

NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM
Katonai Műszaki Doktori Iskola

Doktori (PhD) értekezés

Dobó Kristóf

Budapest, 2023

NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM

Katonai Műszaki Doktori Iskola



Dobó Kristóf

Differenciált árvízvédelem Magyarországon

Doktori (PhD) értekezés

Témavezetők

Dr. Padányi József
vezérőrnagy

Dr. Tóth Rudolf
ny. dandártábornok

Budapest, 2023

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	6
1.1. A témaválasztás indoklása, aktualitása, a tudományos probléma megfogalmazása ...	8
1.2. Kutatási hipotézisek.....	10
1.3. Kutatási célkitűzések	11
1.4. Kutatási módszerek.....	11
1.5. Az értekezés felépítése, a kutatási témakör körülhatárolása és szűkítések	12
1.6. Irodalmi áttekintés, a tudomány jelenlegi állása a témában	14
1.6.1. Kvassay Jenő Terv – Nemzeti Vízstratégia	14
1.6.2. Árvízi veszély- és kockázati térképezés és tervezés	15
1.6.3. ENSZ Fenntartható fejlődés céljai	16
1.6.4. Hazai és nemzetközi szakirodalom áttekintése.....	16
2. A HAZAI ÁRVÍZVÉDELLEM KIALAKULÁSA, ÉRTÉKELÉSE A LEHETSÉGES FEJLESZTÉSEK FELTÁRÁSÁVAL	20
2.1. A hazai árvízvédelmi rendszer kialakulása	21
2.2. A hazai árvízvédelmi rendszer értékelése	28
2.2.1. A felmérés célja.....	28
2.2.2. A felmérés hipotézise	28
2.2.3. A felmérés célcsoportja, a minta	28
2.2.4. A felmérésre adott válaszok értékelése	29
2.3. Részkövetkeztetések.....	33
3. ÁRVÍZVÉDELMI STRATÉGIAI IRÁNYOK ELEMZÉSE	34
3.1. A hazai vízgazdálkodás kihívásai az éghajlatváltozás tükrében	34
3.1.1. Hőmérsékletváltozás hatása a hazai vízgazdálkodásra	35
3.1.2. Csapadék hatása a hazai vízgazdálkodásra	38
3.1.3. Szélsőségek növekedésének hatásai a hazai vízgazdálkodásban.....	38
3.2. Stratégiai fejlesztési irányok változása az éghajlatváltozás tükrében	42
3.2.1. A Tisza árvízvédelmi rendszerének megújítása: a Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése	42
3.2.2. Árvízi veszély és kockázati térképezés	45
3.2.3. Mértékadó árvízszintek felülvizsgálata.....	50
3.2.4. Nagyvízi mederkezelési tervek és azok hatásai a levonuló árvízszintekre	52
3.2.5. Árvízi védőképesség helyreállítása	58
3.3. Részkövetkeztetések.....	59

4. AZ ÁRVÍZI IRÁNYELV VÉGREHAJTÁSÁNAK ELEMZÉSE NEMZETKÖZI PÉLDÁKON KERESZTÜL	61
4.1. Infrastrukturális fejlesztések hatásai az árvízi kockázatokra.....	63
4.2. Az elkészült veszély és kockázati térképekből levonható megállapítások.....	64
4.3. Az EU Irányelvben megfogalmazottak gyakorlati alkalmazása.....	65
4.4. Árvízvédelmi fejlesztések finanszírozhatósága.....	65
4.5. Fejlesztések prioritizálása.....	66
4.6. Fejlesztések költség-kockázat elemzése.....	67
4.7. Biztosítási rendszer.....	68
4.8. Földhasználat váltás és területrendezés.....	69
4.9. Árvízvédelmi fejlesztések kiépítési szintjei.....	70
4.10. Részkövetkeztetések.....	71
5. ÁRVÍZVÉDELMI ELLENÁLLÁST NÖVELŐ INTÉZKEDÉSEK ÉS AZOK HATÁSAI	73
5.1. A vizsgált szolnoki ártéri öblözet védvonalainak fejlesztése és azok hatásai a mentett oldali kockázatokra.....	73
5.2. Az öblözet védelmi rendszerének fejlődése.....	74
5.3. Vasbeton árvízvédelmi fal roncsolásmentes vizsgálata.....	81
5.3.1. Vizsgálatom célkitűzése és hipotézise.....	82
5.3.2. Keménység fogalma és keménységmérési módszerek.....	83
5.3.3. Beton keménységmérése rugalmas visszapatánás elvén.....	84
5.3.4. A visszapatánási értékek és nyomószilárdság összefüggése.....	87
5.3.5. A helyszíni mérés ismertetése és az eredményeiből levonható következtetések.....	91
5.4. Árvíz elleni operatív védekezés napjainkban.....	96
5.5. Az árvízi ellenállást növelő fejlesztések kockázatcsökkentő hatása.....	99
5.6. Részkövetkeztetések.....	99
6. ÁRVÍZVÉDELMI TERHELÉST CSÖKKENTŐ INTÉZKEDÉSEK ÉS AZOK HATÁSAI	100
6.1. A nagyvízi meder vízszállító képességét növelő beavatkozás hatásai.....	100
6.1.1. A Kisköre-Szolnok között tervezett beavatkozások hatásainak elemzése a 2006. évi árhullámra.....	105
6.2. A Közép-Tiszai VTT árvízcsúcs-csökkentő tározók ismertetése és hatásainak elemzése.....	111
6.3. A humán védelmi képességének bemutatása, több, egyidejű vízár események hatékony kezelésének humán erőforrás igénye.....	116
6.4. Árvízvédelmi gyakorlópálya bemutatása és szerepe az ágazati szakember utánpótlásban.....	118

6.5.	Honvédelmi képességek szerepe a hazai vízkárelhárításban.....	120
6.6.	Az árvízi terhelést csökkentő fejlesztések kockázatcsökkentő hatása.....	127
6.7.	Részkövetkeztetések.....	131
7.	ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK	132
7.1.	Új tudományos eredmények.....	132
7.2.	A kutatási eredmények gyakorlati felhasználhatósága.....	133
7.3.	Ajánlások.....	133
7.4.	További kutatási javaslatok.....	134
8.	FELHASZNÁLT IRODALOM	135
9.	A TÉMAKÖRBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM	143
10.	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	145

1. BEVEZETÉS

Doktori értekezésem írása közben nagy hatással volt rám Kvassay Jenő¹, 1875-ben írt Vizeinkről c. tanulmánya, olyannyira, hogy bevezetőként az ő gondolatain keresztül mutatom be a jelenkor vízgazdálkodásának legégetőbb kérdéseit.

Arra döbbsentem rá, hogy a könyv meglepően releváns mindazokra a szakmai kérdésekre, melyekkel napjaink szakemberei szembesülnek a vízgazdálkodás terén. Az, hogy ez a mű majdnem 150 évvel ezelőtt íródott, csak növeli meglepő erejét és aktualitását.

Az emberiség a történelem során a veszélyekre és a katasztrófákra az elmenekülés helyett „együttéléssel” reagált, törekedve azok megelőzésére, illetve kivédésére.

Rávilágított arra, hogy amikor az ember beavatkozik a természetbe bárminemű műszaki létesítménnyel, akkor ez komoly előkészületet és felelősségteljes műszaki tervezést követel. Ugyanakkor hangsúlyozza, hogy a természetes környezetben előforduló megannyi tényező nagy figyelmet igényel, és ezeket együttesen kell kiértékelnünk, ha valamilyen műszaki létesítményt szeretnénk elhelyezni.

„Bármennyire magasztosnak és hősiességnek tűnjék is fel a természet ellen küzdeni, de ha e küzdelem a biztos vereség csiráját rejt magában, a harcot ily legyőzhetetlen ellenséggel meg nem kezdeni – az eszélyesség parancsolja.” [1; 5. o.]

Arra is kitér, hogy miközben az árvízvédelmi rendszerek építése és folyamatos fejlesztése elkerülhetetlen feladat, figyelemmel kell lenni a közvetlen árvíz kivédése mellett a mentett oldalon növekvő kockázatra is.

„A folyók medrének emelkedése következtében a gátakat és töltéseket évről évre kell nagyobbítani s a veszélyek a helyett hogy csökkennének, folyton növekednek.” [1; 6. o.]

Kvassay Jenő ugyanakkor felhívja a figyelmet az aszályos időszakok kezelésére is. 2022-ben találkoztunk ilyen rendkívül csapadékszegény időszakkal, miután sok éven át nem tapasztaltunk hasonlót.

„Mi haszna van, hogy azon roppant víztömegnek, melyek a védgátok közé szorított Tisza medrének gyakran a roppant költséggel létesített védgátak veszélyeztetése mellett tavaszunkint

¹ Kvassay Jenő (1850 – 1919), a Nemzeti Vízstratégia névadója, a 19. századi vízzel kapcsolatos intézményi és műszaki alapok lefektetője és a komplex vízgazdálkodás és vízpolitika megteremtője

az országból mintegy számüzetnek? Bizonyára semmi. Igyekszünk a víztől szabadulni minden áron, a nyári hónapokban azután epedve óhajtjuk: bár a számüzött víztömegnek egy részét legalább visszavarázsolhatnók.” [1; 15. o.]

Arra is rávilágít, hogy a töltésépítés mellett ki kell alakítani olyan tározókat, amelyek képesek a fölösleges vizeket visszatartani.

„Az ármentesítés legbiztosabb és tartósabb módja a folyó nagy vizének kellő terjedelmű természetes medenczékbe, tavakba való bevezetése, és visszatartása mindaddig, míg lassankint az ilyenképpen felfogott víz öntözés, ipari használat vagy mozgó erő alakjában eme medenczéből lefolyatva el nem használtatik.” [1; 32. o.]

Kiemelendő, hogy az árvíz kialakulása nem katasztrófa, hanem egy természetes jelenség. Az iparosodásból és a népesség növekedéséből adódó ártéri területekre történő terjeszkedésből viszont veszélyes természeti jelenséggé vált.

„Hogy az áradások feltétlenül és minden viszonyok között károsak lennének – az mára a dolog természetéből könnyen megczáfolható: Egyiptom a Nilus áradásainak köszöni kiapadhatatlan forrását gazdaságának és jólétének. Tehát nem az áradás maga, hanem annak szabálytalan, szilaj lefolyása és mente az, mi kárt okoz és a mi megszüntetendő.” [1; 75. o.]

Napjainkban a vízgazdálkodás terén az egyik legfontosabb „hívószó” a vízvisszatartás, amelyre Kvassay is kitér.

„Lehetetlen át nem látnunk, hogy utódaink utja és a mi eddigi utunk egymással homlokegyenest ellenkeznek: míg mi folyóink szabályozásával azok vizét gyorsan levezetni törekedtünk, addig unokáink gátakkal fogják azokat torlasztani és az országban visszatartani.” [1; 115. o.]

Végszóként megfogalmazza mindazt, amiért elődeink és mi is dolgozunk. Mindannak a sok évszázados tervezésnek, építésnek és fejlesztésnek az eredményét, amelyeket röviden a bevezetőmben bemutatam.

„Adja az ég mielőbb megérnünk azt az időt, hogy ismét mint honfoglaló apáink korában, rétgazdag és halban bővelkedő ország lakójának nevezhesse magát a magyar.” [1; 118. o.]

Értekezésemben igyekszem ezt a komplex látásmódot alkalmazni annak érdekében, hogy az árvízvédelmi rendszer további fejlesztése hosszú távon fenntartható legyen és a jövő generációjának is biztos alapot nyújthasson.

1.1. A témaválasztás indoklása, aktualitása, a tudományos probléma megfogalmazása

„Kevés olyan hely van a világon, ahol súlyos következményekkel fenyegető árvíz, belvíz és aszály egyaránt előfordulhat. A Kárpát-medence, s ezen belül különösen a Tisza-völgy magyarországi része, ilyen hely. Az árvíz, a belvíz és az aszály minél jobb megismerése és előrejelzése rendkívül fontos az egész társadalom és a gazdaság számára. Bekövetkezésükre föl kell készülni, adott esetben védekezni kell ellenük, illetve amennyire lehet – alkalmazkodni kell hozzájuk.” [2; 433. o.]

Az éghajlatváltozás hatásait a hétköznapi ember már nem csak a tankönyvekből tanulmányozhatja, hanem a „bőrén érezheti” a mindennapi élete során. Az időjárási szélsőségek okozta hatások kezelése új módszereket igényel.

A napjainkban érzékelhető rendkívüli aszályok is az éghajlatváltozásnak köszönhetőek. A vízhiányos időszakok kezelésén túl azonban figyelemmel kell lennünk arra is, hogy a folyóinkon bármikor bekövetkezhet egy minden eddiginél nagyobb árvíz. Ezekre az időjárás okozta szélsőségekre az eddigiektől merőben eltérő műszaki megoldásokat kell alkalmazni.

Magyarország egyik legnagyobb természeti értéke és egyben talán a legnagyobb veszélyforrása is a víz. Az ország több, mint egynegyede fekszik a folyók árvízszintje alatt. Ennek oka többrétű. Az árvizeknek való kitettségünk adódik a medence jellegű földrajzi elhelyezkedésünktől, valamint abból, hogy őseink a folyó mentén telepedtek le, és később a mezőgazdasági és az ipari termelés nagy részét is itt alakították ki. [3]

Az idő előrehaladtával a folyók által elöntött területeket elkezdtek beszűkíteni, hogy növeljék a termőterületeket. A folyószabályozási és ármentesítési munkálatok elengedhetlenné váltak az ország gazdasági fejlődése érdekében. Az árterek szűkítése viszont azzal járt együtt, hogy az árvizeknek való kitettségünk nőtt. Amíg a „rég” ember tudott a természettel és az árvizekkel együtt élni, addig a „modern” ember a fejlett technikai tudásával „megregulázta” a folyókat, az értékes mezőgazdasági területeket megművelte és az ipari tevékenységének a nagy részét a hajózható folyók mellé telepítette.

A folyók árvizei kimutathatóan egyre nagyobb vízszintekkel vonulnak le, így potenciálisan egyre nagyobb területeket veszélyeztetnek. A közelmúlt eseményei is mind ezt bizonyítják. Az elmúlt évtizedekben a hazai folyókon mért árvízvízszintek tendenciája egyre emelkedő, sőt, számossága is nő.

A hazai jogszabályok világosan fogalmazzák. Az állam alapfeladata az árvizek elleni védelem szavatolása. Jelenleg, az ország jelentős részén a 74/2014 BM rendelet (a folyók mértékadó árvízszintjeiről) szerint száz évente egyszer előforduló árvízszintet tekintjük tervezési alapadatnak. Ez alól csak a kiemelt kockázattal bíró városok a kivételek, ahol ez a szint az ezer évente egyszer előforduló árvízszint.

Az ország árvízvédelmi stratégiája egy társadalmi-gazdasági-műszaki vonatkozású összetett kérdés. A feladat világos: olyan árvízvédelmi rendszert kell kialakítanunk, amely társadalmilag elfogadható kockázatokon alapul, gazdaságilag elviselhető és műszakilag kivitelezhető, valamint hosszú távon fenntartható.

A töltésfejlesztések elengedhetetlen részei a hazai árvízvédelmi stratégiánknak, viszont nagy hangsúlyt kell fektetni az árvízi levezető sávok fenntartására, az árvizek „csúcsát” lementszeni képes tározórendszer építésére és az operatív védekezést végrehajtó humán erőforrásainkra is. Ez a négy egymástól el nem választható, és egymás hatását növelő építőelem jelenti a gerincét a hazai árvízvédekezésünknek.

A folyókat beszorítottuk a nagyvízi medrükbe, amely magával vonta azt a tényt is, hogy ha nem tartjuk fent az árvíz levezető képességet ebben a szűk sávban, akkor a töltéseinket az „egyekig” kell emelnünk.

Az éghajlatváltozás okozta szélsőségek megnövekedése azonban új megközelítést követel meg tőlünk. A modern technikai fejlesztéseknek köszönhetően rendelkezésünkre állnak azon hidrodinamikai modellek, amelyek felhasználásával pontosabb képet kaphatunk a nagyvízi mederben lejátszódó folyamatokról. Az Európai Unió Árvízi Irányelvében megfogalmazottaknak megfelelően kidolgoztuk a töltések mentett oldalán kialakuló árvízi veszély-, és kockázati térképeket. A tervek és térképek felhasználásával véleményem szerint a jövőbeni töltésfejlesztéseink során nem csak a hidrológiai statisztikai számításokon alapuló árvízszintek tekinthetők tervezési alapként, hanem a mentett oldal felől közelítő, az ottani kockázatcsökkenést figyelembe vevő differenciált fejlesztési szint is meghatározható és figyelembe vehető.

