 9+920 km szelvényben kialakuló vízszintek a szcenáriók hatására 2010-2011.
(készítette a szerző)

73. ábra. A 14+618 km szelvényben kialakuló vízszintek a szcenáriók hatására 2010-2011.
(készítette a szerző)



74. ábra. A 21+317 km szelvényben kialakuló vízszintek a szcenáriók hatására 2010-2011.
(készítette a szerző)



75. ábra. A 22+835 km szelvényben kialakuló vízszintek a szcenáriók hatására 2010-2011.
(készítette a szerző)

17. táblázat. V1-V6 szcenáriók hatására kialakuló vízállások elemzése 2010-2011.

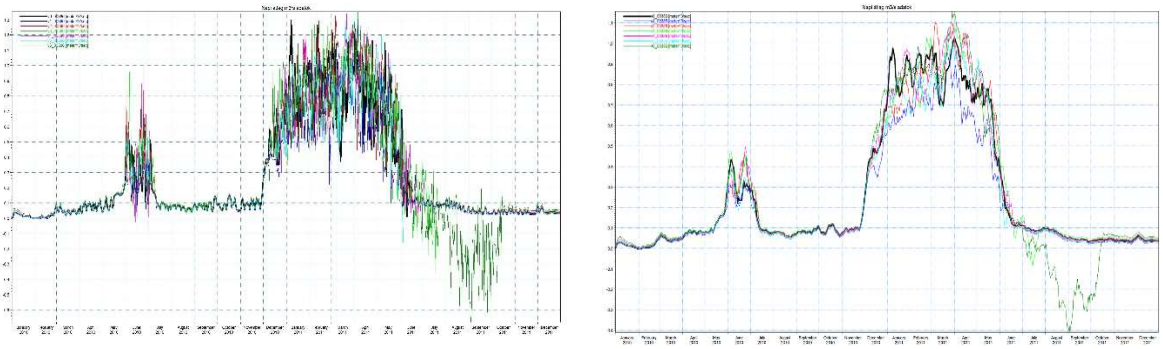
Orosháza-Medgyesbodzási csatornában kijelölt vizsgálati szelvényekben a különböző szcenáriók hatására kialakuló vízállások elemzése - jellemző megállapítások						
Vizsgált csat. szelv. Orosháza-Medgyesbodzási -csatorna:	**V1-drének nélkül**	**V2-burkolt területek növelése**	**V3-szv bebocsátás**	**V4-termálvíz**	**V5 - erdő növelés**	**V6 - összesített**
A: 0+338 km szelvény (**44. ábra**)	Jellemzően kb. 10 cm-el csökken a vízállás 2010. dec.-ig, utána nem jelentős, majd 2011. májustól 10-20 cm-el csökken.	Számottevő en nem változott a csatornában a vízszint	2010-es csapadékosabb évben kb.+ 5 cm , aszályos 2011-ben kb.+10 cm magasabb vízszint	2010 első félévben +10-5 cm vízszintváltozá st, 2010. júl.-dec. érdemben nem változik, dec.-jún. nem egyértelmű trend, októbertől újra 5-10 cm növekedés	A vegetációs időszakban 2010. júl.-dec. 5-8 cm alacsonyabb vízszint, dec.-jún. nem egyértelmű trend, júl.-dec. 5-10 cm csökkenés	2010. jan.-jún. egyértelmű növekmény +20-10 cm, dec.-máj. nem egyértelmű trend, utána is egyértelműen magasabb vízszint
B: 2+100 km szelvény (**70. ábra**) ha terepszint fölött van a vízállás - tározó területre kilép a víz	Jellemzően kb. 10 cm-el csökken a vízállás, 2011. aug.-tól 15 cm-el csökken.	Számottevő en nem változott a csatornában a vízszint	2010-ben kb. 5 cm vízszintnöveke dést jelent, 2011-ben 12 cm-es növekedést jelent.	A termálvíz bevezetés időszakában 5-8 cm-es vízszint emelkedés.	A vegetációs időszakban 2010. és 2011. júl.-dec. 10-12 cm alacsonyabb vízszint.	2010. télvégi időszakban 20 cm-es vízszintnövek edés, nyárra néhány cm-re csökken. 2011. időszak bizonytalan adat.
C: 4+135 km szelvény (**71 ábra**)	Jellemzően kb. 10 cm-el csökken a vízállás	Számottevő en nem változott a csatornában a vízszint	Jellemzően 5-8 cm-es vízszint növekedést eredményez.	Ebben a szelvényben nem érezhető a hatás.	Vegetációs i-ban 2010. júl.-dec. 5-6 cm alacsonyabb vízszint, dec.-jún. nem egyértelmű trend, júl.-dec. 3-5 cm csökkenés.	2010. jan.-jún. egyértelmű növekmény +5-6 cm, dec.-máj. nem egyértelmű trend, utána is egyértelműen magasabb vízszint
D: 7+860 km szelvény (**72. ábra**)	Jellemzően kb. 5 cm-el alacsonyab b vízszint.	Nincs számottevő hatás.	Minimális hatás, 1-2 cm emelkedés.	Ebben a szelvényben nem érezhető a hatás.	2010 és 2011 jún.-aug. 1-2 cm csökkenés, egyébként nincs számottevő hatás.	Minimális hatás, 1-2 cm növekmény.
E: 9+920 km szelvény (**73. ábra**)	2010-ben kb. 5 cm csökkenés, 2010-ben kb. 10 cm csökkenés.	Nincs számottevő hatás.	+3-4 cm-es vízszint emelkedés.	Nincs számottevő hatás.	Vegetációs időszakban 2-3 cm csökkenést okoz.	2010 jan.-máj. min +.1-2 cm
F: 14+618 km szelvény (**74. ábra**)	Nincs számottevő hatás.	Nincs számottevő hatás.	Nincs számottevő hatás.	Nincs számottevő hatás.	Nincs számottevő hatás.	Nincs számottevő hatás.

Orosháza-Medgyesbodzási csatornában kijelölt vizsgálati szelvényekben a különböző szcenáriók hatására kialakuló vízállások elemzése - jellemző megállapítások						
Vizsgált csat. szelv. Orosháza-Medgyesbodzási -csatorna:	**V1-drének nélkül**	**V2-burkolt területek növelése**	**V3-szv bebocsátás**	**V4-termálvíz**	**V5 - erdő növelés**	**V6 - összesített**
G: 21+317 km szelvény (**75. ábra**)	2010.jan.-2011. máj. között -5 cm, egyébként nincs hatás.	Nincs észrevehető hatás.	2010. és 2011. máj.-szept. között 1-2 cm emelkedés.	Nincs észrevehető hatás.	A vegetációs időszakban 1-2 cm alacsonyabb vízszint.	2010.jan-máj. +2 cm, egyébként nem számottevő
H: 22+835 km szelvény (**76. ábra**)	2010.jan.-2011. máj. között -4 cm, egyébként nincs hatás.	Nincs észrevehető hatás.	2011. és 2011. máj.-szept. között 1-2 cm emelkedés.	Nincs észrevehető hatás.	A vegetációs időszakban 1-2 cm alacsonyabb vízszint.	2010.jan-máj. +2 cm, egyébként nem számottevő

B) **A csatornákban a V1-V6 szcenáriók hatására kialakuló vízhozam értékek** a V0 alapállapottal történő összehasonlító elemzéséhez grafikonok és a *20. táblázat* összefoglaló értékelése.

A modellszámítás grafikon-eredményei a torkolat közeli szakaszon, a 0+338 km és a 2+220 km és a 4+071 km szelvényekben a szivattyúzás hatása nagyon erős „ugrálás”-t jeleztek. Az értékelhetőség érdekében ezeknek a szelvényeknek a mozgóátlagát vettem figyelembe (5 adat: 2 napi előző és utána 2 nap átlagolásával) A 7+815 km szelvénytől felsőbb szakaszokon a vízjárás kiegyenlítettebb, itt nem volt szükség adat-kiegyenlítésre.