Differenciált árvízvédelem fogalma alatt saját fogalom meghatározásom szerint az alábbiakat értem:

A differenciált, tehát az árvízvédelmi töltés mentett oldali kockázati értékén alapuló fejlesztés alapvető célja olyan fenntartható árvízvédelmi rendszer kialakítása, amelynek az

árvízvédelmi biztonság megteremtésén túl egyértelmű a társadalmi elfogadottsága és hatékonysága.

A differenciált árvízvédelmi szintre történő fejlesztés biztosítja a korlátozottan rendelkezésre álló források hatékonyabb felhasználását, ezáltal a fejlesztés ráfordításaihoz képest maximális az árvízi kockázatsökkenés mértéke.

A fentiekben bemutatott tények rávilágítanak arra, hogy a hazai árvízvédekezésben is elérkezett az idő a paradigmaváltásra, amit a szélsőséges időjárási körülmények is sürgetnek. Véleményem szerint rendelkezésre állnak azon adatok, amelyek hozzásegíthetnek a kockázati alapon tervezett árvízvédelmi stratégia kidolgozásához.

1.2. Kutatási hipotézisek

Az értekezésemben az alábbi hipotéziseket szeretném igazolni:

- ***Feltételezem***, hogy a vízügyi ágazatban dolgozó kollégák körében elvégzett felmérés eredményét összevetve a hazai és nemzetközi gyakorlattal, segít a hazai kockázat alapú árvízi védekezés alapjainak meghatározása során, és bizonyítható, hogy ennek megvalósítása növeli a védekezés hatékonyságát és gazdaságosságát.
- ***Feltételezem***, hogy vízügyi ágazatban fellelhető fejlesztési és árvízvédekezési adatok felhasználásával bizonyíthatók a jelenlegi árvízvédelmi stratégia hosszú távú fenntartásának nehézségei és korlátai. Feltételezem továbbá, hogy az elkészült árvízveszély-, és kockázati térképek felhasználásával megvalósítható a hazai védvonalak egyenszilárdsága, továbbá számszerűsíthetőek a kockázati alapokon tervezett árvízvédelmi fejlesztés várható eredményei.
- ***Feltételezem***, hogy a hasonló földrajzi fekvésű és hidrológiai helyzetű országok előírásainak és árvízvédelmi stratégiájának vizsgálatai felhasználható a kockázati értéken alapuló hazai fejlesztés során.
- ***Feltételezem***, hogy védvonalainkon a lokálisan gyenge szakaszokon kell a fejlesztéseket végrehajtani, mert ezek felszámolásával, viszonylag kis költségráfordítással jelentős csökkenés érhető el a töltések mentett oldalán jelentkező árvízi kockázatok értékében.

1.3. Kutatási célkitűzések

Disszertációmban arra vállalkozom, hogy az árvízvédelmi töltések mentett oldali kockázati értékeiből kiindulva megteremtsem a differenciált árvízvédelmi stratégia alapjait és rávilágítsak arra, hogy a jelenlegi, merev szabályozás nem tartható fent hosszú távon az éghajlatváltozás okozta szélsőségek megnövekedése miatt.

- **Célom**, hogy a vízügyi ágazatban dolgozó és elismert szakemberek véleményének felmérésén és annak értékelésén keresztül, valamint nemzetközi gyakorlati példák alapján bemutassam a kockázat alapú árvízi fejlesztés lehetőségeit, és bizonyítsam annak hatékonyságát és gazdaságosságát.
- **Célom**, hogy a hazai árvízvédelmi stratégia változásának vizsgálatával bizonyítsam, hogy a kockázati alapokon számított fejlesztési szint hosszú távon fenntartható megoldás.
- **Célom**, hogy a környező országok árvízvédelmi fejlesztési koncepciójának vizsgálatával és elemzésével bizonyítsam a differenciált árvízvédelmi stratégia helyességét és feltárjam azokat a módszereket és megoldásokat, amelyek a hazai védekezés során adaptálhatók.
- **Célom**, hogy a szolnoki ártéri öblözet példáján keresztül bemutassam a kockázat alapú differenciált árvízvédelmi szint számítását és bizonyítsam azt, hogy erre a szintre történő töltésfejlesztés költség-kockázat szempontból előnyösebb a jelenlegi jogszabályban előírtnál.

1.4. Kutatási módszerek

A kitűzött célok végrehajtása érdekében az alábbi módszerekkel dolgozom:

- **Gyakorlati példákkal, valamint kérdőíves felméréssel és értékelésével bizonyítom**, hogy szükségeszerű és időszerű egy költségghatékonyabb árvízvédelmi tervezési szint kidolgozása. Helyszíni roncsolásmentes vizsgálatot végzek egy kijelölt öblözet vasbeton - védvonal szakaszán, annak érdekében, hogy meg tudjam határozni a lokálisan gyenge védvonal szakaszokat. Továbbá vizsgálom, hogy milyen jogszabály-módosítások szükségesek a differenciált árvízvédelmi stratégia megvalósításához, javaslatot teszek ezek bevezetésére.

- Az éghajlatváltozás okozta szélsőségek növekedésének és a nagyvízi mederben bekövetkezett változások elemzésével **vizsgálom**, hogy a folyóinkon levonuló árvizek szintjei hogyan változtak és milyen emelkedő tendenciát mutatnak.
- **Elemzem** a környező országok árvízvédelmi előírásait, árvízi védőképességet befolyásoló tényezőit annak érdekében, hogy össze tudjam hasonlítani a hazai árvízvédelmi stratégia fejlődésével.
- **Elemzem** az Európai Unió Árvízi Irányelvét, a környező országok árvízvédelmi stratégiáinak előírásait, árvízi védőképességet befolyásoló tényezőit és a védekezés gyakorlati tapasztalatait annak érdekében, hogy össze tudjam hasonlítani a hazai árvízvédelmi stratégia fejlődésével és megoldásaival.
- A rendelkezésemre álló adatok, információk és számítási módszerek alapján, **bemutatom és számszerűsítom** a terhelés csökkentő és az ellenállás növelő intézkedések kockázatcsökkentő hatását. Több szintre modellezem a töltésépítés, árvíz elleni védekezés, töltésellenállás, és tározóhatás mentett oldali hatásait.

1.5. Az értekezés felépítése, a kutatási témakör körülhatárolása és szűkítések

Doktori értekezésemet 5 fejezet alkotja. Az **1. főfejezetben** bemutattam a kutatási témaköröm szakmai aktualitását, hipotéziseimet, célkitűzéseimet és kutatási módszereimet. Feltártam és kiértékeltem a hazai és nemzetközi szakirodalomban a kockázat alapú árvízi tervezés és fejlesztés eddig lefolytatott kutatásait.

Az **2. főfejezetben** a hazai árvízvédelmi rendszer fejlődését és az árvíz elleni védekezés szervezeti felépítését, értékelését tárom fel.

Bemutatom a hazai árvízvédelmi rendszerben rejlő fejlesztési lehetőségeket, amelyek hozzá segíthetnek egy rugalmasabb, árvíz kockázat számításon alapuló védekezési stratégiához.

A **3. főfejezetben** elemzem az elmúlt 50 év hazai árvízvédelmi stratégiai irányainak változását, valamint a vízgazdálkodás kihívásait az éghajlatváltozás tükrében. Meghatározom a differenciált árvízi védekezés fogalmát, jelentőségét és alkalmazhatóságának kritériumait is.

Részletesen bemutatom a tervezési alapadatként szolgáló mértékadó árvízszint számítását, az árvízcsúcs-csökkentő tározók szerepét, valamint a nagyvízi mederben tervezett beavatkozásokat és azok árvízszint csökkentő hatását.

A tervezett beavatkozásokon és számításokon túl hosszú idősoros adatok felhasználásával elemzem a hazai folyók árvízszint növekedésének okait.

A **4. főfejezetben** nemzetközi példák alapján mutatok rá az országok árvízvédelmi képességeit befolyásoló tényezőkre és árvízvédelmi stratégiai jellemzőire.

Az árvízi védekezés két nagy csoportra bontható, melyekkel az **5. és 6. főfejezetben** foglalkozok részletesen. Az egyik csoportot alkotják mindazon beavatkozások, amelyek az árvízi terhelést csökkentik, ezáltal csökkentik az árvízvédelmi töltésre háruló nyomást. A másik csoportot képezik azok az intézkedések, amelyek a töltés árvíz elleni ellenálló képességét növelik.

A két intézkedési csomag egyaránt hat a töltés mentett oldali kockázatára. Ezt a kockázatot számításokkal fogom igazolni. A Tisza-völgyben kiválasztottam egy ártéri öblözetet², amelyre minden fent bemutatott hatás számítható.

Részletesen foglalkozom az ellenálló képesség csökkenését okozó, árvízvédelmi rendszert alkotó vasbeton árvízvédelmi fallal, amelynek roncsolásmentes beton vizsgálatával becsülhető annak védőképessége. Egyetemi éveim alatt részt vettem egy kutatásban, amely a beton szerkezetek roncsolásmentes szilárdságvizsgálatával foglalkozott. Az ott elért eredmények és következtetések felhasználásával terepi mérést végeztem a kiválasztott ártéri öblözet árvízvédelmi fala esetében és meghatároztam a műszaki állapota miatti mentett oldali kockázatcsökkenés hatását.

Az értekezés kizárólag a folyók ártéri öblözeteivel foglalkozik részletesen, a kisvízfolyások, patakok árvízi biztonsági kérdéseit a terjedelmi korlátok miatt nem fejtettem ki.

A tervezett beavatkozások és fejlesztések mentett oldali kockázatcsökkentő hatásait az elkészült árvízi veszély és kockázati térképek felhasználásával számítottam.

Definíciók:

kockázat: az előntési valószínűség és az előntés hatásának, az előntési kárnak a szorzata.

A kockázat tapasztalati tények alapján valószínűség számítással megbecsülhető. A kockázat mértékét gyakran a kockázati esemény előfordulási valószínűségének és a kockázati esemény 0-1 között változó relatív skálán becsült súlyosságának szorzatával fejezik ki. [4]

² A folyó mentett árterének természetes vagy mesterséges elhatárolásokkal elkülönülő rész-vízgyűjtője, amelyet a folyó adott pontján kialakuló nagyvizei (védművek nélkül, vagy azok védőképességének megszűnte esetén) elönthetnek. [4]

árvízi kockázat: Veszélyeztetett területek elöntési kockázatainak meghatározása a rendelkezésre álló hidrológiai adatok alapján, és az ebből származó károokra való felkészülés lehetőségeinek megvizsgálása. Az előrejelzések alapos elemzésével megállapítható, hogy az adott területek védelme érdekében védművek építésére, illetve szervezett védekezési intézkedésekre van-e szükség, és ha igen, akkor milyen mértékben és milyen gyakorisággal vállalhatók az elöntések következményei. [4]

védőképesség: megmutatja, hogy az árvízvédelmi mű milyen árvízi terhelésnek képes ellenállni mechanikai sérülés nélkül

egyenszilárdságú védvonal: egy ártéri öblözetet határoló árvízvédelmi védvonal szakasz azonos védelmi biztonságúra történő kiépítettsége magassági, geometriai, talajmechanikai értelemben

lokálisan gyenge szakasz: egy ártéri öblözetet határoló árvízvédelmi védvonal szakasz nem azonos védelmi biztonságú alszakasza, mely kiépítettségét tekintve (magassági, geometriai, talajmechanikai értelemben) jelentősen eltér a szakasz többi részétől

árvízvédelmi stratégia: egy ország hosszú távú árvízvédekezési koncepciója, amely figyelembe veszi az ország gazdasági teljesítőképességét

kockázati profil: meghatározza azt az elfogadható kockázat szintjét, amelyet az ártéri öblözetben élő egyén kész és képes elfogadni

1.6. Irodalmi áttekintés, a tudomány jelenlegi állása a témában

A szakirodalmi összefoglalóban bemutatom a hazai és nemzetközi szakirodalom kutatásomhoz leginkább kapcsolódó anyagait. A cikkek és könyvek mellett áttekintem a témában releváns jogszabályokat és ajánlásokat is.

1.6.1. Kvassay Jenő Terv – Nemzeti Vízstratégia

A Kormány 2007 tavaszán fogadta el a Nemzeti Vízstratégiát, a Kvassay Jenő Tervet, benne azokkal a célokkal, hogy:

- fokozódjék a vízvisszatartás és ennek révén jobban hasznosítsuk vizeinket,
- térjünk át a veszélyhelyzet-elhárítás orientált vízkárelhárításról a megelőzés-központú vízgazdálkodásra,
- javítsuk a vizeink minőségi állapotát, érjük el azok jó állapotát,

- a minőségi víziközmű-szolgáltatás és a csapadékvíz-gazdálkodás rendszere elviselhető fogyasztói teherviselés mellett működjék.

Véleményem szerint nagy eredmény, hogy a magyar vízgazdálkodás rendelkezik 2030-ig szóló célkitűzéssel, és annak végrehajtását szolgáló, 2020-ig végrehajtott intézkedési tervvel. Kiemelkedő siker szakmánk történelmében, hogy kormányzati rangra emelt szakpolitika birtokában végezhetjük a munkánkat.

A stratégiai terv szemléletváltó gondolatként jelöli meg a kutatásom témáját is, a mérlegelt védelem és a differenciált árvízi biztonság bevezetését és későbbi alkalmazását. Továbbá leírja, hogy a védelmi rendszernek fenntarthatónak és finanszírozhatónak kell lennie, ezzel megteremtve a költségvetési lehetőségekkel összhangban lévő állami szerepvállalást. [5]

1.6.2. Árvízi veszély- és kockázati térképezés és tervezés

Az Európai Parlament és Tanács 2007/60/EK Irányelve alapján, amely az árvízi kockázatok felméréséről, értékeléséről és kezeléséről szól [6], Magyarországon Országos Árvízi Kockázatkezelési Konceptió (ÁKK) készült. Az ÁKK a kockázatkezelés célkitűzéseit, alapelveit, prioritásait és szükséges intézkedéseit tartalmazza.

Az Irányelvben megfogalmazott főbb megállapítások:

A területfejlesztéssel együttműködve szükség van a vízzel, földterülettel, természeti erőforrásokkal és természeti értékekkel kapcsolatos tevékenységek koordinált kezelésére és megőrzésére. Az egymásra épülő, komplex megoldások megtalálása szükséges a tervezés során.

Az árvízveszélyes területek hasznosításakor elengedhetetlen a defenzív tevékenységek helyett a kockázatok kezelésére való áttérés. Az árvizek esetében, ahol csak lehetséges, a katasztrófa-megelőzést előnyben kell részesítenünk a katasztrófa-kezelésénél.

A sikeres megoldások eléréséhez szükség van az árvízi kockázatkezelési koncepció céljainak más szakpolitikákba való integrálására. Különösen fontos, hogy integrált megközelítést alkalmazzunk az agrárpolitikában, természetvédelemben, környezetvédelemben, területfejlesztésben, katasztrófavédelemben és földhasználati politikákban.

1.6.3. ENSZ Fenntartható fejlődés céljai

Az ENSZ 2012-ben megrendezett Fenntartható Fejlődési Konferenciája (Rio+20) új globális fejlesztéspolitikai keretet javasolt, amely a korábbi Millenniumi Fejlesztési Célok helyett az ENSZ Fenntartható Fejlődési Céljait (SDG-k) fogalmazta meg (1. ábra). Az ENSZ Közgyűlése 2015-ben elfogadta a 17 SDG-t, köztük a hatodikat (SDG6), amely a fenntartható vízgazdálkodást célozza megvalósítani 2030-ig. [7]



1. ábra ENSZ fenntartható fejlődési célok

(kép forrása: <https://ensz.kormany.hu/agenda-2030>) [7]

A célok közül kiemelt hangsúlyt kapott az integrált vízgazdálkodási szemlélet megvalósítása, amely magában foglalja a kockázatokon alapuló és megelőző vízkárelhárítást is. Ennek hazai átültetése a Kvassay Jenő Nemzeti Vízstratégiában történt meg, ahol ezen célkitűzések megjelennek.

1.6.4. Hazai és nemzetközi szakirodalom áttekintése

Magyarország földrajzi fekvéséből és az árvizeknek való kitettségünknek köszönhetően a hazai szakemberek felkészültsége nemzetközi szinten is elismert. Ebből adódóan, kutatómunkám során, jelentős számú hazai és külföldi szakirodalommal találkoztam. A külföldi, kockázat

alapú árvízvédelemmel foglalkozó szócikkek hiányát egy nemzetközi kérdőívvel pótoltam annak érdekében, hogy képet kaphassak az árvízvédelmi rendszerükben rejlő lehetőségekre.

Kifejezetten differenciált árvízvédelmi előírásokkal foglalkozó kutatással a nemzetközi irodalomban csak Hollandiában találkoztam [8]. Ez a fajta megközelítés véleményem szerint az Árvízi Irányelv [6] elfogadásával és teljesítésével született meg. Az Európai Unió csak a teljesítést követelte meg a tagállamoktól, a benne foglaltak (árvízi veszély-, és kockázati térképezés és tervezés) kivitelezésének metodikáját a tagállamok szakembereire bízta, így egymástól alapjaiban eltérő megoldások születtek. A nemzetközi gyakorlatot vizsgálva áttekintettem és értékeltem több ország veszély és kockázati térképeit.