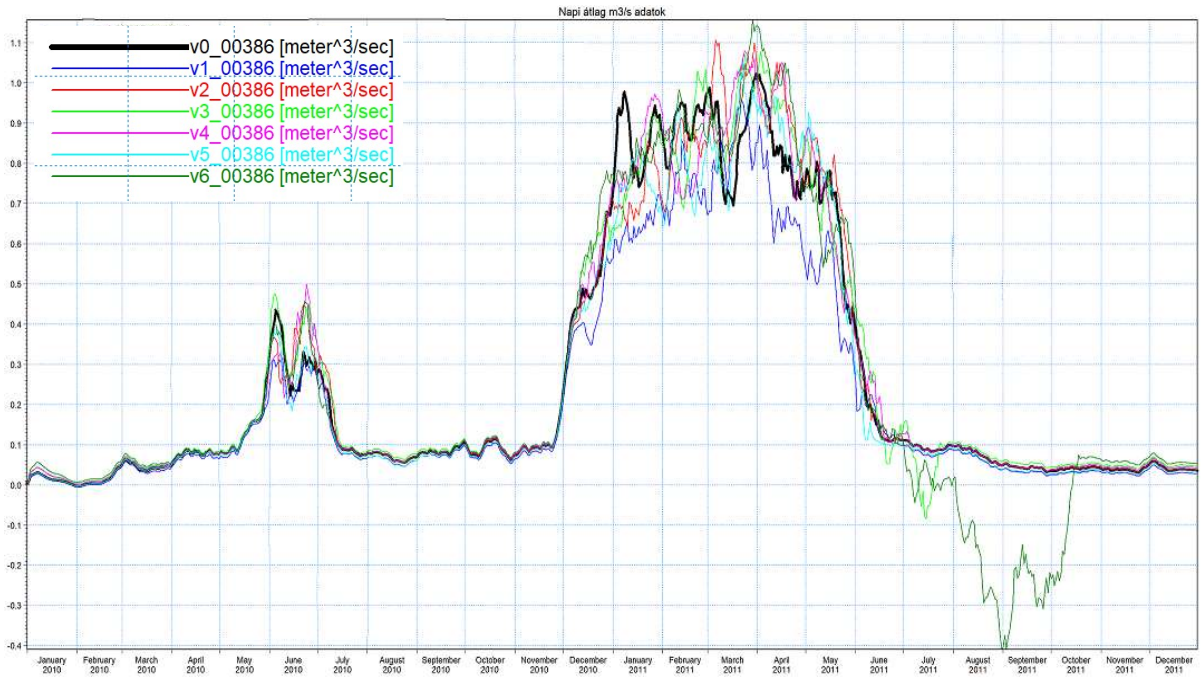
A fentiekre példa a 0+338 km szelvény ábrája eredeti és „kisimított” verzióban:



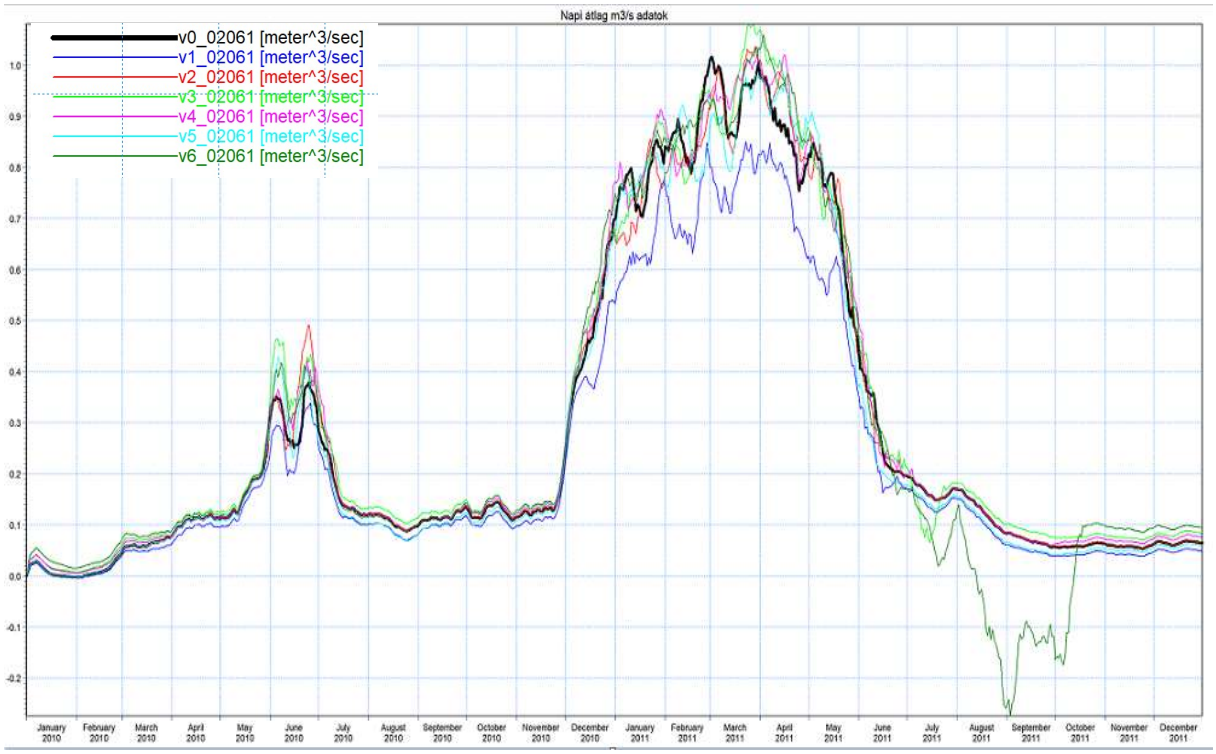
Eredeti görbe ábrázolás

Kisimított görbe

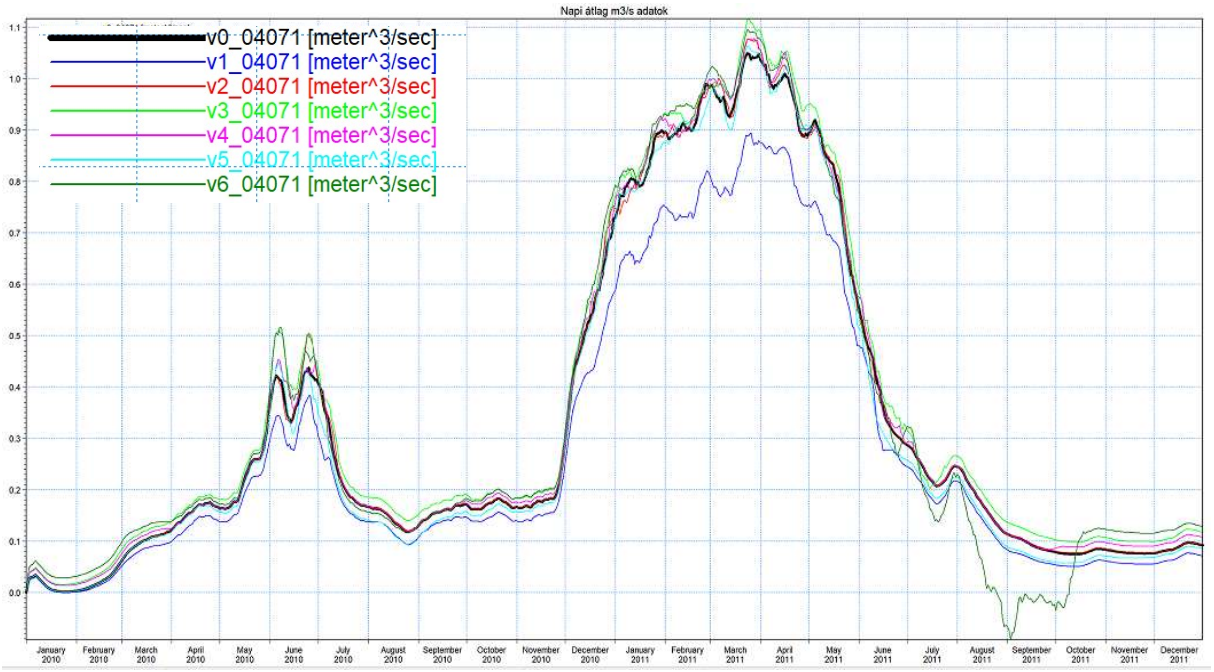
76. ábra. A 0+338 km szelvényben kialakuló vízhozam idősora MIKE program alapján 2010-2011. *(készítette a szerző)*



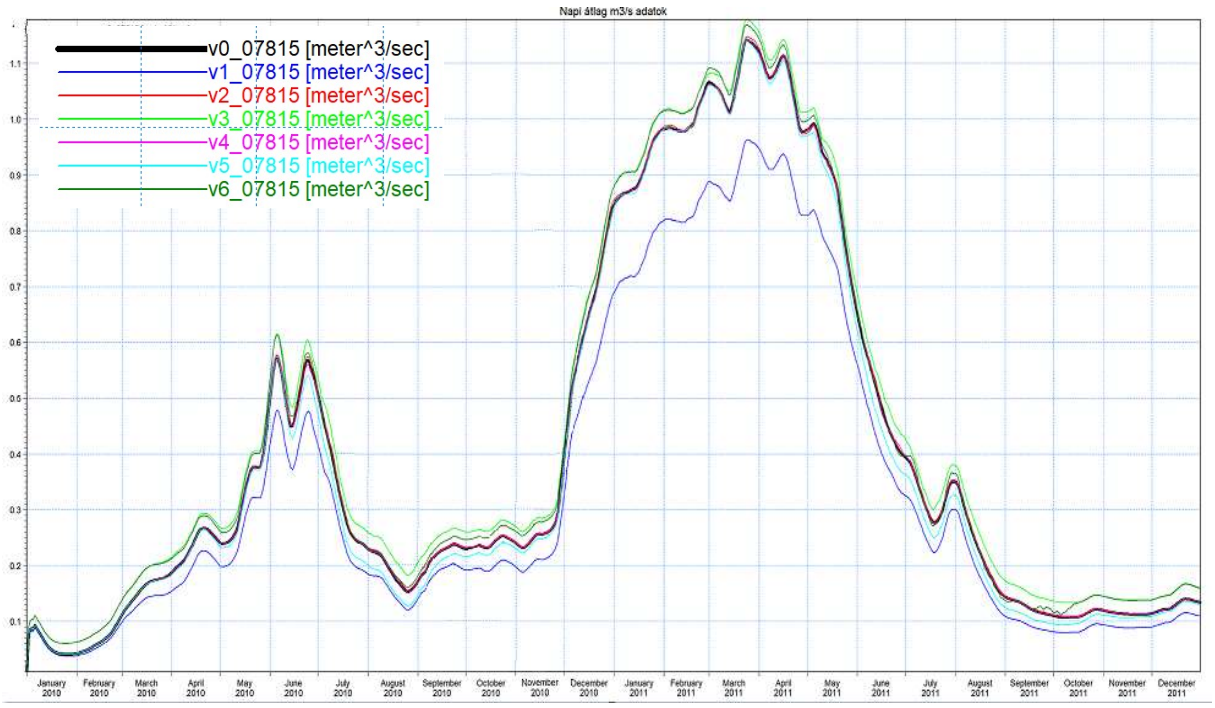
77. ábra. A 0+386 km szelvényben kialakuló vízhozamok a szcenáriók hatására 2010-2011. *(készítette a szerző)*



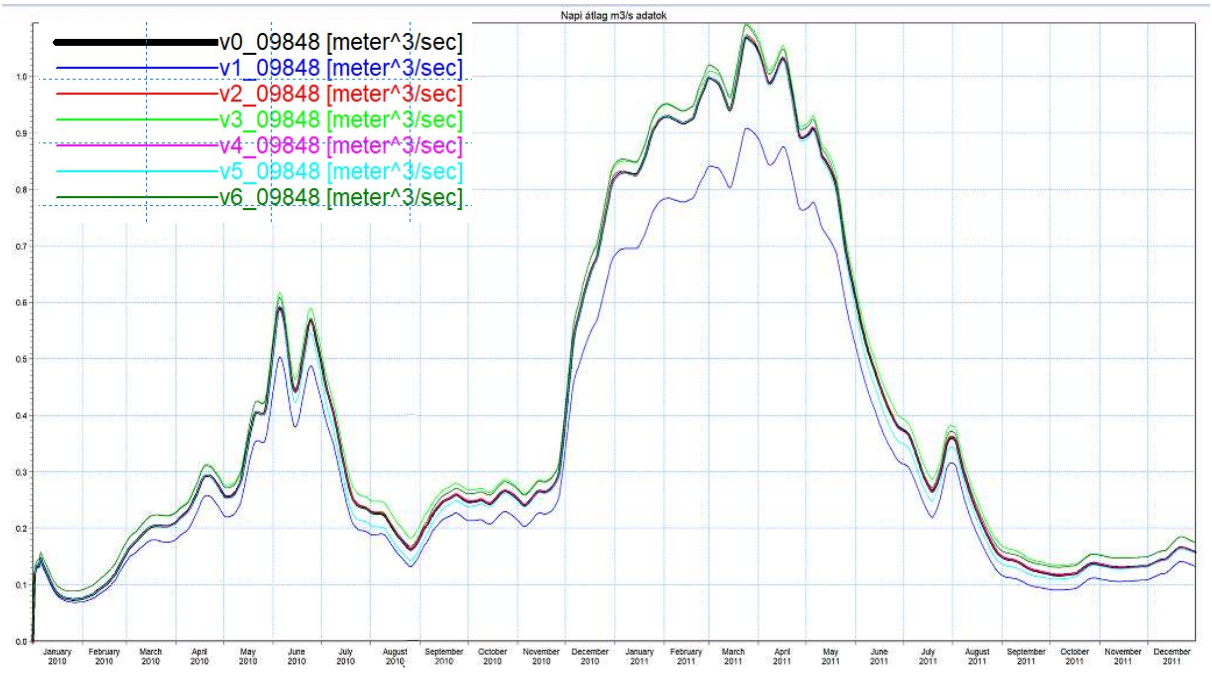
78. ábra. A 2+061 km szelvényben kialakuló vízhozamok a szcenáriók hatására 2010-2011. *(készítette a szerző)*



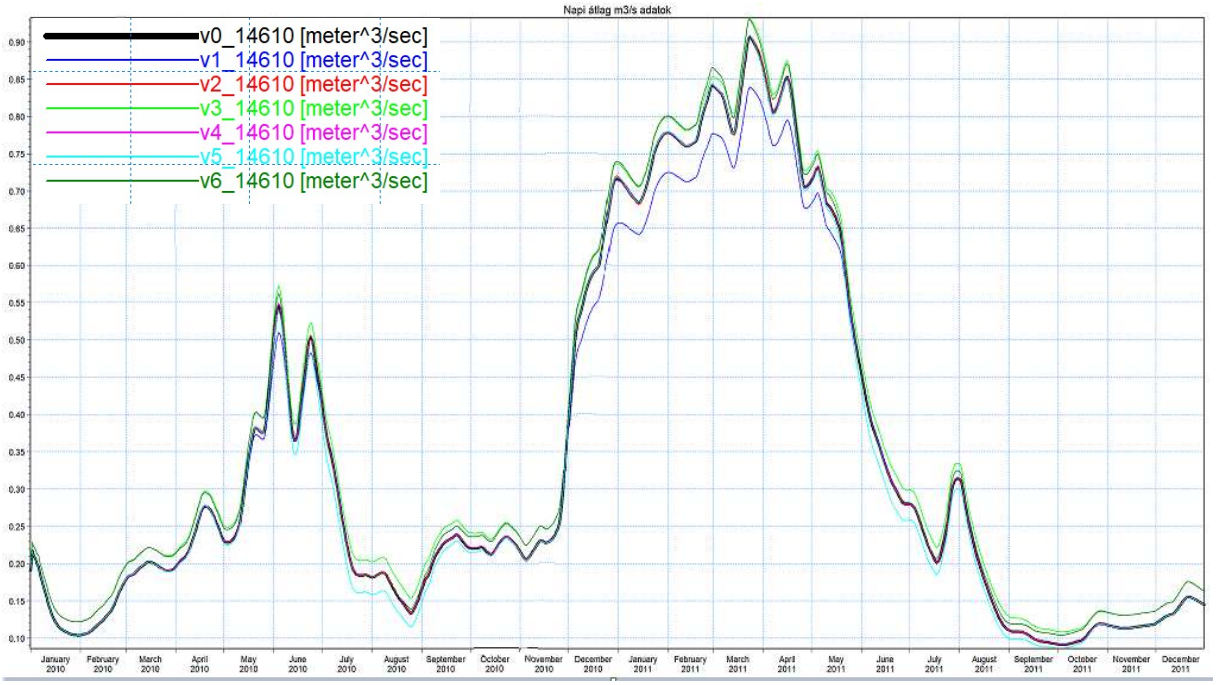
79. ábra. A 4+071 km szelvényben kialakuló vízhozamok a szcenáriók hatására 2010-2011. *(készítette a szerző)*