A hazai és nemzetközi irodalmakat tanulmányozva azt tapasztalhatjuk, hogy a vízgazdálkodás és a vízgazdálkodással kapcsolatos tevékenység a hazánkban is egyre nagyobb intenzitással jelentkező éghajlatváltozás hatásainak egyik leginkább kitett területe. [9]

Miután Közép-Európában - különösen az elmúlt három évtizedben - drasztikus társadalmi következményekkel járó árvízi események történtek (pl. Rajna 1995, Elba/Duna 2002 és 2013), paradigmaváltás következett be, a biztonsági filozófiáról a kockázati filozófiára való áttérés zajlik. [10]

A közelmúltban, Hollandiában az éghajlatváltozás lehetséges hatásaival kapcsolatos vizsgálatok kimutatták, hogy a hatályos előírásoknak kiépített árvízvédelmi főművek egyes részei már nem nyújtanak megfelelő védelmet. Átfogó célként egy árvízeseeményből eredő elhalálozás valószínűségét (tolerálható kockázat) évi 1:100.000-ben határozták meg. [11]

Nemzetközi szinten az Éghajlat-változási Kormányközi Testület (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) munkája kiemelendő, célja, hogy értékelje és összefoglalja az emberi tevékenység által kiváltott klímaváltozással kapcsolatos kutatási eredményeket.

A megváltozott hazai gazdasági környezet és a gyorsuló természeti változások sürgették a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia [12] megalkotását. A dokumentum meghatározza a klímaváltozás elleni küzdelemhez szükséges hazai feladatokat, továbbá iránymutatást ad az éghajlat-védelem és fejlesztéspolitika összehangolásához. A Stratégiai tervben megjelenik már a Kvassay Jenő Terv is, amely a hazai vízgazdálkodás célkitűzéseit, benne a kockázatmegelőző árvízi védekezést és fejlesztést is tartalmazza.

Hazai viszonylatban dr. Nováky Béla neve mindenképpen megemlítendő, aki az éghajlatváltozás lehetséges hatásait elemzi, amelyek „külső”, bizonytalan elemként sok szálon

befolyásolják a vízgazdálkodást. Esettanulmányok révén a vízkészletre és vízigényekre, továbbá a vízminőség-re gyakorolt hatásokkal foglalkozik. Különböző forgatókönyvek segítségével elemzi a következő harminc év lehetséges történéseit. [13]

A differenciált árvízvédelmi biztonság kérdéskörével egyedül dr. Nagy László, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Geotechnikai Tanszékének egyetemi docense szakirodalmi cikkeiben találkoztam. Kutatásai során foglalkozik az árvízvédelmi előírásokkal és ennek „modern” átalakításával, szemléletformálásával, a doktori értekezése ezeknek összefoglalása [14], amelynek logikai menetét az alábbiakban mutatom be.

Az értekezés elején a szerző megfogalmazza a téma kiválasztásának aktualitását és célkitűzéseit. Bemutatja a kockázatot, mint új fogalmat és annak előfordulásait a nemzetközi szakirodalomban. Emellett felvázolja a kockázatszámítás egyszerűsített folyamatábráját és a kockázatszámítás történeti áttekintését.

Bemutatja a magassági biztonság jogszabályi változását és az ebben rejlő differenciálási lehetőségeket. A 2005-ben íródott doktori értekezés véleményem szerint újító gondolatokat fogalmazott meg a hazai árvízi védekezést tekintve. Az azóta eltelt majdnem 20 évben elkészültek azok a részletszámítások, ami alapján doktori értekezésemben megfogalmazom a differenciált árvízvédelem metodikáját.

A fenti összefoglaló értékelést az alábbi szacikkek felhasználásával készítettem el:

Nagy László: Árvízi kockázati térképezés műszaki előkészítés I. ütem. [15]

Nagy László: Az árvízvédelmi biztonság és kockázat [16]

Nagy László: Korszerű árvízvédelem [17]

Nagy László: Az árvízi biztonság fejlődése [18]

Nagy László: Az árvíz kockázati térképezés alapjai [19]

Áttekintettem továbbá a Nemzeti Közszolgálati Egyetem, illetve a Katonai Műszaki Doktori Iskola oktatóinak és kutatóinak [20] kutatási témámmal kapcsolatos publikációit is. A katasztrófák megelőzésével és ellenük történő védekezéssel kapcsolatosan jelentős hazai kutatások folytak.

Ezek közül kiemelem dr. Berek Tamás, a fenntartható vízgazdálkodásban történő vízbiztonsági tervezés szerepéről írt cikkét [21], dr. Padányi József árvízi védekezés lehetőségeit és korlátait

feltáró tanulmányát [22], dr. Tóth Rudolf kárelhárítással foglalkozó kutatásait [23], dr. Muhoray Árpád katasztrófa megelőzéssel [24] [25] és dr. Földi László környezetbiztonsággal foglalkozó tanulmányait. [26]

Fontosnak tartom megemlíteni a Magyar Hidrológiai Társaság (MHT) elnökének, dr. Szlávik Lajosnak jelentős árvízvédelmi történelmi áttekintő tanulmányát, valamint oktatási anyagait, amelyek a kutatásommal összefüggésben szintén meghatározóak voltak. [27] [28] [29] [30] [31]

Az értekezés kidolgozásában nagy segítséget nyújtottak az MHT által szervezett országos vándorgyűlés anyagai és előadásai. Ezen rendezvényeken rendszeres előadóként és szekcióvezetőként is részt vettem.

A kutatási témám szempontjából relevánsak az Országos Vízügyi Főigazgatóság szakembereinek előadásai és publikált kutatási eredményei is. [32]

Összességében elmondható, hogy az árvíz elleni védelem és fejlesztés témakörében jelentős kutatási anyagok születtek, azonban a szűken vett kutatási témám, a kockázaton alapuló árvízvédelmi rendszer tekintetében csak annak szükségességéről folytak kutatások, annak hazai viszonyokra történő adaptációja még hiányos, kutatandó terület.

2. A HAZAI ÁRVÍZVÉDELEM KIALAKULÁSA, ÉRTÉKELÉSE A LEHETSÉGES FEJLESZTÉSEK FELTÁRÁSÁVAL

A Föld teljes lakosságának mintegy 10%-a számít igazán veszélyeztetettnek az árvizek miatt. Megjegyzendő ugyanakkor, hogy az ártereken relatív alacsony a lakosság száma. Magyarországnak a folyó völgyeknek és kisvízfolyásoknak köszönhetően több mint 20%-a árterület, ezért jelentős árvízi problémákkal küzdő országok közé tartozik. [33; 295. o.]

Az ország árvízi kitettsége rendkívüli, ez tükröződik a hazai védelmi rendszer fejlődésének ütemében is. [34]

De mielőtt ezt részletezném, meg kell határozni, mit is értünk pontosan árvíz alatt.

Az árvizek olyan szélsőséges hidrológiai események, amelyek során a folyók és állóvizek vízjárása elöntést okoznak. Ezen vízjárások változatos viselkedése hatással van az ártér természetes folyamataira és gazdasági jelenségeire. Az áramló és a pangó víz komoly károkat okozhat, de egyben hasznosságával jelentősen növelheti az ökoszisztéma teljesítőképességét. [33; 295. o.]

Hazánk éghajlati és a földrajzi jellemzői miatt az ország lakossága évszázadok óta nagy érdeklődéssel és növekvő figyelemmel fordul az árvíz elleni védekezés felé. Az ország vízkárveszélyeztetettségét meghatározza, hogy Kárpát-medence alacsonyabban fekvő területén, szinte teljes egészében síkságokból és alacsony dombvonulatokból áll. [33; 295. o.]

Napjainkban a társadalmi és gazdasági, valamint a természeti környezet egymással szorosan összefüggő kapcsolatában a vízhez köthető jelenségek alapvető szerepet játszanak. Ezeket a folyamatokat csak akkor értjük meg teljesen, ha figyelembe vesszük azok komplex összefüggéseit a társadalmi és természeti környezettel, valamint a vízepítési megoldásokkal és módszerekkel. Ezek segítségével lehetőség nyílik a természetes vízviszonyok és a társadalmi igények összehangolására. A fentiek alátámasztására mindenekelőtt részletesen bemutatom Magyarország árvízvédelmi rendszerének fejlődését.

2.1. A hazai árvízvédelmi rendszer kialakulása

A földrajzi és hidrológiai adottságaink miatt Magyarországon az árvízvédelem az egyik legfontosabb eredményeket felmutató terület a vízgazdálkodásban.

Ezen eredményeket azonban nem csak számszerű adatok alapján kell értékelnünk, hanem figyelembe kell vennünk azt is, hogy ez a munka elsősorban az érintettek önkéntes és sokszor nehéz áldozatvállalásán, valamint az állam jelentős támogatásán alapul, és gyakran a hidrológiai és talajmechanikai ismeretek hiányában és a legegyszerűbb eszközökkel történt. Ezért volt hatalmas erőfeszítés létrehozni a világszerte ismert magyar árvízvédelmi rendszert, amely más országokban is példaként szolgálhat. [35]

Hosszú, rögzös és sok árvízkatasztrófával terhelt volt az a folyamat, amely során kialakult hazánk árvíz elleni védelmi rendszere. [36; 53-55. o.]

Az ármentesítés kezdeti időszakát a Széchenyi István reformtevékenysége előtti időszakot értjük. Ebben az időszakban összesen 792 km hosszan épültek meg védőgátak – 464 km a Duna és 328 km a Tisza mentén –, amelyek révén 345 000 hektár méretű terület vált ármentessé.

Bár a teljesen szabálytalanul épült árvízvédelmi létesítmények nagyobb árvizek esetén nem voltak hatékonyak, azonban korukban jelentős hatást gyakoroltak hazánk gazdasági életére, és elősegítették a vízügyekkel kapcsolatos érdeklődés kialakulását.

Az ármentesítés következő időszakát az ország vízügyi kérdéseivel foglalkozó országgyűlés nyitotta meg 1840-ben. Az időszak során Széchenyi István szervezőereje révén áttörés történt az ármentesítés területén. Ezt a fejlődést az időközben levonuló, 1845-ös tiszai árvíz is sürgette.

Annak ellenére, hogy a kezdeti lendületet az 1848-1849-es szabadságharc, továbbá az 1853. és 1855. évi tiszai árvizek gátszakadásai és a 300 000 hektárnyi elöntés következtében bekövetkezett elkedvetlenedés, valamint az 1860-as évek aszályos időszaka fékezte, 1870-re az árvízvédelmi töltések hossza a Duna völgyben 526, a Tisza völgyben pedig 776 km-re növekedett, így összesen 1302 km hosszúságúvá vált.

A korábban, szórványosan és összefüggéstelenül épült kis gátak 20 millió m³-re becsülhető földmennyiségét is beleértve, töltéseink köbtartalma az időszak végére a négyszeresére ugrott.

A fejlesztés a sokszor ismétlődő, közepes méretű árvizek elleni védelem kiépítésében jelentős eredményeket hozott, amelynek köszönhetően 1,95 millió hektár ártéri terület vált mezőgazdasági termelésre és közlekedésre alkalmassá. [36; 53. o.]

A 19. század végét és a 20. század elejét a védművek további kiépítése jellemezte és új ártereket is mentesítettek a víz okozta károktól.

Az 1876-os dunai és tiszai, valamint az 1879-es, 1881-es és 1888-as tiszai árvízkatasztrófák szükségessé tették a védelmi intézkedések további fokozását. Az ezen eseményekből nyert tapasztalatokra építve először a Tiszán, majd az 1895-ös dunai árvíz után pedig a Dunán is egységesítették a gátméreteket. [36; 54. o.]

A védművekbe 115 millió m³ földet építettek be, így azok hossza elérte a 3800 kilométert, míg a beépített földmennyiség 195 millió m³-re nőtt, a mentesített ártér nagysága elérte a 2,3 millió hektárt. [36; 34. o.]

A fent említett időszakokban összesen 72 árvíz pusztított, mely összesen 3 550 000 hektárt öntött el. Bár a statisztikák hiányosak, figyelembe véve Szeged város 1879. évi árvízkarát is, az árvízkarok értéke elérte a 3,5 milliárd forintot. Ez is rávilágított a további fejlesztések fontosságára és sürgősségére. [36; 55.o.]

A 19. század második felében 50, a 20. század első felében pedig 22 alkalommal következett be árvíz. Az elárasztott területek fajlagos kára viszont a gazdasági fejlődés miatt 1000 Ft/ha-ról 1500 Ft/ha mértékűre növekedett.

Az árvizek számának és a víz alatt lévő területek mértékének csökkenése egyértelműen a védművek fokozatos megerősítésének eredménye. Meg kell jegyezni, hogy a gátak magasságát országosan az építés pillanatában észlelt legmagasabb vízszintre tervezték, amit 1,5 m-es magassági biztonsági értékkel megnöveltek.

Az árvízvédelmi rendszer kiépítése és fejlesztése a 20. század közepén is folytatódott, az átalakult társadalmi és gazdasági viszonyokra szabva a célkitűzéseit.

Fontos megjegyezni, hogy az ármentesítő munkálatokat és védekezést a közvetlen érintettek önkéntesen, vagy az állam által kényszerítve megalakított ármentesítő társulatokban végezték, melyeket az állam eleinte lazábban, majd később átfogóbban és szorosabban felügyelt.

Az 1950-es években felismerték azt, hogy az árvizektől visszahódított hatalmas termőterületeken a gazdálkodás fokozása országos üggyé vált és az árvízvédelmi fõművek fenntartása és üzemeltetése nem lehet a társulatok feladata. A fõművek ezek után állami kézben összpontosultak (az 1. táblázatban összefoglalva), hiszen az általuk védett területen élt az ország csaknem fele, itt található az ország városainak majdnem harmada és a közlekedési hálózat csaknem fele.

Töltésezett folyó	Töltés (km)
Duna	464,4
Rába	174,6
Sió-Nádor	129,1
Dráva	36,8
Kisebb folyók	322,1
Duna völgyben összesen	1127
Tisza	976,2
Szamos	93,4
Bodrog	52
Körösök	382,6
Maros	82,7
Kisebb folyók	1086,1
Tisza-völgyben	2673
Magyarországon összesen	3800

1. táblázat Árvízi védtöltéseink hossza az 1950-es években [36; 63. o.]

(szerkesztette: a szerző)

Az 1948-ban állami kezelésbe került művek és védett területek jellemző adatait az alábbi, 2. táblázatban foglaltam össze.

	Védtöltés (km)	Védett ártér (ha)	Hullámtér (ha)
Duna-völgy	1 127	560 000	64 000
Tisza-völgy	2 673	1 800 000	136 000
Összesen	3 800	2 360 000	200 000

2. táblázat Árvízvédelmi töltéseinkkel védett terület nagysága az 1950-es években [36; 59. o.]