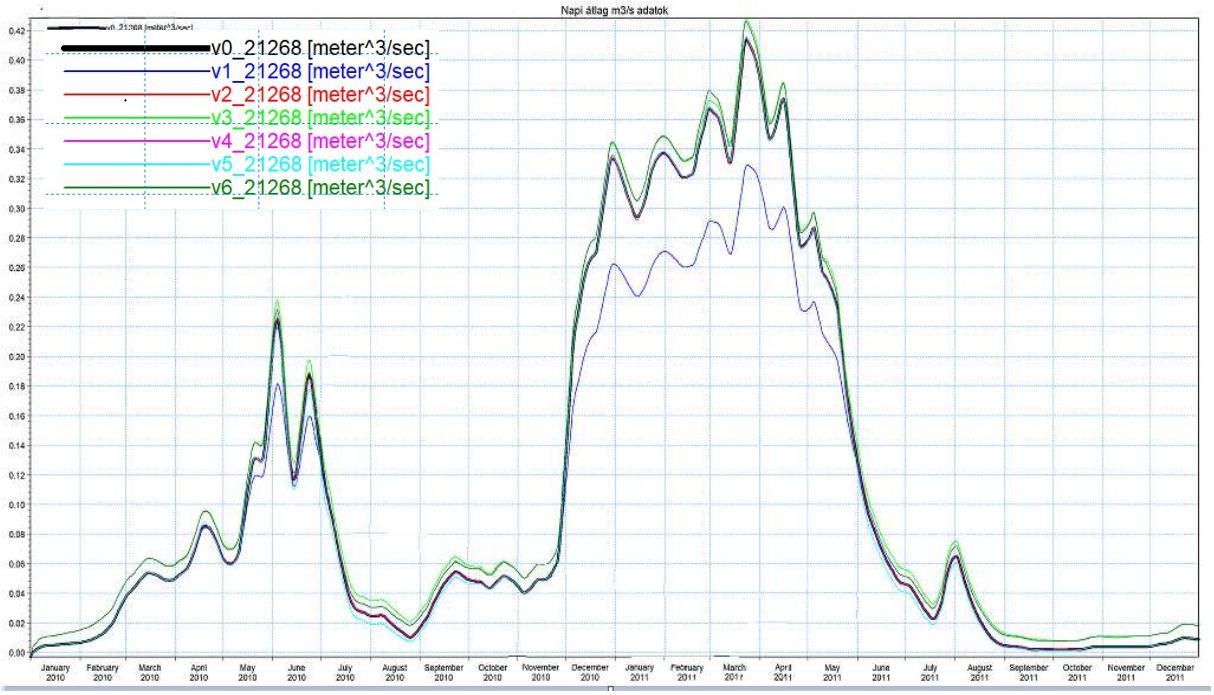
80. ábra. A 7+815 km szelvényben kialakuló vízhozamok a szcenáriók hatására 2010-2011. *(készítette a szerző)*



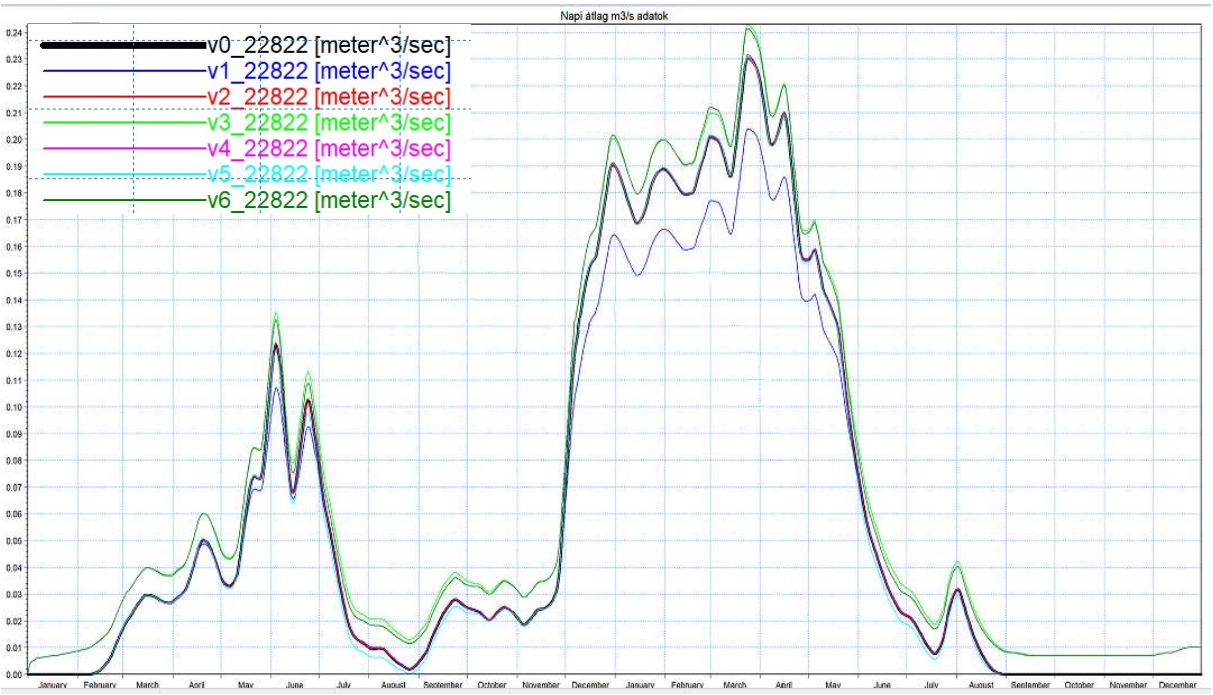
81. ábra. A 9+848 km szelvényben kialakuló vízhozamok a szcenáriók hatására 2010-2011. *(készítette a szerző)*



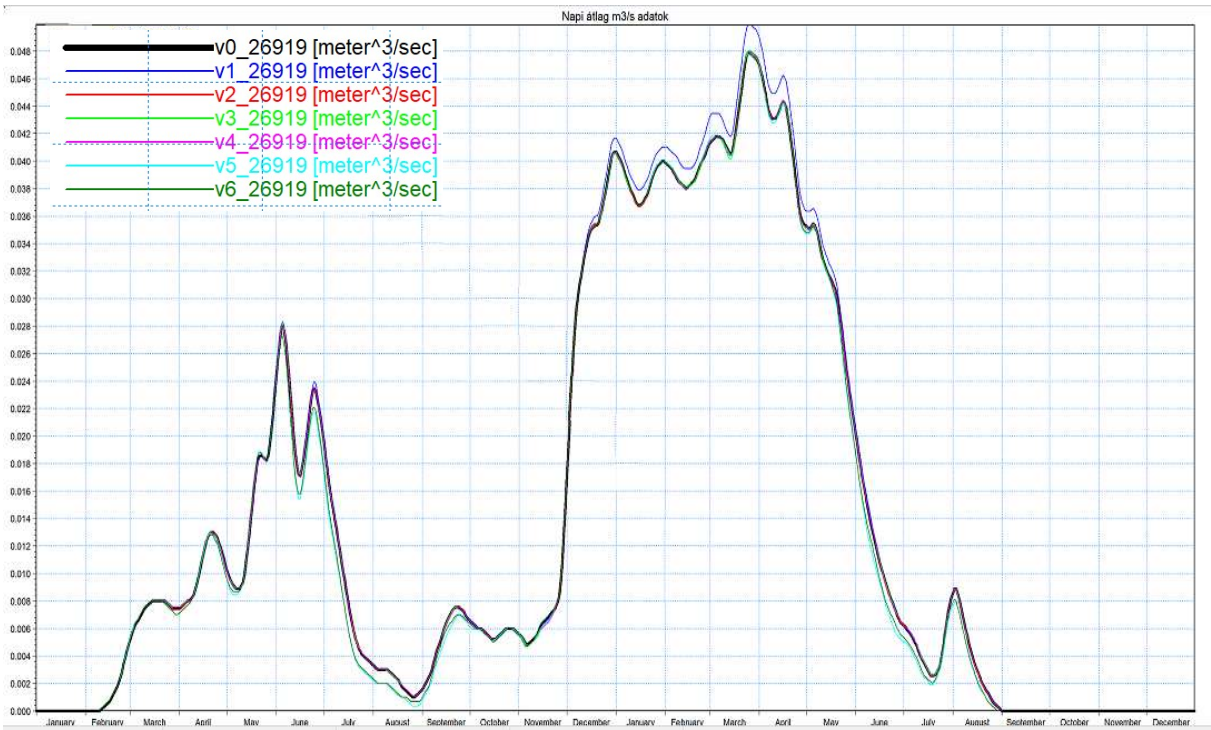
82. ábra. A 14+610 km szelvényben kialakuló vízhozamok a szcenáriók hatására 2010-2011. *(készítette a szerző)*



83. ábra. A 21+268 km szelvényben kialakuló vízhozamok a szcenáriók hatására 2010-2011. *(készítette a szerző)*



84. ábra. A 22+822 km szelvényben kialakuló vízhozamok a szcenáriók hatására 2010-2011. *(készítette a szerző)*



85. ábra. A 22+835 km szelvényben kialakuló vízhozamok a szcenáriók hatására 2010-2011. *(készítette a szerző)*

18. táblázat. Vízhozam eredmények értékelése a szcenáriók futtatása alapján

Vizsgált csatornaszelvények Orosháza-Medgyesbodzási-csatorna:	**V0 alapállapothoz képest eltérések elemzése: Orosháza-Medgyesbodzási csatornában kijelölt vizsgálati pontokban: vízhozam elemzése**					
	V1-drének nélkül	**V2-burkolt területek növelés**	**V3-szv bebocsátás**	**V4 + termálvíz bevezetés.**	**V5 - erdőterület növelés**	**V6 - összes**
	vízhozam	vízhozam	vízhozam	vízhozam	vízhozam	vízhozam
A: 0+338 km szelvény (**77. ábra**)	Végig kimutatható hatás 2010-ben, 2010.dec.-2011.máj. kb. 100 l/s vízhozam csökkenés, 2011. nyár-tél jelentéktelen hatás.	2010 jún.-júl. 100-120 l/s többlet vízhozam, 2010.dec-2011.febr -100 l/s, majd 2011. márc.-máj.+50-150 l/s. Egyéb időszak jelentéktelen hatás.	2010. jún.+100-120 l/s, 2011 febr.-márc.+50l/s, egyébként jelentéktelen hatás	Jelentéktelen hatás.	2010.dec-febr csökkenés -20-100 l/s, márc.-jún. 100-180 l/s növ. - nem egyértelműsíthető.	Jelentéktelen hatás, 2010.jún.+40-100 l/s, majd 2011.márc-ápr. +100-200 l/s, Ebben az időszakban 2011.júl-szept -100-400 l/s, ami az előzmény adatokból nem következik.
B: 2+061 km szelvény (**78. ábra**)	2010.jún. -50 l/s, 2011.dec-máj. -100-200 l/s, egyébként teljes időszakban néhány l/s csökkenés.	jelentéktelen, majd 2010 jún.+120 l/s, 2010dec-febr változó 0-50, márc.-máj. +20-50l/s. Egyéb idősszak jelentéktelen hatás.	Min. többlet, 2010.jún.+50-80 l/s, min. többlet, 2010.dec.-2011.márc. változó +-50 l/s, majd többlet ápr.-máj +10-120 l/s, majd +15 l/s többlet.	Bevezetési időszakban 2010.dec.-2011.máj +20-100 l/s	Általában nincs hatás, 2010 dec.-máj. változóan +-50l/s, majd jelentéktelen, de folyamatos csökk. Hatás.	Teljes időszakban 20-50 l/s többlet, 2011. júl-okt.50-400 l/s csökkenés, amely az előzményekből nem következik (lsd. 0+338 szelv.)
C: 4+135 km szelvény (**79. ábra**)	átlagosan és teljes időszakban -20-50l/s de 2010.dec-jún. időszakban 150-200 l/s csökkenés	Jelentéktelen hatás.	Teljes időszakban +20-30 l/s többlet. 2010 jún.+100 l/s, 2011.dec.-2011. máj. +30-50l/s többlet.	Időszakonként elhanyagolható, 2011-ben 5-10 l/s min. többlet.	Vegetációs időszakban -5-10 l/s csökk, 2011-ben -20 l/s.	Teljes időszakban 20-50 l/s többlet, 2011. júl-okt.50-200 l/s csökkenés, amely az előzményekből nem következik (lsd. 0+338, 2+100 szelv.)
D: 7+860 km szelvény (**80. ábra**)	Teljes időszakban -20-100 l/s, 2010.dec.-máj. jelentős -180-200 l/s csökk.	Nincs kimutatható hatás.	Egyenletes +20-30 l/s többlet.	Nincs kimutatható hatás.	Vegetációs időszakban -10-20 l/s csökk.	Teljes időszak +5-20 l/s többlet.

Vizsgált csatornaszelvények Orosháza-Medgyesbodzási-csatorna:	V0 alapállapothoz képest eltérések elemzése: Orosháza-Medgyesbodzási csatornában kijelölt vizsgálati pontokban: vízhozam elemzése					
	V1-drének nélkül	**V2-burkolt területek növelés**	**V3-szv bebocsátás**	**V4 + termálvíz bevezetés.**	**V5 - erdőterület növelés**	**V6 - összes**
	vízhozam	vízhozam	vízhozam	vízhozam	vízhozam	vízhozam
E: 9+920 km szelvény (**81. ábra**)	Teljes időszakra nincs hatás, csak 2010.máj-jún +50-20 l/s, és 2010.dec-2011.máj. +50-100 l/s	Nincs kimutatható hatás.				
F: 14+618 km szelvény (**82. ábra**)	Teljes időszakra nincs hatás, csak 2010.máj-jún -50 l/s, és 2010.dec-2011.máj. -50 l/s csökk.	Nincs kimutatható hatás.	Teljes időszakban kb.+25 l/s növekmény.	Nincs kimutatható hatás.	Vegetációs időszakban 2010 és 2011. -15-20 l/s csökkenés.	2010.jan-jún.+15-20 l/s többlet, majd nincs hatás, 2010. szept.-től végig +15-20 l/s többlet.
G: 21+317 km szelvény (**83. ábra**)	Minimális hatás. DE 2010.máj.-jún.-50 l/s, 2010.dec-2011.május -60-70 l/s csökk.	Nincs kimutatható hatás.	Teljes időszakban kb.+10-15 l/s növekmény.	Nincs kimutatható hatás.	Vegetációs időszakban elhanyagolható csökkenés.	Teljes időszakban kb.5-10 l/s többlet.
H: 22+835 km szelvény (**84. ábra**)	Minimális hatás. 2010.máj.-jún.+5 l/s, 2010.dec-2011.május -20 l/s csökk.	Nincs kimutatható hatás.	Teljes időszakban kb.+10 l/s növekmény.	Nincs kimutatható hatás.	Nincs kimutatható hatás.	Teljes időszakban kb.+10 l/s növekmény.
I: 26+945 km szelvény (**85. ábra**)	Nincs számottevő hatás.	Nincs számottevő hatás.	Nincs számottevő hatás.	Nincs számottevő hatás.	Nincs számottevő hatás.	Nincs számottevő hatás.

9.számú melléklet: MÓDSZERTAN a belvízrendszerek felülvizsgálatára

19. táblázat. MÓDSZERTAN a belvízrendszerek felülvizsgálatára *(készítette a szerző)*

Vízgyűjtőn végbement változás	**Hatás a belvízrendszerre és a belvíz-veszélyeztetettségre**		**Hatás az aszálykár kialakulására**		***Mérnöki feladat a belvízrendszer újra méretezésében***
	Hatás	**Magyarázat**	**Hatás**	**Magyarázat**	
BELTERÜLETI VÁLTOZÁS VIZSGÁLATA					
Települési csapadékvíz-elvezető csatornahálózat kiépülése	Belterületen csökkenti a belvízi veszélyeztetettséget (elöntést).	A csapadékvíz kisebb hányada szikkad el, csökken a talajvízszint, nő a belterületen a talaj csapadékvíz tározótérfogata.	Belterületen növeli az aszálykárok előfordulásának mértékét.	A jó műszaki állapotú csatorna elvezeti a csapadékvizet (nemcsak a kárt okozó mennyiséget), amely nem tud beszivárogni. A szárazodási folyamatot fokozza.	*Talajvízállások változásának ellenőrzése. A talajvízből származó terheléssel a csatornakapacitás ellenőrzése.*
	A belvízrendszerbe történő csapadék-bevezetésnél koncentráltan megnöveli a befogadó belvízelvezető létesítmény terhelését.	A befogadó csatorna elégtelen vízelvezető kapacitása lokális elöntéseket okozhat.		A burkolt csatornahálózat homoki területeken tovább fokozza a szárazodási folyamatot.	*Csatorna elvezető kapacitásának ellenőrzése a bevezetési pontban és a vízrendszer befogadóig történő kapacitás-ellenőrzése az érkező többletterheléssel.*
Települési szennyvíz-elvezető hálózat kiépülése, szennyvíztisztító telepi bevezetések	Kiépült szennyvízelvezető-rendszer belterületen csökkenti a belvízi veszélyeztetettséget.	A belterületeken korábban a szikkasztott szennyvizek magas talajvízállást okoztak (szennyvízdomb), amely csökkentette a talaj csapadékok beszivárgására rendelkezésre álló kapacitását. A szennyvíz-csatornahálózat kiépülésével a szennyvizek nem szikkadnak el a belterületen, hanem összegyűjtik és elvezetik a területről.	Belterületen növeli az aszálykárok mértékét.	A szennyvízdombok eltűnésével egy vízminőségi problémát okozó vízkészlet eltűnik a belterületi talajvízkészletből, amely vízminőségi szempontból hosszútávon kedvező hatású, azonban a vízkészlet hiánya fokozza a szárazodást.	*Talajvízállások változásának ellenőrzése. A talajvízből származó terheléssel a csatornakapacitás ellenőrzése.*