(szerkesztette: a szerző)

A folyamatos töltésfejlesztések pozitív hatása érezhető a hazai árvízvédelmi töltéseink károsodásának tendenciáján is. A 19. században összesen 2139 db gátszakadásról van információnk, a 20. századból pedig már csak 457-ről. [37; 457-565. o.] Ezeket a gátszakadásokat az alábbi hiányosságok okozták:

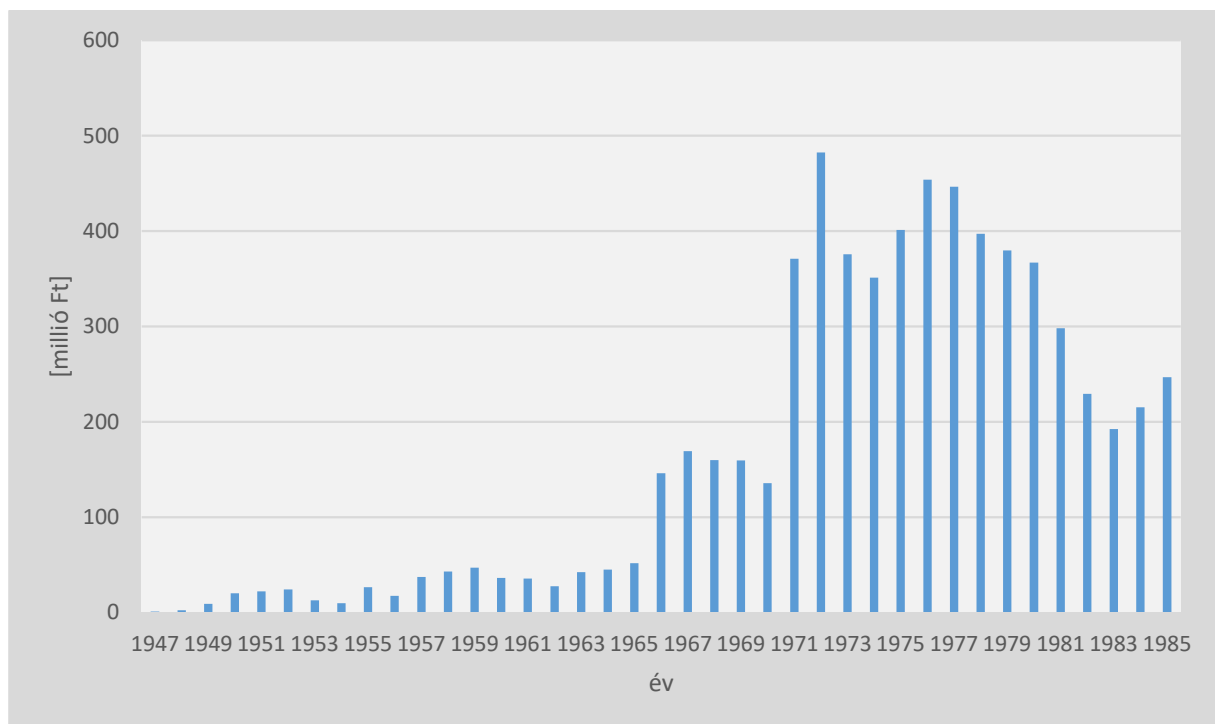
- a töltések nem megfelelő magassága,
 - 0,3 m-nél nagyobb hiányok a Duna-völgyben 905 km, a Tisza-völgyben 516 km, összesen 1421 km hosszban
- a töltések elégtelen keresztmetszeti méretei,

- a töltésanyag, a beépítésének módja, vagy a későbbi fenntartási munkálatok elmaradása,
- az erősen vízáteresztő altalaj (buzgárképződés, talajtörés).

Az első pillanattól kezdve a vízügyi szolgálat eltökélten dolgozott az árvízvédelmi rendszer technikai állapotának és a védekezési szervezet hiányosságainak kiküszöbölésén. Bár a védművek kiépítettségénél súlyos hiányosságokat találtak, azok gyors javítása az ország anyagi korlátai miatt nem voltak lehetségesek.

A teljes árvízvédelmi biztonság megteremtéséhez a Duna völgyében 20,7 millió m³, a Tisza völgyében 14,3 millió m³ föld beépítését tervezték.

A 2. ábra jól mutatja az ármentesítési munkálatok volumenét. [38]



2. ábra Az ármentesítési beruházások fejlesztési költségei 1947-1985 közötti időszakban (millió Ft) [38; 36. o.]

(szerkesztette: a szerző)

A fent jelzett időszakban az alábbi években történt árvízi elöntés:

- 1956-ban 74.000 ha,
- 1963-ban 26.000 ha,
- 1965-ben 18.000 ha,
- 1970-ben 54.000 ha,
- 1974-ben 10.000 ha.

Következtetésként levonható, hogy komolyabb árvizek után a védvonalak fejlesztésére fordított költség is jelentősen megnőtt.

Az említett feladatok elvégzése jelentős időt vett igénybe, ezalatt pedig bármikor előfordulhattak olyan helyzetek, amelyek védelmi intézkedések megtételét követelhettkék.

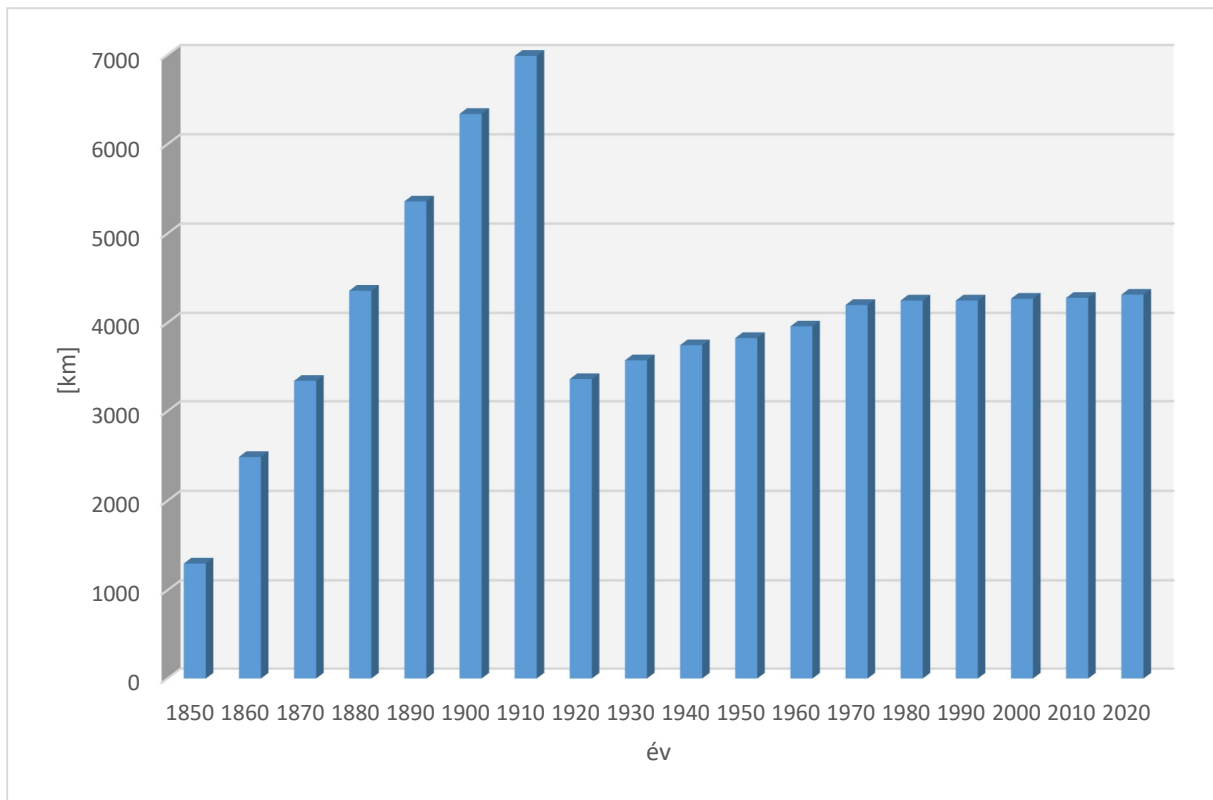
1970-ben a Tisza-völgyben kerekén 2800 km, a Duna völgyében 1400 km árvízvédelmi fővédvonal volt. [39; 167. o.] A töltéseken az előírt magassági értékhez viszonyított hiányosságok akkoriban is jelen voltak. A Duna-völgyben 600 km, a Tisza-völgyben pedig 500 km hosszban.

A megvédésre szoruló mezőgazdasági területek és települések értékeinek növekedése miatt fontossá vált a káros hatásoktól való védelem, ami magában foglalta a vízkárok gyors és hatékony elvezetését, az ezt szolgáló vízelvező rendszer fejlesztését, valamint a vízfolyások rendezését. Az árvizek korábbi szétterülésének elkerülése és a víz gyorsabb elvezetése, csatornába való korlátozása szükségszerűen növelte a befogadó folyók vízállását. Az erdőterületek csökkenése és az egyre nagyobb területek beépítése miatt a csapadék egyre gyorsabban folyt le és egyre gyorsabban gyülekezett össze.

A szomszédos országokban végrehajtott nagyméretű vízrendezési fejlesztések miatt az árvízvédelem biztonságának növelése kiemelt fontossággal bírt, mivel azok a vizek, amelyek gyorsabban folytak ránk, alvízi országra, összetorlódtak, és a védelmi művek hiányos állapota miatt több helyen súlyos árvízveszélyt jelenthettek.

Amíg a védtöltések megfelelő biztonsággal nem épültek ki, bármelyik hiányos szakaszon jelentős károkat okozó töltésszakadások történhettek. Azonban, ahol a töltések megfelelő biztonsággal voltak kiépítve, ott a védekezés gazdaságosabb, biztonságosabb és az erőforrások hatékonyabban mozgósítható volt.

Az 1850-2023 közötti időszakban végrehajtott ármentesítés fejlődését az alábbi, 3. ábrán foglalom össze. [39]



3. ábra Árvízvédelmi fővédvonalak hossza Magyarországon - az 1920. év előtti adatok a trianoni békekötés előtti Magyarország adatait tartalmazzák [39; 165. o.]

(szerkesztette: a szerző)

A hatékony fellépés érdekében kulcsfontosságú, hogy a védekezésre specializált, szervezett és begyakorlott szakemberek képesek legyenek a veszély elhárítására és a károk mérséklésére. Ezekből a megfontolásokból és a védekezési tapasztalatokból fejlődött ki a mai védelmi szervezetünk.

Hazánkban jelenleg 12 területi Vízügyi Igazgatóság látja el a „békeidős” fenntartási, üzemeltetési feladatokat és a vízkár elleni védelmet. Az Igazgatóságok nem közigazgatási, hanem vízgyűjtő területi alapon határoltak.

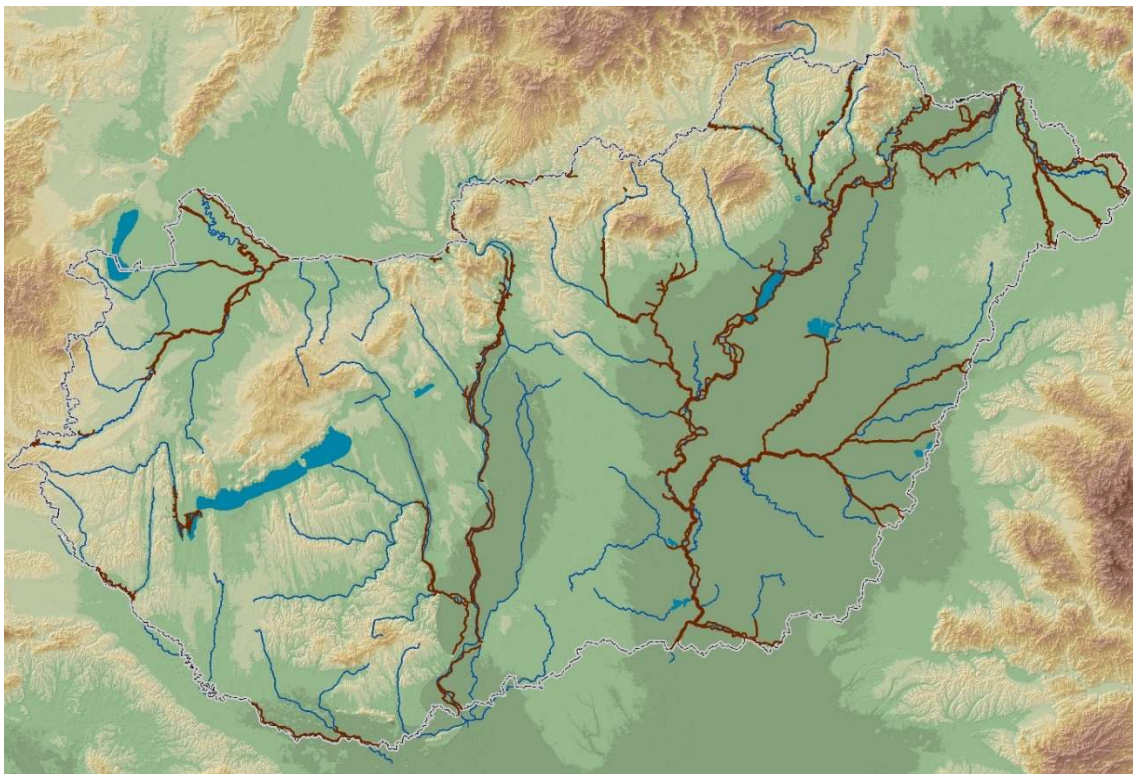
Az országban az I. rendű, állami kezelésű árvízvédelmi védvonalak hossza összesen 4316 km (4. ábra), ezen kívül van még 254 km védvonal, mely önkormányzati kezelésű. (3. táblázat)

Árvízvédelmi védvonalak eloszlása Igazgatóságok szerint: [40]

Vízügyi Igazgatóság	I. rendű árvízvédelmi fővédvonal hossza [km] (állami kezelésben lévő)	Ebből árvízvédelmi fal vagy mobil árvízvédelmi fal, parapetfal hossza [km]	Ebből magaspart hossza [km]	I. rendű árvízvédelmi fővédvonal hossza [km] (önkormányzati kezelésben lévő)
ÉDUVIZIG	475,71	6,065	12,955	3,69
KDVVIZIG	252,68	2,744	4,629	101,92
ADUVIZIG	127,22	0	0	7,58
KDTVIZIG	240,98	0	2,142	0
DÉDUVIZIG	108,59	1,515	0,835	0
NYUDUVIZIG	114,94	1,246	0,598	87,01
FETIVIZIG	617,81	1,626	75,053	7,39
ÉMVIZIG	644,67	5,995	15,248	44,02
TIVIZIG	347,89	0	5,613	0
KÖTIVIZIG	711,3	8,093	59,794	2,58
ATIVIZIG	334,83	3,262	26,255	0
KÖVIZIG	340,152	0	0	0
Összesen: (km)	4316,772	30,546	203,122	254,19

3. táblázat Árvízvédelmi védvonalak eloszlása hazánkban [40]

(szerkesztette: a szerző)



4. ábra Magyarország árvízvédelmi védvonalai

(forrás: Országos Vízügyi Főigazgatóság)

2.2. A hazai árvízvédelmi rendszer értékelése

Annak érdekében, hogy az árvízvédelmi rendszer erősségeit, gyengeségeit, lehetséges fejlesztési irányait objektív módon, ne csak az én személyes látásmódomon és tapasztalataimon keresztül határozzam meg, kérdőíves felmérést végeztem, amelynek főbb megállapításait az alábbiakban összegzem.

2.2.1. A felmérés célja

A felmérést annak érdekében készítettem, hogy az eredmények alapot szolgáltatassanak az árvízi felkészülést, fenntartást, üzemeltetést és védekezést érintő további kutatásaimhoz, valamint koncepcionális megközelítést adjanak a mentett oldali kockázaton alapuló árvíz tervezéshez, így közvetve rávilágítsanak a tervezési alapértékek (mértékadó árvízszintek) számításának paradigmaváltására.

2.2.2. A felmérés hipotézise

Véleményem szerint az árvízi fejlesztési irányokra történő javaslattétel a vízügyi szolgálat feladata. Természetesen a fejlesztések megfogalmazása komoly tervezést és felkészülést igényel, amelynek során minél pontosabban meg kell állapítani a társadalmi igényeket és ezekhez kell társítani a minél költséghatékonyabb műszaki beavatkozásokat.

Feltételeztem, hogy a vízügyi szolgálatban dolgozó kollégák személyes tapasztalatai rávilágítanak a jelenlegi árvízvédelmi rendszer gyengeségeire és ebből meg fogom tudni határozni azokat a fejlesztési irányokat, amely hozzájárulnak egy gazdaságosabban működtethető árvízvédelmi rendszerhez.

További feltételezésem volt, hogy a vízügy előtt álló fejlesztések vonatkozásában a fiatal kollégák a nem szerkezeti (pl.: kockázat alapú tervezés, árvízi veszélytérképezés) beavatkozásokat, az idősebb kollégák a szerkezeti (pl.: töltésfejlesztés, tározóépítés) beavatkozásokat fogják preferálni.

2.2.3. A felmérés célcsoportja, a minta

Felmérésemhez 12 kollégát választottam ki a vízügyi ágazat dolgozói közül.

A kiválasztásnál az alábbi szempontokat vettem figyelembe:

- országos lefedettség – mind a 12 Vízügyi Igazgatóság és az Országos Vízügyi Főigazgatóság dolgozóiból választottam ki kollégákat;
- árvíz védekezési tapasztalattal rendelkezzen;
- minden korosztály véleménye szerepeljen;
- a lehető legtöbb „békeidős” és védekezési beosztásban is dolgozó munkatárs véleménye szerepeljen.

Összefoglalóan elmondható, hogy a felmérésem országos viszonylatban reprezentatívnak minősül. Véleményem szerint fontos megállapítások vonhatóak le értékelését követően és azokból objektív fejlesztési célkitűzéseket állapíthatok meg.