Vízgyűjtőn végbement változás	Hatás a belvízrendszerre és a belvíz-veszélyeztetettségre		Hatás az aszálykár kialakulására		*Mérnöki feladat a belvízrendszer újra méretezésében*
	Hatás	**Magyarázat**	**Hatás**	**Magyarázat**	
	Szennyvíztisztító telep koncentrált bevezetés növeli a belvíz-veszélyeztetettséget.	- Csökken a belvíztömeg fogadására rendelkezésre álló kapacitás. A befogadó csatorna elégtelen vízelvezető kapacitása lokális elöntéseket okozhat. - Vízminőségi problémák esetén vízminőségi intézkedés, esetleg kárelhárítás is szükségessé válhat. Szervesanyag terhelés a növényzet túlburjánzását okozza, nő a csatorna benőttsége, csökken a vízelvezető kapacitás.	Belterületen nincs beazonosított hatás.	Megfontolást igényel, hogy a tisztított szennyvíz tervezett és ellenőrzött elszikkasztása kedvezőbbé teheti a belterület környéki állapotokat. Hasznosítása és visszatartása kedvezőbb környezeti állapotot okozhat.	*Csatorna elvezető-kapacitás ellenőrzése a bevezetési pontban, valamint a vízrendszer befogadóig történő ellenőrzése.*
Települési ivóvíz-hálózatok kiépülése	- Jó műszaki állapot semleges hatás. Rossz műszaki állapot esetén az elszivárgás fokozza a belvízelöntés kockázatát. - Vízminőség-javító program - ivóvízrendszer dekant vize pontszerű bevezetései növelik a belvízrendszer terhelését.	- Nem megfelelő kivitelezéssel épített rendszereknek, vagy fel nem tárt meghibásodás esetén jelentős beszivárgása lehet, amely a talajvízszint növekedést okozza. - A kis vízmennyiség miatt a belvízrendszerre gyakorolt negatív hatás elhanyagolható.	Jó műszaki állapot semleges hatású. Rossz műszaki állapot kedvező, aszálykár mérséklő hatású.	Jó műszaki állapot esetén nincs be- és elszivárgás. Rossz műszaki állapot esetén az ivóvíz elszivárgás kedvező hatást gyakorol az aszálykárok mérséklésében. De ez műszakilag és gazdaságilag nem fenntartható.	*Talajvízállások változásának ellenőrzése. A talajvíz csökkenésből származóan többlet elvezető-kapacitás áll rendelkezésre.*
MEGVÁLTOZOTT TERÜLETHASZNÁLAT VIZSGÁLATA					
Növénnyel fedettség változása.	Növekedése kedvező hatást jelent a belvízképződésre, csökkenti az elvezetendő víztömeget.	A levélzet párologtató hatása és a gyökérmélység egyes növényfajtáknál vegetációs időn belül is változik, a hatást ennek megfelelően kell figyelembe venni. Pl. fás növényzet kedvezőbb hatású a belvízképződés szempontjából.	Egyes növényfajták hatása változó.	A levélzet párologtató hatása és a gyökérmélység egyes növényfajtáknál vegetációs időn belül is változik, a hatást ennek megfelelően kell figyelembe venni. Pl. fás növényzet növelheti a vízhiányt.	*Növényzet belvízképződésre gyakorolt hatását vizsgálni kell (gyökérzóna, LAI). A többletterhelésre a csatorna kapacitást ellenőrizni kell.*

Vízgyűjtőn végbement változás	Hatás a belvízrendszerre és a belvíz-veszélyeztetettségre		Hatás az aszálykár kialakulására		*Mérnöki feladat a belvízrendszer újra méretezésében*
	Hatás	**Magyarázat**	**Hatás**	**Magyarázat**	
Burkolt felületek növekedése.	Növeli a belvízrendszer terhelését.	A burkolt felületen a csapadékvíz nem tud beszivárogni. Megnő a lefolyási hányad, többletterhelés jelenik meg. A csatorna elégtelen kapacitása miatt elöntések keletkeznek.	Nő a vízhiány által okozott kár.	A vízelvezetés növeli a szárazodás veszélyét. A beszivárogtató felületek eltűnésével elveszik a lehetőség a vizek helyben tartására és beszivárogtatására.	*A belvízrendszer befogadó-kapacitását ellenőrizni kell az érkező többletterhelésre.*
Csatorna-menti semlyékes, mélyfekvésű, vízjárta területek hasznosítása, termelésbe vonása.	Növeli a belvízrendszer terhelését.	A tározó mélyfekvésű területek kárérzékenységének növekedésével azonnali elvezetési kényszer jelentkezik, a terület tározási kapacitása nem hasznosítható. Ezzel egyidejűleg megnő a belvízelvezetés víztömege, a belvízrendszer elégtelen kapacitása esetén elöntés keletkezik.	Nő a vízhiány által okozott kár.	A vízelvezetés növeli a szárazodás veszélyét. A beszivárogtató felületek eltűnésével elveszik a lehetőség a vizek helyben tartására és beszivárogtatására.	*A belvízrendszer befogadó-kapacitását ellenőrizni kell az érkező többletterhelésre. Szükséges csatorna kiöntés elleni védelmének (töltésezés) megtervezése.*
Öntözött területek változása	Amennyiben nő az öntözött terület, növeli a belvízrendszer terhelését.	Az öntözött területek öntözési időszakban vízzel telítettek, ezért a csapadék beszivárgása korlátozott. Nő a csapadékvíz-elvezetés víztömege, a belvízcsatorna elégtelen kapacitása esetén elöntések keletkezhetnek.	Csökkenti az aszálykár mértékét.	A többlet vízkészlet jelentősen csökkenti az aszálykárt.	*Ha az öntözött terület nő, a belvízrendszer elvezető-kapacitását ellenőrizni kell az esetleges többletterhelésre.*

Vízgyűjtőn végbement változás	Hatás a belvízrendszerre és a belvíz-veszélyeztetettségre		Hatás az aszálykár kialakulására		*Mérnöki feladat a belvízrendszer újra méretezésében*
	Hatás	**Magyarázat**	**Hatás**	**Magyarázat**	
EGYÉB HATÁSOK VIZSGÁLATA					
Új utak építése a vízgyűjtőn	Növelheti a területen a belvíz-veszélyeztetettséget.	Megváltoztathatja a vízgyűjtőterületen a lefolyási viszonyokat a felületi lefolyás korlátozottá válik. A burkolt felületen nincs beszivárgás, a csapadék gyors összegyülekezést követően elvezetésre kerül. Burkolt felületről a koncentrált csapadék-bevezetés növeli a csatorna terhelését.	Lokálisan növelheti az aszálykárokat.	Az útfelületek aszfaltburkolatáról kicsi a beszivárgás és nagy az elpárolgás.	*Ellenőrizni kell a vízgyűjtő terület nagyságát és az esetlegesen módosult területről érkező terhelést. Koncentrált bevezetéseknél ellenőrizni kell a csatorna, továbbá az elvezető belvízrendszer kapacitását.*
Talajvízjárás változása	Magas talajvízállás növeli a belvíz-veszélyeztetettséget, alacsony talajvízállás csökkentő tényezőként jelenik meg.	A területi változások hatására hosszútávon megváltozhat az átlagos talajvízállás. A csapadékvíz beszivárgása nőhet, ha csökken a talajvízszint, ezzel csökken a belvízrendszer terhelése. Talajvízállás növekedése esetén fordított a helyzet.	Magas talajvízállás kedvező az aszálykár mérséklése szempontjából, alacsony talajvízállás szárazodási folyamatot növelő tényezőként jelenik meg.	A magas talajvíz hasznosítható vízkészletet jelent, a beszivárgással érkező többlet vízkészlet is kedvező az aszálykár elleni védekezés szempontjából.	*A belvízrendszer befogadó-kapacitását ellenőrizni kell a magas talajvíz többletterhelésre. A csökkenő talajvízállás miatt a csatornarendszerben esetlegesen szabad elvezető-kapacitás teremtődik meg.*
Egyéb koncentrált (pontszerű) bevezetések a vízrendszerekbe (pl. mzg. fűtési célú termál csurgalékvizek, fürdők csurgalékvizei, egyéb vízbevezetések)	Növeli a belvíz-veszélyeztetettséget.	A többletterhelés miatt a belvízcsatorna a belvíztömeget korlátozottan tudja befogadni. Nagyobb elvezető-kapacitás biztosítása szükséges. Egyébként vízminőségi problémákat is okozhatnak a bevezetések.	A vízhiány által okozott kárt mérsékelheti.	A víztöbblet a kedvezőtlen vízminőség problémák miatt nem feltétlenül kívánatos az aszálykár mérséklése tekintetében.	*Csatorna vízelvezető kapacitásának, a vízrendszer befogadóig történő ellenőrzése.*