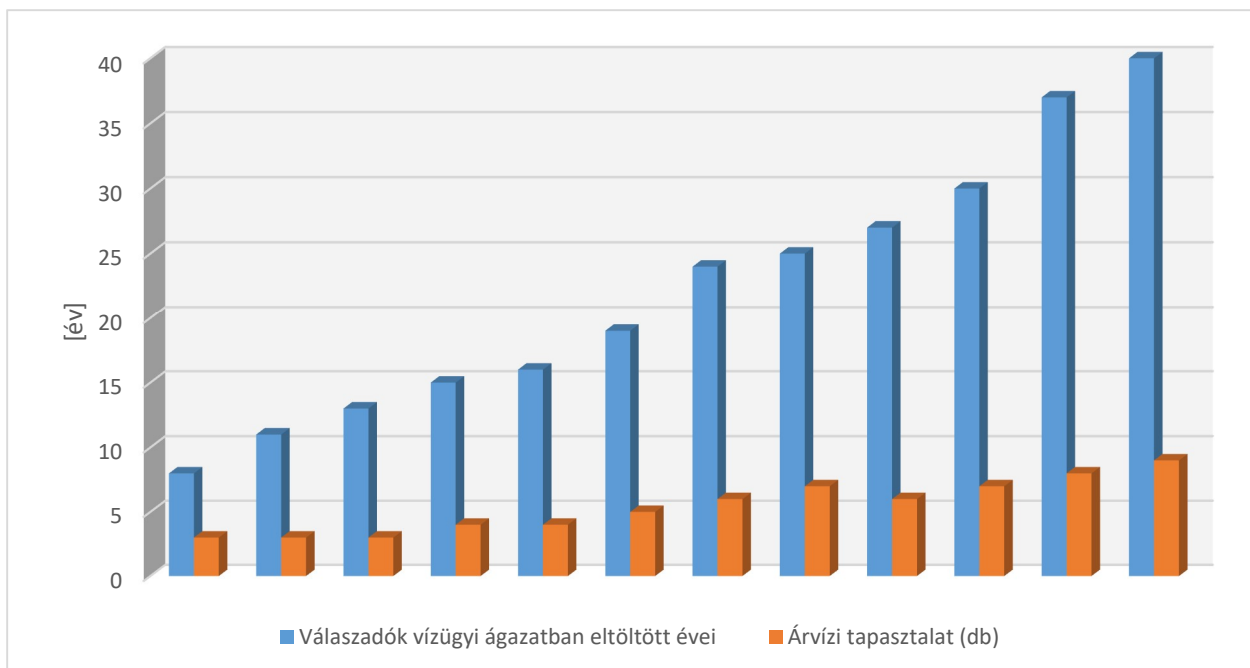
2.2.4. A felmérésre adott válaszok értékelése

1. Hány éve dolgozik a vízügyi ágazatban?

A válaszadók jelentős szolgálati idővel rendelkeznek vízügyi ágazatban, a legkevesebb 8 év, a legtöbb 40 év volt. Fontosnak tartottam feltenni a kérdést, mivel minden korosztály véleményét fel kívántam térképezni. A szolgálati időket összeadva, megállapítható, hogy a válaszok ~300 évnyi ágazati tapasztalat összesített eredményét mutatják az 1970-2023 közötti időszakban.

2. Kérem, hogy sorolja fel, hogy milyen árvíz védekezési tapasztalattal rendelkezik.

A válaszadók ágazatban eltöltött éveit és árvízi tapasztalatát (III. fokú vagy rendkívüli árvízvédekezésben vett részt) az alábbi diagramon (5. ábra) összesítettem.



5. ábra Válaszadók ágazatban eltöltött évei és árvízi tapasztalata
(készítette: a szerző)

Kiemelendő, fontosabb árvízi védekezések a válaszok alapján:

- 1996. évi árvíz – Kraszna,
- 1998., 1999., 2000., 2001. évi árvíz – Tisza,
- 2002.évi árvíz – Duna,
- 2006. évi árvíz – Duna, Tisza,
- 2010. évi árvíz – Sajó – Hernád,
- 2013. évi árvíz – Duna,
- 2014. évi árvíz – Mura.

Látható, hogy a válaszadók jelentős árvízi védekezési tapasztalattal rendelkeznek, tehát a felmérésből levonható következtetések műszakilag megalapozottak.

3. Kérem, fejtse ki, hogy Ön szerint mi a jelenlegi árvízvédelmi rendszerünk erőssége/gyengesége.

A válaszadók szinte egybehangzóan az alábbi erősségeket és gyengeségeket sorolták fel. (4. táblázat)

Erősségek	Gyengeségek
védekezési tevékenység rendszerszintű megszervezése	a védekező szervezet kiállításának nehézségei (műszaki irányítók, segédőrök megfelelő létszámú biztosítása)
kiterjedt hosszúságú, kiépített árvízvédelmi védelmi rendszer	kiépítetlen töltéseken a védekezés nagy erőbefektetést igényel
jelentős hosszban kiépített burkolt töltéskorona	még mindig jelentős mértékű burkolatlan gátkorona hossz, ami nehezíti a védelmi erőforrások mozgását
hadra fogható, jól felszerelt védelmi osztagok	az árvízvédelmi rendszer nagy kiterjedése miatt sérülékeny és nem egyenszilárdságú
gyarapodó számú szükségtározó	a töltésállapot monitorozási lehetőségének hiányában korlátozott mód van okszerű védekezési és fejlesztési döntések meghozatalára
egyre fejlődő vízállás előrejelző rendszer	keresztező létesítmények állapotának ismeretlensége
feltöltött árvízvédelmi raktárak	az utóbbi árvízszegény időszak okán nem biztosított az új munkatársak tapasztalat gyűjtése
korszerű gépek, eszközök elterjedése	közfoglalkoztatott létszám csökkenés miatt fenntartási feladatok elvégzésének nehézségei
hierarchikus felépítésű rendszer, de rugalmas a döntéshozatalban	nem a lokálisan gyenge szakaszok detektálására és fejlesztésére, hanem nagy, összefüggő rendszerek fejlesztésére koncentrálnak

4. táblázat Árvízvédelmi rendszerünk erősségei és gyengeségei

(szerkesztette: a szerző)

4. Kérem, fejtse ki, hogy a jelenlegi árvízvédelmi rendszerünkben mit érez a fejlesztések közül a legsürgetőbbnek és miért?

A legsürgetőbbnek az új mértékadó árvízszint figyelembe vételével az egyenszilárdságú magassági kiépítést tartották.

Kiemelték, hogy először a védvonalainkat kell védhető szintre fejleszteni, tehát olyan szintre, ami fölött az operatív beavatkozásokkal (nyúlgátépítés, tározónyitás) sikeres árvízi védekezést lehet elérni.

Érdekes megállapításra jutottam a válaszok értékelésénél, miszerint az ideiglenes művek építését is egyértelműen biztonság növelő beavatkozásnak tekintették. Annak sikeres végrehajtásában senki sem kételkedett. Véleményem szerint ez fontos szempont, mivel rámutat a védekező személyzet fontosságára nem csak a képzettségét, hanem a gyakorlatát (operatív védekezési beavatkozásokat és a gyakorlatokat is beleértve) tekintve is.

A kollégák harmada kiemelte, hogy a védekezés esetén is először a magassági „csatát” kell megnyerni, azonban kapkodva csak, az időhiány miatt túl nagy kapacitásokkal, bizonytalan minőségű anyagfelhasználással, rossz építési körülmények között, drágán lehet csak a szükséges beavatkozásokat meghozni.

5. Véleménye szerint hosszú távon fenntartható-e a fejlesztés/fenntartás szempontjából a jelenlegi árvízvédelmi rendszerünk?

A válaszadók jelentős részének, közel kétharmadának az volt a véleménye, hogy a jelenlegi árvízvédelmi rendszer folyamatosan növekvő kockázatokkal, de alapjaiban véve fenntartható. A válaszadók fele rámutatott arra is, ha nem történik elvi változtatás a fejlesztési döntésekben, akkor a katasztrófa csak idő kérdése.

Elgondolkodtató és egyben figyelem felhívó is ez a vélemény.

6. Egyetért-e Ön azzal, hogy az árvízvédelmi rendszerünk fejlesztése mellett foglalkozni kell a mentett oldali kockázatok mértékével és ezáltal a fejlesztések kockázatcsökkentő hatásának mértékével?

A megkérdezett kollégák mindegyike egyetértett abban, hogy a mentett oldali kockázatokkal foglalkozni kell a jövőben és a kockázatok oldaláról kell meghatározni a jövő árvízvédelmi fejlesztéseit. Ez a vélemény tovább erősített abban, hogy a fejlesztéseinket a mentett oldali kockázatok oldaláról kell elsősorban meghatároznunk.

7. Véleménye szerint hogyan lehetne rövidtávon fejleszteni az árvíz elleni védőképességünket?

A válaszadók 75%-a első helyen a képzés/továbbképzés erősítését jelölte meg, mint legfontosabb és lesürgetőbb rövidtávú feladatot, valamint csaknem fele a kockázat alapú fejlesztés megvalósítását sürgette.

A vízügyi ágazatban dolgozó kollégáknak kiküldött kérdőíves felmérés értékelése során az alábbiakat állapítottam meg:

1. **A feltett hipotézis**, miszerint a kollégák által megküldött válaszokból levonható következtetések hozzájárulnak a jelenlegi árvízvédelmi rendszer gyengeségeinek, erősségeinek, fejlesztési irányainak a feltérképezéséhez **beigazolódott**.
2. **Beigazolódott** továbbá az is, hogy az első és legfontosabb feladat a vízügyi ágazat előtt a töltések legalább védhető szintig történő emelése, amely szint elérését követően már

az operatív védekezés és az árvízcsúcs-csökkentő tározók nyitásával sikeres védekezést lehet elérni.

3. A **doktori értekezésem aktualitását tovább erősíti az a megállapítás**, hogy fejlesztési döntéseinkben elvi változtatásra van szükség, melynek alapját a kockázat alapú árvízvédelmi fejlesztések adhatják. A kockázat alapú árvízi fejlesztés során a beruházásainkat elsősorban a mentett oldali maradó kockázatok oldaláról, annak csökkenésének mértékéből célszerű meghatároznunk.
4. **Nem nyert bizonyítást** a második hipotézisem, miszerint a fejlesztések vonatkozásában a fiatal kollégák a nem szerkezeti, az idősebb kollégák a szerkezeti beavatkozásokat fogják preferálni, mivel minden válaszból a komplex látásmód tükröződött. Mindegyik válaszadó a szerkezeti és nem szerkezeti fejlesztések kombinációjával tartja lehetségesnek a fenntarthatóbb árvízi fejlesztést.
5. **Beigazolódott**, hogy a mentett oldali kockázatok mértékéből kell meghatározni a jövő árvízvédelmi fejlesztéseit, mivel a válaszok 100%-a tartalmazta ezt a megállapítást.

2.3. Részkövetkeztetések

1. A hazai árvíz elleni védekezés fejlődésének átfogó tárgyalásán keresztül **rámutattam** arra, hogy az árvíz elleni hatékony fellépés érdekében kulcsfontosságú, hogy a védekezést irányító szakemberek képesek legyenek a veszély elhárítására és a károk mérséklésére.
2. **Megállapítottam**, hogy az árvízvédelmi fejlesztések megfogalmazása komoly tervezést és felkészülést igényel, amelynek során minél pontosabban meg kell állapítani a társadalmi igényeket és ezekhez kell társítani a minél költséghatékonyabb műszaki beavatkozásokat.
3. Felmérésemmel **igazoltam** és **javaslatként fogalmaztam meg**, hogy elvi változtatás kell a fejlesztési döntéseinkben, melynek alapját a kockázat alapú árvízvédelmi fejlesztések adhatják.
4. **Javaslatot fogalmaztam meg**, hogy a mentett oldali kockázatok mértékéből kell meghatározni a jövő árvízvédelmi fejlesztéseit.

3. ÁRVÍZVÉDELMI STRATÉGIAI IRÁNYOK ELEMZÉSE

A 2. főfejezetben bemutatott árvízvédelmi rendszer fejlesztései rávilágítanak arra, hogy a beruházások különféle szakmapolitikai irányok mentén valósultak meg annak függvényében, hogy az adott korban mi volt az elsődleges cél. A továbbiakban ezeket a stratégiai irányokat fogom bemutatni.

Véleményem szerint jelenleg a hazai vízgazdálkodás legfontosabb feladata, hogy biztonsági szempontok alapján differenciáltan alkalmazza az árvízvédelmi fejlesztéseket a lakosság, védett értékek és mezőgazdasági területek igényeihez igazodva, annak érdekében, hogy a beruházások gazdaságosak és a védelmi rendszer fenntartható legyen.

A fenntartható árvízvédelemnek azt az alapkövetelményt kell teljesítenie, hogy képes legyen több szinten és több területen figyelemmel kísérni a vízgazdálkodás fejlődését, és azonnal lépni a veszélyes helyzetek kialakulásának megelőzése vagy a károk csökkentése érdekében.

Mivel olyan természetföldrajzi és hidrológiai környezetben élünk, dolgozunk és tervezünk, ahol az időjárási feltételek változóak, és akár éven belül is változhatnak, ezért olyan létesítményeknek és gondolkodásmódnak van helye a vízügyi ágazatban, ami komplex módon kezeli ezeket a változó feltételeket.

3.1. A hazai vízgazdálkodás kihívásai az éghajlatváltozás tükrében

A Föld légkörének összetételét és a benne lezajló áramlások alakulását számos külső és belső tényező befolyásolja. Éghajlati jellemzőink rövidtávon gyorsan változhatnak, ami nehezíti az éghajlatváltozás hatásainak igazolását és annak megállapítását, hogy ezek hogyan befolyásolják az emberi tevékenységet.

A globális felmelegedést valószínűsítő tudományos bizonyítékok azonban egyre gyarapodnak és közben a klímaváltozás folyamatáról és lehetséges következményeiről is egyre többet tudunk. A Föld légköre szoros kapcsolatban áll a természeti környezet más részeivel, mint például az óceánokkal, a jégtakarókkal, a szárazföldi rétegekkel és az élővilággal.

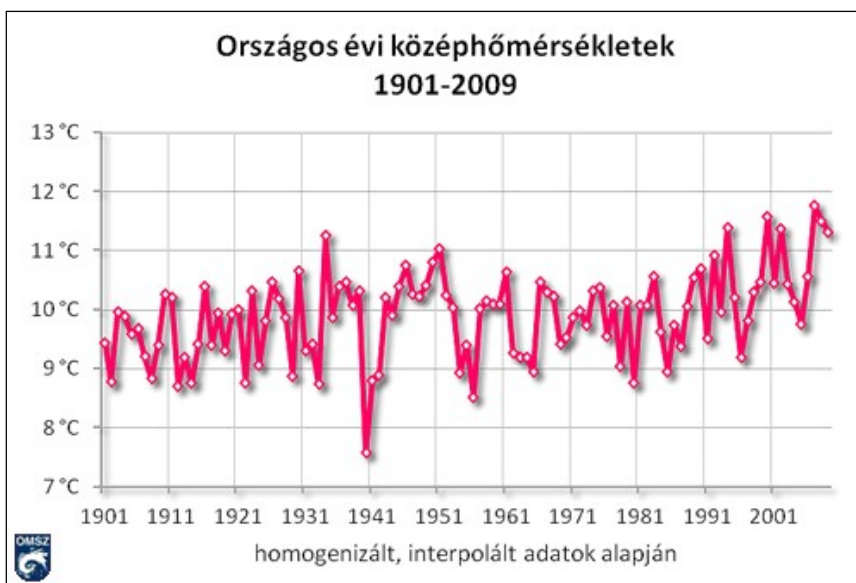
A külső tényezőkben – a Naptól érkező sugárzásban a Föld keringésében – végbemenő változások és az említett kölcsönhatások eredményeképpen az éghajlat változott és jelenleg is változik.

Az emberi tevékenység hatása az utóbbi mintegy kétszáz évben érte el azt a mértéket, amellyel már a földi légkör, illetve tágabb értelemben a földi környezet állapotának alapvető megváltozását idézheti elő. Az ipari forradalom időszakára óta a fosszilis tüzelőanyagok – szén, kőolaj, földgáz – egyre nagyobb mennyiségű felhasználása, valamint az ipari tevékenység által kibocsájtott, az ózon réteget károsító anyagok légkörben történő felhalmozódása miatt, a légkör korábbi évezredekre jellemző állapota megváltozott. Tény, hogy a globális éghajlatváltozás időszakonként szélsőséges környezeti körülményeket idézhet elő. A környezeti változás jelentős hatást gyakorolhat a társadalomra, ezen belül a vízgazdálkodás, árvízvédelem vagy a mezőgazdasági tevékenység feltételeinek gyökeres módosulása révén. [41; 67.o.]