Vízgyűjtőn végbement változás	Hatás a belvízrendszerre és a belvíz-veszélyeztetettségre		Hatás az aszálykár kialakulására		*Mérnöki feladat a belvízrendszer újra méretezésében*
	Hatás	**Magyarázat**	**Hatás**	**Magyarázat**	
Csatorna kettősműködése (vízpótlásban történő részvétel, pl. öntözés, horgászat)	Növeli a belvíz-veszélyeztetettséget	A vízszolgáltatási időszakban a csatornameder vízzel telt, ezért a belvíztömeg befogadása korlátozott. A csatornában a magas vízállás és az esetlegesen duzzasztott vízterek, az eltérő vízkormányzási gyakorlat a belvízelvezetést nem, vagy csak késleltetetten teszik lehetővé.	A vízhiány által okozott kárt mérsékeli.	A beszivárgás és párolgás a csatornameder közvetlen közelében csökkenti az aszálykárok mértékét.	*Alternatív belvíz-elvezetési, vízkormányzási lehetőségek megteremtése, az eddigi gyakorlat felülvizsgálata szükséges a szélsőséges vízjárási állapotokra felkészülés miatt.*
Természetvédelmi korlátozások	Növeli a belvíz-veszélyeztetettséget	Az előírások bizonyos időszakban tilalmat jelentenek a csatorna fenntartási munkáira. A csatornák korlátozott műszaki állapota csökkentett belvízelvezető kapacitást jelent. Védekezési időszakban lehetőség a vízfolyást gátló akadály eltávolítására, de akkor nehezített körülmények vannak. Vízszinttartási kötelem gátolja a vizek levezetését.	A vízhiány által okozott kárt mérsékeli.	A rossz műszaki állapotú csatorna korlátozott vízelvezető képessége támogatja a vízmegtartást a mederben. Lokálisan életteret biztosít.	*A belvízrendszer elvezető kapacitás számításánál az érintett csatornaszakaszon a simasági tényezőt az elhanyagolt állapotnak megfelelően kell megválasztani, az elvezető kapacitás ellenőrzése szükséges.*
Mezőgazdasági területek drénrendszerei	A felhagyott drénrendszer növeli a lokális belvíz-veszélyeztetettséget.	A felhagyott drénrendszerek hatására lokálisan nem valósul meg a drénezett területekről a vízelvezetés, a rendszer egészének belvízterhelése csökken.	A felhagyott drénrendszer kedvező az aszálykár elleni védelemnél.	A drének nem vezetik el a területről a talajvizet, segíti a vízmegtartást a területen.	*A rossz műszaki állapotú/felhagyott drénekből érkező terhelést az eredeti terhelésnek csökkentett értékkel kell figyelembe venni.*

Vízgyűjtőn végbement változás	Hatás a belvízrendszerre és a belvíz-veszélyeztetettségre		Hatás az aszálykár kialakulására		*Mérnöki feladat a belvízrendszer újra méretezésében*
	Hatás	**Magyarázat**	**Hatás**	**Magyarázat**	
Birtokszerkezet változása	Növeli a belvíz-veszélyeztetettséget	A nagytáblás művelést felváltotta a kisebb parcellák szerinti művelés. Egy-egy kedvezőtlenebb adottságú területen belvízi elöntés keletkezik, míg más területeken nem, ami az egyéni érdekeket sérti. Korábban egy-egy nagytáblán kiegyenlített haszon és kár. Vízrendezési művek beszántása. Közös felelősségvállalás hiánya az új birtokrendszerben.	Növelheti az aszálykárok mértékét.	A közös felelősség vállalás hiánya nem támogatja a közös döntést és közös vízgazdálkodási komplex megoldásokat.	*Nem számszerűsíthető hatás.*
Csatornarendszer eltérő tulajdonosi rendszere	Belvíz-veszélyeztetettség csökkenhet, ha a fenntartási forrás biztosított.	Az állami tulajdon üzemeltetését vgt-től átvették a vízügyi igazgatóságok, továbbá önkormányzati csatornákat is. Önkormányzati tulajdon nagy része önkormányzatoknál maradt. Fenntartási költségviselő csak állam és önkormányzat lett, a területen élők költségviselése megszűnt. Magán tulajdon esetében a tulajdonos kötelezett. Fenntartási költségek elégtelensége esetén a csatornák belvízelvezető képessége korlátozott.	Növelheti az aszálykárok mértékét.	A közös felelősség (költség) vállalás hiánya nem támogatja a közös döntést és közös vízgazdálkodási komplex megoldásokat.	*Nem számszerűsíthető hatás.*

Vízgyűjtőn végbement változás	Hatás a belvízrendszerre és a belvíz-veszélyeztetettségre		Hatás az aszálykár kialakulására		*Mérnöki feladat a belvízrendszer újra méretezésében*
	Hatás	**Magyarázat**	**Hatás**	**Magyarázat**	
Agrártechnika változása: **- „Eketalp" réteg kialakulása** **- talaj degradálódása, a szervesanyag-tartalom kimerülése** **- precíziós talajművelés**	Összességében a belvíz-veszélyeztetettség nő.	- Kötött talajok művelése esetén kialakuló eketalp réteg meggátolja a csapadékvíz mélyebb rétegek felé beszivárgását. A talaj hamar telítetté válik és elöntések keletkeznek. - A talaj szervesanyag-tartalom csökkenése esetén nem tudja a vizet megtartani, nő az elvezetendő belvíztömeg. - A nagyobb védett érték megkívánja a csapadékvíz azonnali elvezetését, lecsökken a tűrési idő, nő az elvezetendő belvíztömeg.	Összességében az aszályosodási folyamatokat fokozza.	A talaj vízháztartási állapotának romlása az aszálykár mérséklése kapcsán is negatív hatást okoz, a talaj nem tudja megtartani a vizeket. A mélybe egyébként beszivárgó vizek az akadályoztatás miatt elvezetésre kerülnek a területről.	*A megnövekvő belvíztömeg számítására jelenleg nincs gyakorlat, de szükséges a hatás figyelembevétele a rendszerek méretezésénél. Erre vonatkozóan további kutatás szükséges.*
KLÍMAVÁLTOZÁS VÁRHATÓ HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA					
Csapadékintenzitás növekedése és szélsőséges csapadéktevékenység	Belvíz-veszélyeztetettség nő.	Az intenzív csapadékok miatt nő az egyidejű vízelvezetési igény, a vízrendszer teljesítőképessége korlátozott, így elöntések keletkeznek.	Aszálykár mértéke és intenzitása nő.	A belvizek elvezetésével csökken a területen megtartott vízkészlet, nő az aszály-kárérzékenység.	*Tervezői feladat a víztöbbletek károkozás nélküli helyben tartásának a műszaki megoldásának kidolgozása. Az intenzív csapadékterhelésre méretezni kell a rendszereket. Erre jelenleg nincs műszaki irányelv - ki kell dolgozni.*

Vízgyűjtőn végbement változás	Hatás a belvízrendszerre és a belvíz-veszélyeztetettségre		Hatás az aszálykár kialakulására		*Mérnöki feladat a belvízrendszer újra méretezésében*
	Hatás	**Magyarázat**	**Hatás**	**Magyarázat**	
Átlaghőmérséklet emelkedése.	Párolgás kedvező a belvízképződés csökkenése szempontjából.	A vízkészlet növekvő intenzitással elpárolog a talajból, ami csökkenti a vízelvezetési igényt, kedvező a belvízi helyzet kezelésében. A "napszivattyú" hatása nagyobb, mint a belvízrendszer műszaki teljesítőképessége.	Aszálykár mértéke és intenzitása nő.	A vízkészlet növekvő intenzitással elpárolog a talajból, ami az aszálykárt fokozza. Csak a káros vizek elvezetését szabad megtenni, fokozni kell a vízkészletek helyben tartását és a vízpótlást.	*A párolgás csökkenti az elvezetendő vízmennyiséget. A vízrendszer méretezésében közvetlenül nem tudjuk figyelembe venni az azonnali elvezetési kényszer miatt. A visszatartott vízkészlet később hasznosulhat. Víztározó kapacitások növelése kell: oldaltározók, talaj.*
Változó klimatikus viszonyok (pl. csapadék megjelenési időszakok, csapadékintenzitás)	Belvíz-veszélyeztetettség nő a kettős (több) hasznosítású rendszerekben.	Az eltérő vízhasználatok eltérő évszakossága összemosódik, pl. megnő a vízhasznosítási időszak, ezzel hosszabb ideig vízzel telt csatornameder, amely nem képes befogadni az intenzív záporokból keletkező megnövekedett víztömeget. Nő a belvízi elöntés kockázata.	Aszálykár mértéke és intenzitása nő.	Az elvezetési kényszer miatt a vízkészletek helyben tartása korlátozott, ami aszálykárt fokozza. Csak a káros vizeket szabad elvezetni.	*Csatorna eltérő funkciók külön választása szükséges. Tározók és új, rugalmas vízkormányzási megoldások kellenek. Vízminőség előtérbe kerül a hasznosítható vízkészletek igénye miatt.*