Hazánk vízgazdálkodását szintén befolyásolják az éghajlatváltozás által kiváltott szélsőségek. Ezek kiváltó okai közül a hőmérséklet és ezzel szorosan összefüggő csapadék van a legnagyobb és legközvetlenebb hatással, így a következőkben ezek jellemzőit mutatom be részletesen. [42]

3.1.1. Hőmérsékletváltozás hatása a hazai vízgazdálkodásra

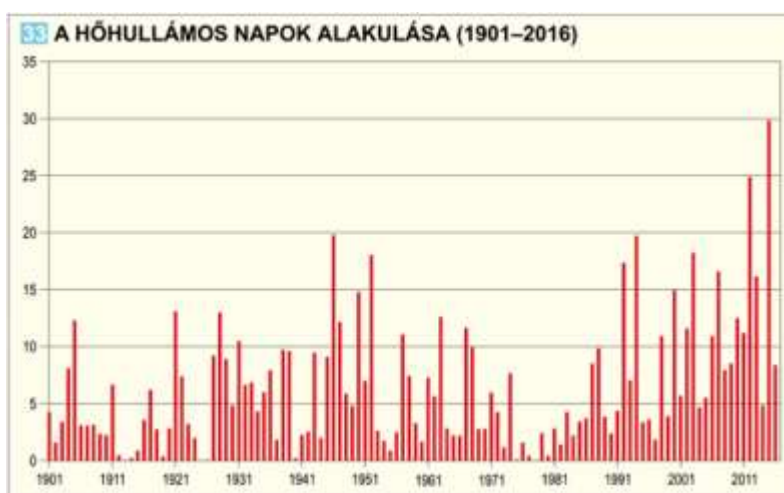
Az elmúlt évszázadban Magyarországon is megfigyelhető volt az éghajlat felmelegedése. Homogenizált adatok elemzése alapján megállapítható, hogy a magyarországi hőmérsékleti idősorok tendenciája megfelel a globális irányzatoknak, de kisebb területi átlagok miatt sokkal nagyobb változékonyságot mutatnak. Az elmúlt több mint száz év alatt ez az érték hozzávetőlegesen 2°C-t emelkedett. (6. ábra)



6. ábra Évi középhőmérsékletek Magyarországon az 1901-2009 közötti időszakban (homogenizált, interpolált adatok)

Forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat

Nem csak a hőmérsékleti értékek, hanem a belőlük származtatott klímaindexek is jelzik az éghajlatváltozást. A hőség hullámos napok³ száma (7. ábra) is emelkedő tendenciát mutat. [43]



7. ábra A hőség hullámos napok alakulása Magyarországon (1901-2016) [43]

³ Hőség hullámos nap, amikor a napi középhőmérséklet > 25°C

Belátható, hogy e hőhullámos napok számának emelkedése és a napi középhőmérsékletek értékének növekedése közvetlen hatást gyakorol hazánk vízgazdálkodására. Elég csak a 2022. évi rendkívüli aszályhelyzetre gondolnunk. A tavalyi szárazság a folyóink vízjárásain is megmutatkozott. Különösen a Tiszán és mellékfolyóin csökkentek le igen jelentős mértékben a vízszintek, de a Dunán és mellékfolyóin (főleg az Ipolyon) is gyakran igen alacsony vízállásokat mértek, nem ritkán az LKV⁴ szint közelében, helyenként és időnként azalatt. Emellett a Velencei-tó vízszintje is rekord alacsonyra süllyedt. A Balaton vízszintje több deciméterrel a legalacsonyabb mért vízszint fölött maradt, a Fertő-tóé viszont csak néhány cm-rel alakult az LKV fölött. Az alábbi táblázatban foglaltam össze a vízmércéket, amelyeknél LKV szint alatti vízállásokat mértek.

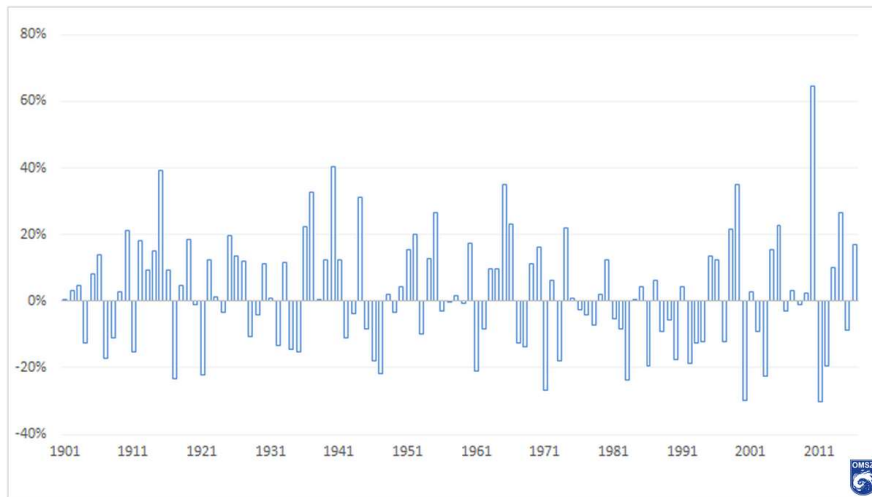
Vízfolyás - Vízmérce	Az aszályos helyzet előtti LKV (cm) és időpontja	Az új LKV (cm) és első előfordulásának időpontja	Eltérés a régi és az új LKV között (cm)
Lajta - Mosonmagyaróvár	0 (1965.06.09.)	-6 (2022.08.18.)	6
Ipoly – Nógrádszakál	24 (1993.08.14.)	15 (2022.07.22.)	9
Szamos – Csenger	-132 (2015.09.05.)	-143 (2022.07.29.)	11
Sajó – Sajópüspöki	12 (2018.09.27.)	2 (2022.07.22.)	10
Sajó – Felsőzsolca	-13 (1993.08.25.)	-16 (2022.08.17.)	3
Hernád – Gesztely	-26 (2013.08.30)	-32 (2022.08.20.)	6
Tisza – Kisköre alsó	-321 (2009.09.29.)	-334 (2022.08.07.)	13
Zagyva – Jásztelek	85 (2012.09.10.)	77 (2022.07.22.)	8
Tisza – Szolnok	-279 (2003.08.21.)	-291 (2022.08.07.)	12
Sebes-Körös - Körösszakál	-209 (2017.07.14.)	-212 (2022.07.27.)	3
Sebes-Körös - Újiráz	-108 (2012.12.03.)	-111 (2022.07.28.)	3
Hármas-Körös – Békésszentandrás duzzasztás alvíz	-200 (1982.12.04.)	-213 (2022.07.30.)	13
Maros – Makó	-113 (2012.09.16.)	-116 (2022.08.14.)	3
Velencei-tó – Agárd	63 (1949.10.24.)	50 (2022.08.19.)	13

(forrás: Országos Vízügyi Főigazgatóság, szerkesztette: a szerző)

⁴ LKV a valaha mért legkisebb vízállás

3.1.2. Csapadék hatása a hazai vízgazdálkodásra

A csapadék hosszú távú tendenciáit sokkal nehezebb kimutatni, mivel az éghajlatváltozás hatására térben és időben rendkívül változékony és intenzitásában is nagy szórást mutat. (8. ábra)



8. ábra Az éves csapadékösszeg országos átlagának anomáliái, 1901–2016

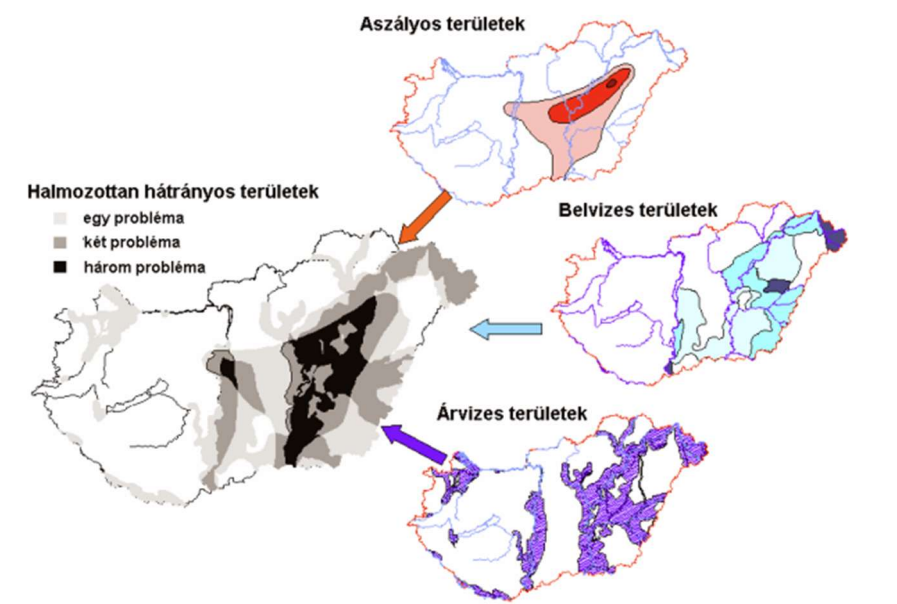
(forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat)

Míg az évi középhőmérséklet az elmúlt közel 40 évben szignifikáns növekedést mutat, addig a csapadék változása még egy rendkívül hosszú időszakban sem mutatható ki egyértelműen. [40]

3.1.3. Szélsőségek növekedésének hatásai a hazai vízgazdálkodásban

Az időjárási szélsőségek jelentős hatással vannak hazánk vízgazdálkodására. A globális felmelegedés hatására Magyarországon és a Kárpát-medencében rövidtávon az évi középhőmérséklet 1-2,5°C-kal emelkedik. Az évi csapadék változása bizonytalan, és az éven belüli csapadék mennyiség átrendeződése is szembetűnő. Az időjárás szélsőségesebbé válik, a szélsőségek gyakorisága, intenzitása és tartóssága nő, ami komoly kockázatot jelent az árvizek által okozott elöntés szempontjából. [12]

Az időjárás szélsőségei miatti szélsőséges vízjáték által okozott árvízvédekezési kiadások korlátozása nehezen számszerűsíthető és előre nem tervezhető költségek csökkentése a vízügyi szakma hosszú távú célja.



9. ábra Vízkárokcal sújtott területek Magyarországon [5; 23. o.]

A szélsőségek, az árvizek, belvizek, az aszály előfordulása a természet, a társadalom és a földrajzi adottságainak következményei. (9. ábra) Az ellenük való küzdelem nem katasztrófa elhárítás, hanem a hazai vízgazdálkodásának nagy szakmai felkészültséget igénylő, mindennapos üzemeltetési feladata. [5]

Vizeink eltérő mértékben érzékenyek az éghajlatváltozásra. Történelmi kutatások bizonyítják, hogy a csapadék és a hőmérséklet kismértékű változása nagy hatással van a víz körforgására. 15-20%-os évi csapadékmennyiség változás a vízfolyásainkon levonuló víztömeg 60%-os eltérését is eredményezheti. [44]

A fejlett kutatási módszerek ellenére az éghajlatváltozás következményeinek számba vételekor bizonytalanságokkal kell szembesülnünk. A hatások számszerűsítésénél eltérő, egymásnak ellentmondó éghajlati forgatókönyvek alapján, az eredmények hidrológiai modellek bizonytalanságával terheltek.

A tények viszont azt támasztják alá, hogy az éghajlatváltozásnak jelentős hatásai vannak, amelyek a következők:

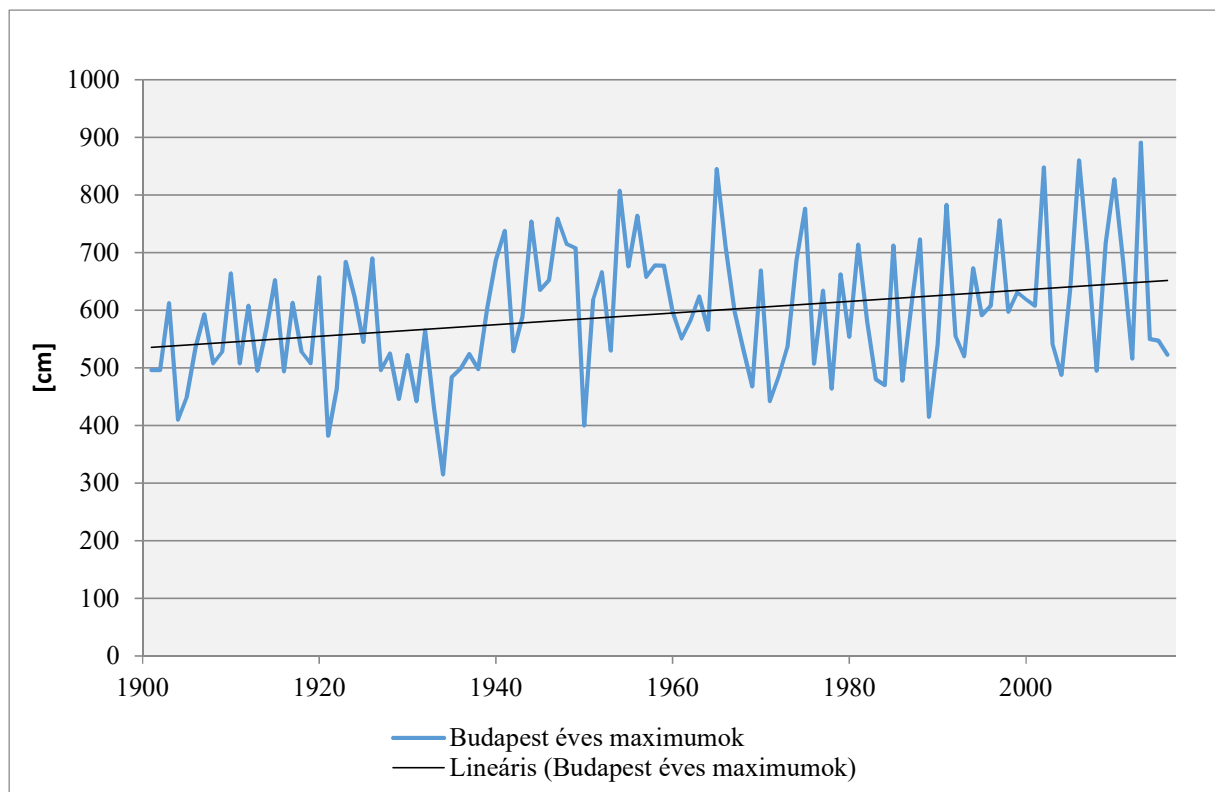
- átlagos éves lefolyás éven belüli átrendeződése várható,
- a kisvízfolyásokon kialakuló villámárvizek gyakorisága és intenzitása megnő,
- a nagytavaink vízmérlege romlik, gyakoribbá válik a tartósan alacsony vízállás,
- az aszályos időszakok gyakoribbá válnak, a talajvízszintek a tartós csapadékhiánytól és a talaj leromlott nedvességmegtartó képessége miatt csökkennek

- a belvizek előfordulása bizonytalanabbá válik. [12]

A felvázolt hatások rendkívül jól megmutatkoztak a 2022-2023. közötti időszakban. Találkozhattunk rendkívüli aszályal, kisvízfolyásokon levonuló, minden eddiginél nagyobb árhullámokkal, de belvizes időszak is előfordult.

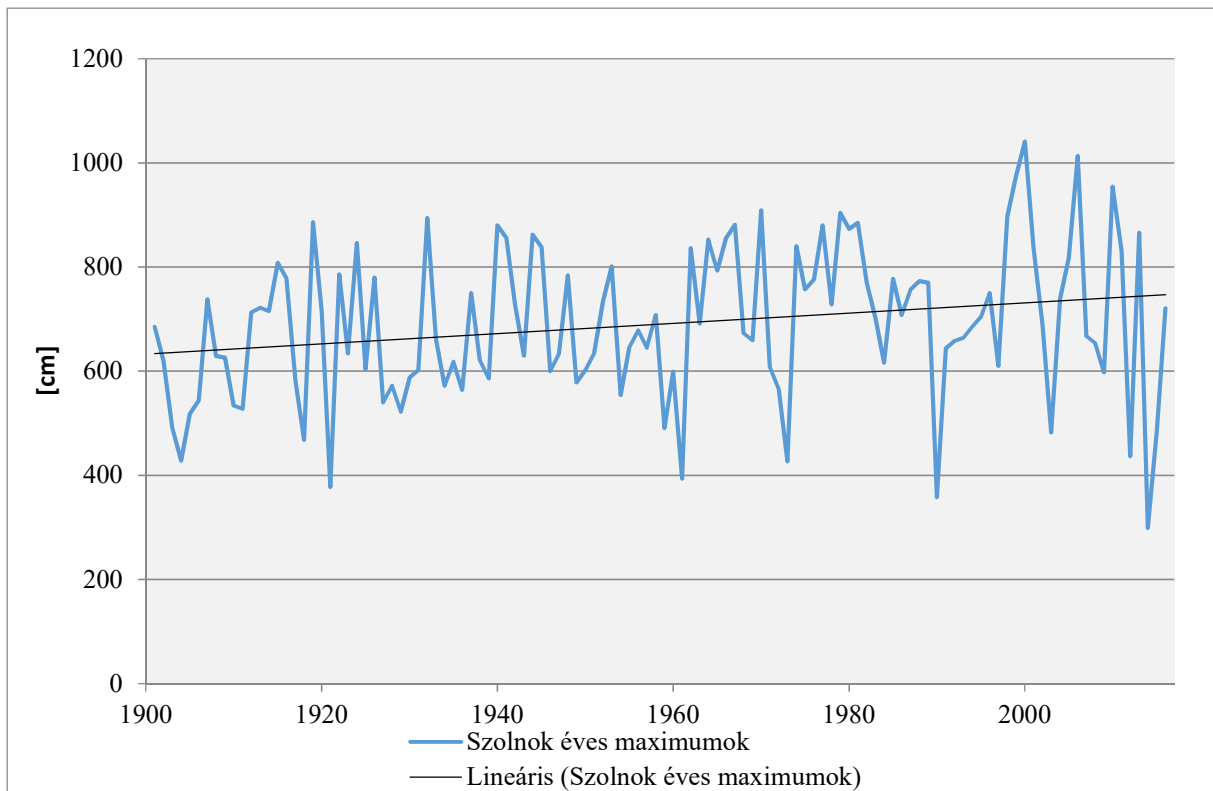
A szélsőségek növekedése azonban a nagy folyóinkon jelentkezik legszembetűnőbben. A következőkben részletezett, 2016-ban készített részkutatásomat ennek alátámasztására mutatom be.

A 10. és 11. ábrán a Duna budapesti és a Tisza szolnoki szelvényében az évi maximális vízállás adatokat ábrázoltam 1900-2016. közötti időszakban. A diagramokon jól látható, hogy az értékekre illesztett lineáris átlagfüggvény monoton növekvő tendenciát mutat.



10. ábra Éves maximum vízállás értékek (cm) a Duna budapesti szelvényében az 1901-2016 közötti időszakban

(forrás: Országos Vízügyi Főigazgatóság) (készítette: a szerző)



11. ábra Éves maximum vízállás értékek (cm) a Tisza szolnoki szelvényében az 1901-2016 közötti időszakban (forrás: Országos Vízügyi Főigazgatóság)

(készítette: a szerző)

Az ábrákon látható emelkedő tendencia miatt az árvízi létesítményeinkre egyre nagyobb terhelés adódik, amely egyre komolyabb töltésfejlesztéseket igényel. Kiemelendő, hogy az árvízi terhelés növekedésével növekednek a töltés mentett oldalán előforduló jelenségek (buzgár, suvadás, csurgás) is.

Az árvízszintek emelkedésében befolyásoló tényezőként nem csak az időjárási szélsőségek gyakoriságának drasztikus növekedése, hanem a nagyvízi medrek elhanyagolt, így lefolyást gátló állapota jelentkezik. Ezt a kérdéskört a későbbiekben fogom részletesen vizsgálni.

Kimutatható, hogy az árvízszintek megemelkedésével az előfordulási valószínűségük is megnőtt, ezzel párhuzamosan az elmúlt évtizedekben drasztikusan emelkedett az árvízi veszélyeztetettség, így az árvízvédelmi művek tervezési alapadataként szolgáló mértékadó árvízszintek növekedése szükségszerű következmény volt. A mértékadó árvízszintek országosan átlagosan 1-1,5 méteres emelkedést mutatnak, amelyet a következőkben részletesen be fogok mutatni.

3.2. Stratégiai fejlesztési irányok változása az éghajlatváltozás tükrében

A természeti folyamatok változása és az emberi beavatkozások miatt az árvizek előfordulási valószínűsége a közelmúltban emelkedő tendenciát mutattak. Hazánkban az elmúlt 20 évben új legnagyobb vízszintek (LNV) alakultak ki a Dunán 3 alkalommal (2002, 2006, 2013), a Tiszán 5 alkalommal (1998, 1999, 2000, 2001, 2006), de a Sajón, a Hernádon (2010), valamint a Murán (2014) és a kisebb vízfolyásokon is. Az új rekordvízszintek nagy kihívást jelentettek az árvízvédelmi feladatokat ellátó vízügyi szolgálat részére. [45]

A védekezési, kárelhárítási és újjáépítési költségek nagy terhet róttak az országra. Ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy Magyarországon az elmúlt 120 évben csak azokon a töltésszakaszokon következett be gátszakadás, amelyek nem feleltek meg az előírásoknak.

Az árvízmentesítés célja korábban – a folyószabályozások időszakában – elsődlegesen a vagyonmentés és a termőföldek értéknövelése volt. [33]

Az ezredfordulótól szemléletváltozás következett be a magyar árvízvédelemben, amelynek legfontosabb elemei az árvizekkel való gazdálkodás, az árvizek szabályozott visszatartása a kiegyensúlyozottabb vízjárás elősegítésére és a fenntartható regionális fejlesztés voltak. A szemléletváltás főbb állomásait az alábbiakban részletesen ismertetem.

3.2.1. A Tisza árvízvédelmi rendszerének megújítása: a Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése

A 21. század mindaddig példátlan árvízszorozattal köszöntött be a Tisza-völgybe, melynek egyik katasztrofális következményeként, 53 év után ismét szakadás következett be a Tisza magyarországi védvonalán. Az első – 1998-as – mértékadó szintet meghaladó árvíz előtti években készültek el mind a Felső-, mind a Közép-Tisza tekintetében az árvízvédelmi fejlesztési tanulmányok, melyek kijelölték a fejlesztési prioritásokat, valamint a legsürgősebb fejlesztési igényeket. Ezek alapján el is kezdődtek – elsősorban a Felső-Tiszán – a védvonalfejlesztések, melyek már az 1998-as árvíz eredményeképpen, 1999-től rendkívüli mértékben felgyorsultak. [46]

A mértékadó árvízszintet meghaladó árvizek vonultak le a Tiszán 1998-2001 között. A legnagyobb vízszintnövekedést az alábbi vízmércéknél észlelték:

1998. Tiszabecs MÁSZ + 54 cm

1999. Tiszaroff MÁSZ + 43 cm

2000. Tiszaroff MÁSZ + 98 cm

2001. Tivadar MÁSZ + 85 cm

A vízügyi szakma számára már ekkor világossá vált, hogy nem elég az eddigi árvízvédekezési gyakorlatot folytatni, és kizárólag a védvonalakra támaszkodva megteremteni a szükséges árvízi biztonságot, hanem nagy hangsúlyt kell fektetni a nagyvízi meder vízszállító-képességére, illetve tiszai, Tisza-völgyi méretekben is szükséges megvizsgálni a síkvidéki árvíztározási lehetőségeket. Ezen alap gondolatok mentén indult el a Vásárhelyi-terv Továbbfejlesztése (VTT) elnevezésű átfogó koncepció és fejlesztési terv. [47]

A Tisza árvízvédelmi fejlesztési koncepciójának előkészítése során vizsgálták és elemezték az árvízvédelem valamennyi módszerét, számításba vették a vízgyűjtő külföldi területein alkalmazható megoldásokat is. Kitűnt, hogy egyes részterületeken (pl. Kárpátalján) érdemes a közös érdekű fejlesztéseket részletesebben vizsgálni, de ezeknek még a teljes mértékű hasznosítása sem jelent Magyarország számára megoldást a Tisza-völgy árvízvédelmi problémáira. [48; 43. o.]

Vizsgálták továbbá a töltések áthelyezését, a hullámtér különböző mértékű bővítését, a Tisza egyes szakaszainak meanderezését⁵, az ártér természetes elárasztását és helyi védművek (körgátak) alkalmazását (az ártér teljes visszaadását az árvizeknek) és az árapasztó csatornák alkalmazását. Olyan megoldásokat kellett keresni, amelyek alkalmasak a mértékadónak elfogadott szintet meghaladó árhullámok szabályozott levezetésére, illetve elhelyezésére. [49]

A Tisza-völgy árvízi biztonságának növelésére vonatkozó új koncepció a Vásárhelyi Pál által tervezett, a 19. században megvalósult rendszerre épült, azt fejlesztette tovább azzal, hogy a különösen veszélyes árvizek által szállított fölös vizeket az ártér egy részén helyezik el és ennek a víznek a felhasználásával a Tisza mentén új fejlődési perspektívára, új típusú tájgazdálkodásra nyílt lehetőség. A 2001-2003-ban kidolgozott koncepció ezért kapta a Vásárhelyi-terv Továbbfejlesztése elnevezést. [48; 43. o.]

A rendkívüli árvizek károkozás nélküli levezetésére a program a két legkedvezőbb megoldást ötvözte:

A nagyvízi meder rendezése, mintegy tízféle beavatkozási módszer kombinációja:

- Az ősmeder és a hullámtér áramlási viszonyainak javítása (övezőgátok, nyári gátak

⁵ A turbulens vízmozgásban fellépő csavaráramlások következtében a folyó kanyarulatai folyamatosan fejlődnek. [4]

- visszabontása, a hullámtéri feliszapolódás csökkentése, árvízlevezető vápák építése);
- a nagyvízi meder vízszállító képességének javítása (a növényzet, a művelési mód és az építmények szabályozásával);
 - a töltések által okozott szűkületek megszüntetése (töltés-áthelyezéssel, árapasztással).

A hazai árapasztó tározórendszer megvalósítása, az ártér reaktiválása szabályozott vízkivezetéssel:

- A töltésben megfelelő helyeken elhelyezett nagyméretű zsilipekkel az árhullámok csúcsainak megcsapolása,
- az árvizek visszatartása síkvidéki tározókban az árhullám levonulásáig,
- a szükséges 1,5 milliárd m³ tározó térfogat kialakítása, megfelelő területi elrendezésben a Tisza-mentén.

Az árvízi tározók létesítésének kulcskérdése a földtulajdonosokkal való megállapodás volt. A tervek árvízmentes években a tározók területén zavartalan gazdálkodást tettek lehetővé, sőt, kiemelt támogatás volt nyerhető az ökogazdálkodáshoz. A földtulajdonosok egyszeri kompenzációt kaptak, amikor a tározó létesült és árvíz idején teljes kártalanítást kaptak, ha igénybe vették a földjeiket. [48; 44. o.]

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem kutatói a tározók hidraulikai hatékonyságának számszerűsítéséhez bevezették az alábbi függvény alkalmazását:

$$H = \int_{x=x_1}^{x=x_2} \Delta z(x) dx = \int_{x=x_1}^{x=x_2} (Z_{0 \max(x)} - Z_{T \max(x)}) dx$$

A $Z_{0 \max(x)}$ az árhullám tetőzési (abszolút) magasságok hossz-szelvénye a tervezett tározók megépítése nélkül, $Z_{T \max(x)}$ az árhullám tetőzési magasságok hossz-szelvénye a megépítés mellett, x_1 és x_2 pedig a vizsgált folyószakasz felvízi illetve alvízi koordinátája. [50]

A kutatók a függvény alkalmazásával, a hidrodinamikai modellezésük eredményei alapján értékelték a tározók hidraulikai hatásait, és a kiépítés sorrendjét a hidraulikai hatás szerint állították fel.

Összefoglalóan elmondható, hogy a VTT koncepciója a Tisza-völgy árvízvédelmi biztonságának növelését egyértelműen az árvízszintek csökkentésében határozta meg, a

nagyvízi meder vízszállító képességének javításával. Ennek lényege, hogy az 1970-es mederállapotok visszaállításával, valamint a hazai ártéren kiépíthető árapasztó tározásos rendszer megvalósításával, úgy, hogy a katasztrófával fenyegető árvizek árapasztása együtt járjon az ártér szabályozott vízkivezetéssel történő reaktiválásával. A legszükségesebb hullámtéri beavatkozásokkal és a tározási lehetőségekből kiválasztott 10-14 tározóval, 1,5 milliárd m³ árvíztömeg visszatartásával, a Tisza hazai szakaszán mintegy 1 m-es vízszintcsökkentés érhető el. A VTT koncepciója alapelveként rögzítette az árvízi biztonság és az ökológiai állapot egyidejű javításának szükségszerűségét. [33]

A Tisza-völgyben 30 db, összesen 1 050 millió m³ térfogatú árvízvédelmi célú tározó vagy részben árvízvédelmi célú tározó üzemel. A Körösök völgyében 5 db, 386 millió m³ térfogattal rendelkező tározó van. A VTT program keretében eddig 7 db tározó valósult meg, mely 783 millió m³ tározó térfogattal rendelkezik.

3.2.2. Árvízi veszély és kockázati térképezés

Magyarország a 2004. évi Európai Unió csatlakozását követően, az Európai Parlament és a Tanács 2007/60/EK Irányelve [6] az árvízi kockázatok értékelésének témakörét a tagállamokra egységesen kötelező jelleggel irányozta elő. Hazánkban a 178/2010. (V. 13.) Korm. rendelet [51] a vizek többletéből eredő kockázattal érintett területek meghatározásáról, a veszély- és kockázati térképek, valamint a kockázatkezelési tervek készítéséről, tartalmáról írja elő, hogy előzetes kockázatbecslést, árvízi veszély- és kockázati térképeket kell készíteni, valamint az árvízi kockázatok kezelésére kockázat csökkentő intézkedéseket kell kidolgozni.

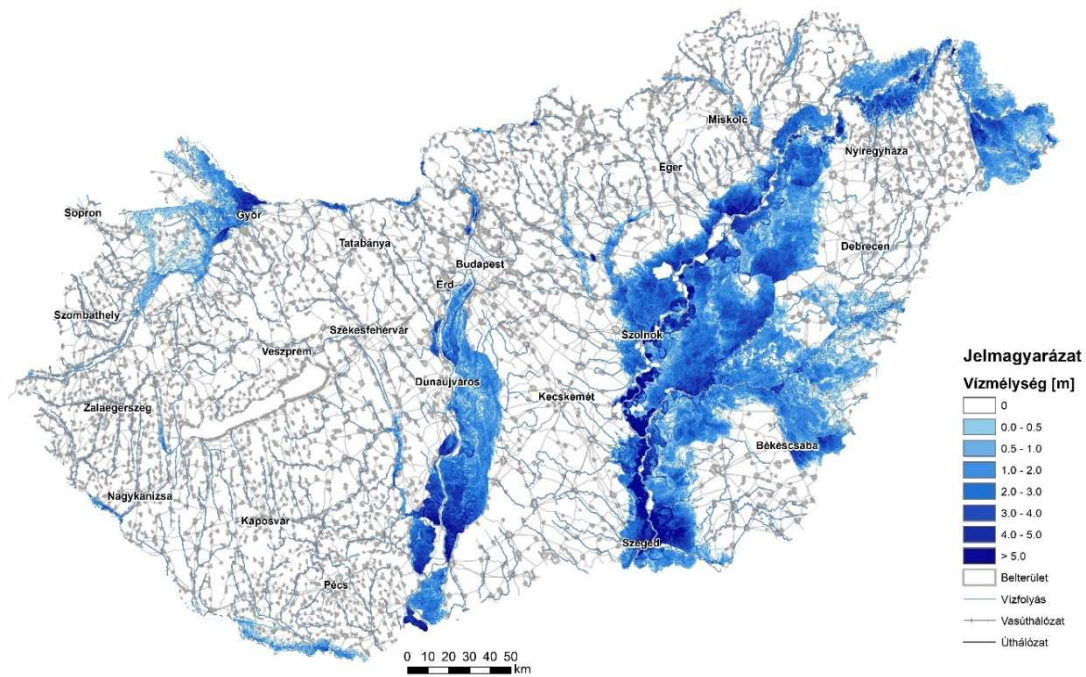
Magyarországon ez a munka az Országos Vízügyi Főigazgatóság koordinálása mellett 2010-ben kezdődött meg. Az Irányelv alapján, 2011-ben elkészült az előzetes kockázatbecslés, mely előzetesen kijelölte az árvízzel veszélyeztetett területeket. A tervezés során a vízügyi ágazat figyelembe vette a folyókon kialakuló vízszinteket, valamint az árvízvédelmi töltések meghibásodásának lehetőségeit is. Az ártéri öblözeti szintű veszélytérképek országos szinten aggregálásra kerültek. A vizsgált események köre a nagy valószínűségű (30 éves visszatérési idő), közepes valószínűségű (100 éves visszatérési idő), valamint az 1 ezrelékes előfordulási valószínűséghez tartozó árhullámokból keletkező bekövetkező gátszakadások elöntési hatásaira terjedt ki. Az egyes veszélytérképek bemutatják a területek elöntésének, a kialakulható elöntési vízmélységek várható előfordulási valószínűségét, a kockázati térképek pedig megjelölik az elöntés által veszélyeztetett területeken a vagyoni, humán, ökológiai, örökségvédelmi kockázatokat. [52]

Az előirányzott intézkedések költségei, kockázatcsökkentő hatásai (vagyon, emberi, kulturális, környezeti) mellett, közös szakértői munka során meghatározásra kerültek az egyes árvízi intézkedés típusok általános jellemzői, kiemelve az árvízvédelmi célját, a víztestre gyakorolt előzetesen becsült kedvező és kedvezőtlen hatásait, valamint az esetlegesen szükséges hatáscsökkentő, kompenzációs lehetőségeket. Az Árvízi Kockázatkezelési Terv keretében elkészültek 151 ártéri öblözetre (4300 km védvonal által határolt, mintegy 36000 km² területre, 1500 szakadási változat vizsgálatával), 109 kisvízfolyásra (2965 km hosszban) továbbá 3150 km hosszú folyószakasz menti nyílt ártérére, valamint a belvízzel veszélyeztetett területekre az ár-és belvízi veszély- és kockázati térképek. A munka további eredménye a korszerű egységes metodika alapján, a 72 ártéri öblözetre elkészített árvíz-lokalizációs terv. Magyarország Árvízi Országos Kockázatkezelési Tervét a Kormány 2016. március 25-én elfogadta. Az Árvízi irányelvben foglaltaknak megfelelően, a terveket 6 évente kell felülvizsgálni, amelyek 2021-re megújítva ismét elkészültek. [33]

Az Árvízi Irányelv felülvizsgálatában szakágazati vezetőként vettem részt. Véleményem szerint a veszély és kockázati térképek és kockázatkezelési tervek felülvizsgálata tovább pontosította hazánk árvízvédelmi stratégiai irányait. A továbbiakban ezt a nagy volumenű munkát mutatom be átfogóan.