10. számú melléklet: Kohéziós táblázat

20. táblázat. Kohéziós táblázat *(készítette a szerző)*

Tudományos probléma	Hipotézisek	Kutatási célok	Új tudományos eredmények
		I. hipotézis	
A határ-menti síkvidéki területek belvízmentesítésének intézményes keretét a határvízi egyezmények és szabályzatok biztosítják. Felmerül a kérdés, hogy a jelen egyezmények biztosítják-e a klímaváltozás várható hatásaként kialakuló szélsőséges vízjárási helyzetekben szükségessé váló, a belvizek és egyúttal az aszálykárok elleni védekezés megvalósítását, továbbá a VKI-ban megfogalmazott ökológiai jó állapot célkitűzés elérését.	Feltételezem, hogy az országhatáron átnyúló belvízrendszerekben a jelenlegi belvízvédekezések gyakorlatát és a védekezési szabályzatokat a klímaváltozás miatt várható szélsőséges vízjárási helyzetekhez való alkalmazkodás érdekében felül kell vizsgálni.	Kutatom hazánk belvízi érintettségét nemzetközi vonatkozásban. Ennek során feltárom a határvízi egyezmények történeti fejlődését és a határon átnyúló belvízrendszerek sajátosságait. Vizsgálom, hogy a klímaváltozás kapcsán várható vízgazdálkodási szélsőségek kapcsán a jelenlegi belvízvédelmi szabályzatok megfelelő kereteket biztosítanak-e hazánknak a határon átnyúló belvízvédekezés és aszálykár-elhárítás esetére, illetve a vizek jó ökológiai állapotára vonatkozó intézkedések végrehajtására.	A globális klímaváltozás szcenárióinak kutatása alapján ***bizonyítottam***, hogy a szélsőséges vízjárási helyzetek fokozódásával a belvízvédekezés mellett - az országhatáron átnyúló belvízrendszereket is érintő módon - a vízhiányos időszakok kártételei elleni védekezésre is fel kell készülni. Előzetes vizsgálataimra alapozva ***feltártam***, hogy határvízi egyezmények belvízvédekezési tevékenységet érintő szabályozása kizárólag a víztöbbletek időszakára vonatkozó rendelkezéseket tartalmaznak. ***Megállapítottam*** továbbá, hogy az általános érvényű felülvizsgálati módszertan szükséges a határon átnyúló belvízrendszerekben a kisvízi állapotok kezelésére, a víz keretirányelv szerinti ökológiai állapotok javítására, valamint a természetes vízjárási helyzetek visszaállítására vonatkozó közös intézkedések meghatározására.

Tudományos probléma	Hipotézisek	Kutatási célok	Új tudományos eredmények
		II. hipotézis	
Az utóbbi évek jogszabályi változásai megerősítették az állam szerepét a belvízvédekezés kapcsán. Felmerül a kérdés, hogy a végrehajtott jogszabályi és szervezeti változásokon túlmenően milyen egyéb intézkedésekkel lehet a belvízvédekezés állami alapfeladatát támogatni és hatékonyabbá tenni.	Feltételezem, hogy a belvizek kártételei elleni védekezés eredményessége kapcsán, főként a megelőzésben, további lehetőségek tárhatók fel, amely megvalósításban az állami közigazgatási szervezetek együttműködése szükséges.	Vizsgálom a belvizek elleni védekezés történetiségén, valamint a belvíz elleni védekezés jogi hátterén keresztül a belvízvédekezésben az állam irányítói szerepét. Kutatom a további lehetőségeket a védekező szervezetek együttműködésére, amely a belvíz elleni védekezés hatékonyságát javítják, különös tekintettel katasztrófavédelmi veszélyhelyzetet okozó belvíz esetében. Elemzem a határon túli országok gyakorlatát a belvízvédekezésben az egyéni és állami felelősségvállalás kapcsán.	A belvízrendszer teljesítőképességére vonatkozóan az egyéb csatorna-funkciók és igények vizsgálatával ***meghatároztam***, hogy a belvízvédekezésre gyakorolt negatív hatás csökkentése érdekében a megelőzésben az érintett szervezetek együttműködése és egységes eljárásrend alkalmazása szükséges a rendezetlen tulajdoni viszonyokkal rendelkező csatornák vízjogi üzemeltetési engedélyezése, valamint a többcélú hasznosítású vízrendszerekben a belvízvédelem elsődlegességét biztosító üzemeltetési vízjogi engedélyezés kapcsán.

Tudományos probléma	Hipotézisek	Kutatási célok	Új tudományos eredmények
		III. hipotézis	
A belvízrendszerek valódi terheltségének kapcsán számos kérdés merül fel. Így a földárja jelenséggel érintett területen akkor is előfordulhat belvízzel kapcsolatos esemény, amikor azt a helyi hidrológiai helyzet nem indokolja. Továbbá a vízgyűjtő területeken az emberi tevékenység hatására változások következtek be. Kérdés, hogy a belvízrendszerek méretezésére vonatkozó irányelvek képesek-e a belvízrendszert érő hatásokat kimutatni, amely kihat a belvízvédekezés eredményességére.	Feltételezem, hogy a belvízrendszerek méretezésére vonatkozó irányelvek a talajvízből származó terheléseket nem megfelelő hangsúllyal kezelik, különös tekintettel a földárja jelenség által érintett területeken. Feltételezem továbbá, hogy a vízgyűjtőterületeken a korábbiaktól eltérő területhasználat és az emberi tevékenység megváltoztatta a belvizek összegyülekezési és lefolyási feltételeit, amelyet a jelenlegi méretezési elvek nem tudnak kezelni. Feltételezem, hogy belvízrendszert érő emberi tevékenységből eredő, valamint a talajvíz és a földárja jelenség belvízrendszerre gyakorolt hatása hidrodinamikai számításokkal meghatározható.	Vizsgálom a belvízrendszerek jelenlegi méretezési gyakorlatát, hogy alkalmasak-e a talajvízből, így a földárja jelenségből és a megváltozott területhasználatból eredő hatást kimutatni, amely a hatékony belvízmentesítés érdekében szükségszerű. Ennek érdekében feltárom és rendszerezem a területhasználati változásokat, melyek feltételezett hatással vannak a belvizek összegyülekezési és lefolyási viszonyaira. Kutatom a hazai és a külföldi példák alapján a belvízi folyamatok leírására, a változások kimutatására alkalmas hidrológiai modelleket. Feltárom és elemzem egy földárja jelenséggel érintett mintaterületen a kiválasztott hidrodinamikai modell segítségével a talajvíz, a megváltozott területhasználatok és emberi tevékenység belvízrendszerre gyakorolt hatásait.	Az emberi tevékenységek és területhasználati változások belvízrendszerre gyakorolt hatásainak elemzése és rendszerezése, valamint a belvízrendszerek méretezésre vonatkozó jelenlegi irányelvek vizsgálata alapján ***igazoltam***, hogy a jelenleg alkalmazott módszerek nem használtatók fel a dinamikus és időben változó folyamatok, így a talajvízszint-változás (a földárja), továbbá a területhasználat megváltozásából eredő terhelések meghatározására. Az így azonosított tudományos probléma megoldása érdekében - az általam kidolgozott számítási eljárásban felhasznált hidrodinamikai modell segítségével - kísérleti jelleggel konkrét mintaterületen számszerűsítve ***kimutattam*** a belvízrendszert terhelő talajvíztömeg, a helyi sajátosságként megjelenő földárja hatását, valamint a területhasználatok megváltozása kapcsán megjelenő belvízhozam terheléseket. Mintaterületi eredményeim a védelemvezetői műszaki intézkedések és döntések tudományos módon történő megállapodásához járulnak hozzá.

Tudományos probléma	Hipotézisek	Kutatási célok	Új tudományos eredmények
IV. hipotézis			
A jelenlegi, belvízrendszer méretezésére vonatkozó irányelvek elavultak. A belvízrendszerek mértékadó terhelését a területi változások miatt időről-időre felül kell vizsgálni, amelyre vonatkozóan nincs egységes álláspont és gyakorlat.	Feltételezem, hogy az elvégzett vizsgálataim és a modellezés eredményei alapján meghatározható egy olyan módszertan, amely alapján más belvízrendszerek méretezési felülvizsgálata is végrehajtható.	Vizsgálom a lehetőségét a kutatási eredményeim és a mintaterületi vizsgálat alapján más vízrendszerek felülvizsgálatára is alkalmas egységes módszertan kialakítására.	Az előzetes kutatási eredményeimre és a mintaterületi számításokra alapozva műszaki módszertant ***dolgoztam ki*** a vízgyűjtők és a belvízrendszerek egységes rendszerszemléletű és komplex, azaz a víztöbbletek és egyúttal a vízhiányos időszakokra vonatkozó felülvizsgálatára, amely a védelemvezetői döntést alátámasztó tervezésben és az intézkedések meghatározásában más vízrendszerek esetében is általános jelleggel alkalmazható.