A felülvizsgált veszély és kockázati térképek módszertani szempontból három csoportra, elöntési-, veszélyeztetettség- és kockázati térképezésre osztva készültek el. Az ország területét 8 tervezési egységre bontva vizsgáltuk, az érintett területre meghatároztuk a kockázatokat, ahol kockázat alatt alapvetően a károk várható értékét értjük. A vagyoni kockázat a védett ártereken összegezve évente mintegy 159 milliárd Ft/év, a kisvízfolyásokra összegezve kb. 11 milliárd Ft/év, nyílt ártereken is több mint 5 milliárd Ft/év. [52]

A modellezés eredményei az öblözetenként és országos szinten is előálló elöntési térképek (12. ábra).



12. ábra Az ártéri öblözetek országos maximális 1%-os (100 évente egyszer előforduló árvíz) elöntés térképe

(forrás: Országos Vízügyi Főigazgatóság)

Az öblözeti térképek sosem egy szakadás elöntését mutatják, hanem az összes elöntésre vonatkozó burkoló felületét és kumulált elöntési magasságát. Az elöntéstérképeket a felülvizsgálat során is három valószínűség szerint különböztetjük meg.

Az öblözeti elöntéstérképek összegzésével egyúttal lehatárolható országos szinten a potenciális maximum elöntés, amely az elvégzett munka egyik fontos részeredménye.

A szakadasonként előálló elöntéstérképek és a hozzájuk tartozó valószínűségek alapján előállíthatók a veszélytérképek. A veszélytérképek megmutatják, hogy különböző vízmélység kategóriában milyen valószínűséggel alakulhatnak ki elöntések. Így lehatárolhatóak a különböző veszélyeztetettségű területek. A térképek során 3 kategóriát különítünk el: 0,5 m-nél kisebb vízmélységek, 0,5 – 3m közötti és 3 m-nél nagyobb vízmélységek.

Az elöntés valamely hatásának várható értékét tekintjük kockázatnak. A hatásokat különböző szempontok szerint vizsgálhatjuk:

- az emberi élet, életminőség,
- vagyoni károk,
- kulturális örökségben keletkező károk vonatkozásában.

Magyarországon az emberi élet kockázata a védett ártereken – a jelenlegi kiépítettség mellett – elhanyagolható. Előrejelző és védekezési rendszerünk gyakorlatilag kizárja olyan töltésszakadási események bekövetkezését, amelyek esetén nem lenne lehetőség az emberi életek biztonságos mentését biztosító intézkedésekre. [53; 12. o.]

Véleményem szerint kiemelten kezelendő a vagyoni kockázat kérdése, ezt két megfontolás is alátámasztja:

- a védett vagyon jellemzően a lakott térségeken koncentrálódik, azaz szoros összefüggésben van az emberi élet, életminőség kérdésével, valamint
- a kiépített rendszer fejlesztése előtérbe hozza a gazdaságossági kérdéseket.

A vagyoni kockázatot az elöntés hatásaként jelentkező vagyoni kár várható értékeként határozzuk meg. Ehhez két alapvető információ használható fel:

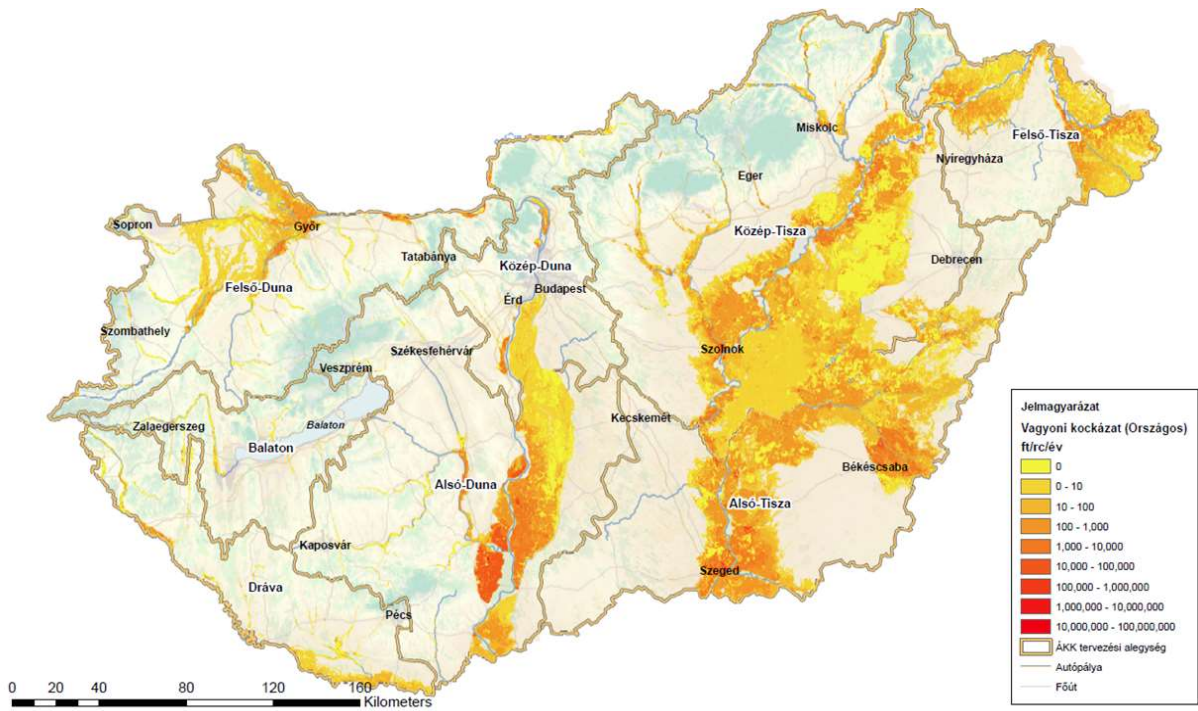
- a területhasználati adatok és
- a területhasználatokat jellemző elöntési kárfüggvények.

A területhasználatok az elöntéssel azonosan 20x20 m-es cellákon értelmezve fajlagos vagyonértékkel jellemezhetőek.

A kárfüggvények azt írják le, hogy egy adott területhasználat esetén milyen elöntési paraméter értékektől függően, milyen arányban károsodik az érintett vagyonérték. A védett árterek elöntéseinél az esemény jellemző paraméterének az elöntési mélységet választottuk. [53; 12. o.]

Kockázat alatt az éves átlagos várható kár értékét értjük és számítjuk. A kockázatok számításának alapvetése, hogy a kockázat az elöntési valószínűség és az elöntés hatásának, az elöntési kárnak a szorzata.

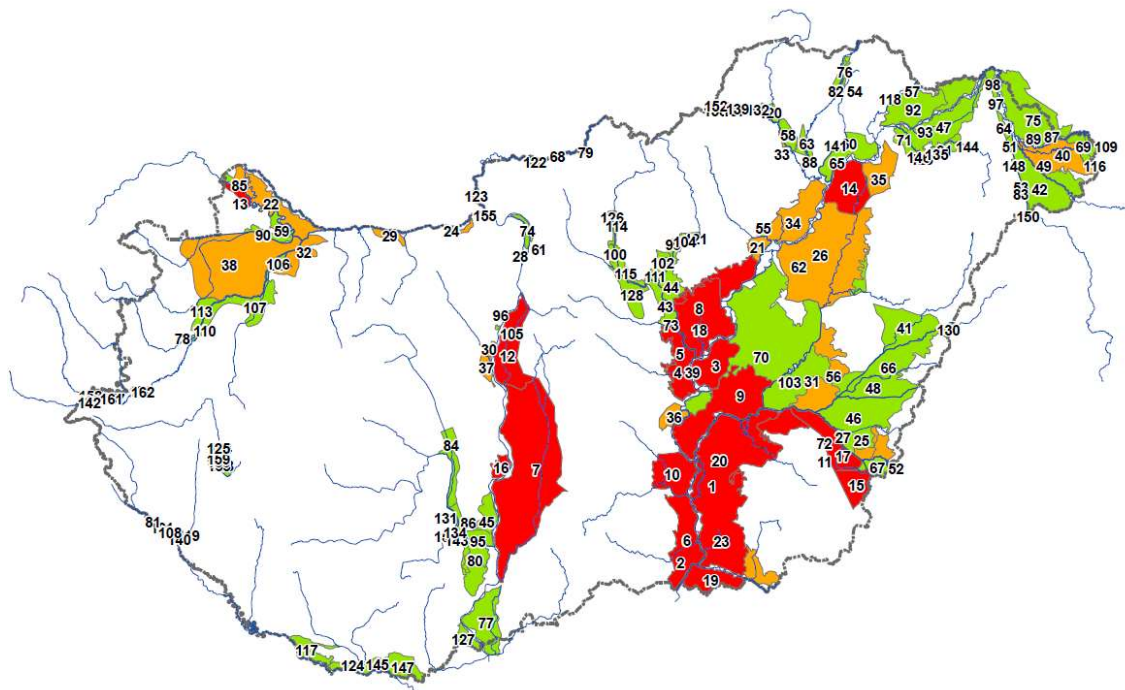
$$\text{Kockázat} = \text{Kiváltó ok valószínűsége} \times \text{Bekövetkezett kár}$$



13. ábra Országos vagyoni kockázati térkép

(forrás: Országos Vízügyi Főigazgatóság)

A főbb kockázati paraméter (vagyoni kockázati térkép, 13. ábra) és további befolyásoló (nem-vagyoni) paraméterek alapján (lakosság veszélyeztetettsége, egészségügyi intézmények, kulturális örökség, szennyezőforrások veszélyeztetettsége) értékeltük az öblözeteket és országos kockázati rangsort állítottunk fel. A piros színnel a legsürgetőbb beavatkozásokat tartalmazó öblözetek vannak jelölve. (14. ábra)



14. ábra Országos kockázati rangsor (Prioritási sorrend: piros, narancs, zölddel jelölt ártéri öblözetek)

(forrás: Országos Vízügyi Főigazgatóság)

Ez alapján megállapítható, hogy hol található a legmagasabb kockázatok (prioritások), hol lehet szükség kockázatsökkentő intézkedésekre, a beavatkozásokkal hol érhető el várhatóan a legnagyobb kockázatsökkenés (haszon, eredmény). A nem-vagyoni hatások közül a legfontosabb a lakosság veszélyeztetettségének vizsgálata.

A veszélyeztetettség mértékére utal, hogy az 1%-os elöntési valószínűségnél nagyobb valószínűségű területen a becslések szerint mintegy 1 154 789 fő él, amely a hazai lakosság csaknem 12%-a. [52]

3.2.3. Mértékadó árvízszintek felülvizsgálata

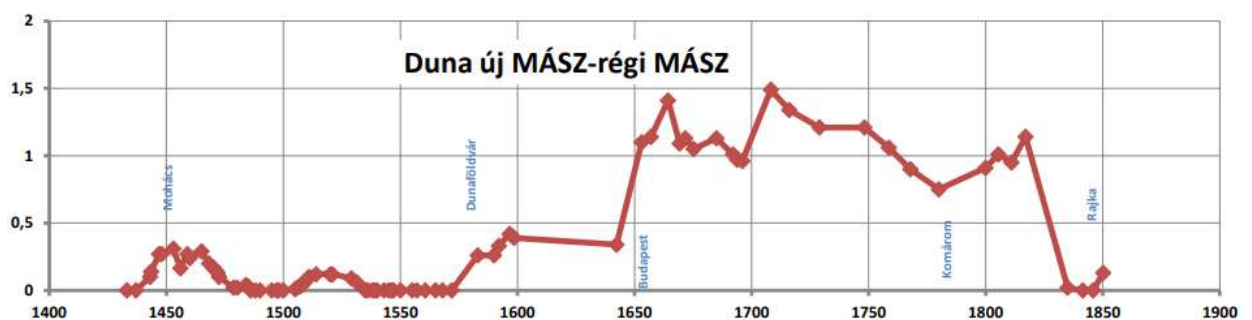
A mértékadó árvízszintek statisztikai alapon történt meghatározására első alkalommal az 1970-es években került sor. [54]

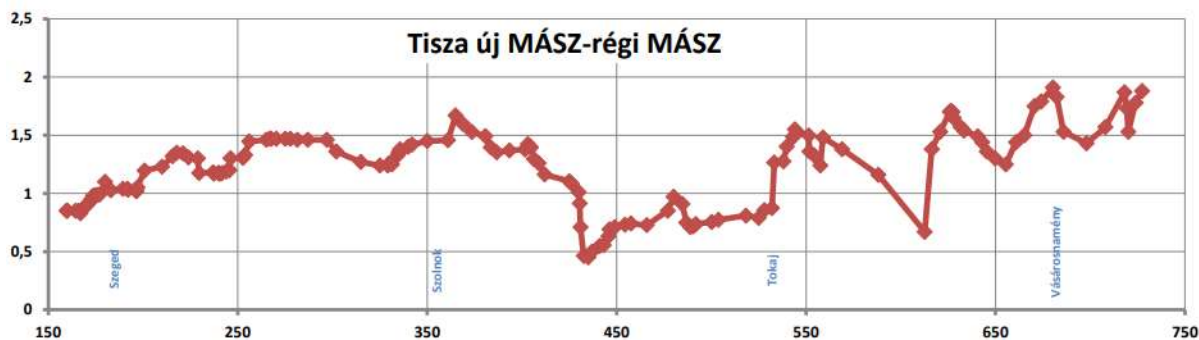
Azóta a hidrológiai és folyómorfológiai viszonyok változása miatt több ízben szükség volt egyes folyószakaszokon a mértékadó árvízszintek felülvizgálatára. A legutóbbi átfogó, az ország összes folyójára kiterjedő felülvizgálatra 1997-ben, részleges – a Duna, a Hernád, a Felső-Tisza és mellékfolyói egyes szakaszaira kiterjedő – felülvizgálatra 2010-ben, amelyek

eredményeit a jelenleg már nem hatályos 11/2010. (IV. 28.) KvVM rendelet [55] tartalmazta. A korábbi mértékadó árvízszint meghatározásának alapelvét az Országos Vízügyi Hivatal fogadta el [56] az alábbiak szerint:” Magyarország valamennyi folyójára a számított 100 éves átlagos visszatérési idejű jégmentes árvizet kell mértékadónak elfogadni”. A 2013-as dunai árhullám és a megelőző bő másfél évtized tiszai és dunai árhullámai sorban döntötték meg az egyes folyókon a mért legnagyobb árvízszinteket. Ezeknek a ritka események előfordulása tette szükségessé, hogy a vízügyi szakma átfogóan felülvizsgálja a korábban meghatározott mértékadó árvízszinteket.

Ennek kapcsán vizsgálta felül 2014-ben az Országos Vízügyi Főigazgatóság a hazai folyókon a mértékadó árvízszintet. A vizsgálatot szakmailag a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszéke koordinálta. A vízhozam-idősorok statisztikai elemzését az érintett vízügyi igazgatóságok hidrológusai végezték el. A tudományos igényű munka ezúttal is az egy százalékos valószínűséggel számított vízállásból indult ki, amelyhez a legutóbbi árvizek adatait is magába foglaló hosszú távú idősorok szolgáltattak alapadatokat. Ezúttal a „képlet” kiegészült az egy százalékos valószínűséggel várható vízhozamokra vonatkozó számításokkal is. A hónapokat igénybe vevő elemzés, számítás és modellezés eredményeként megszülettek az új mértékadó árvízszint értékek. [57]

Az új árvízszinteket, illetve a kiépítési biztonság értékeit a folyók mértékadó árvízszintjeiről szóló 74/2014. (XII. 23.) BM rendelet hirdette ki. [58]





15. ábra A régi és az újra számított mértékadó árvízszint közötti különbség [m] a Dunán és a Tiszán

(készítette: a szerző)

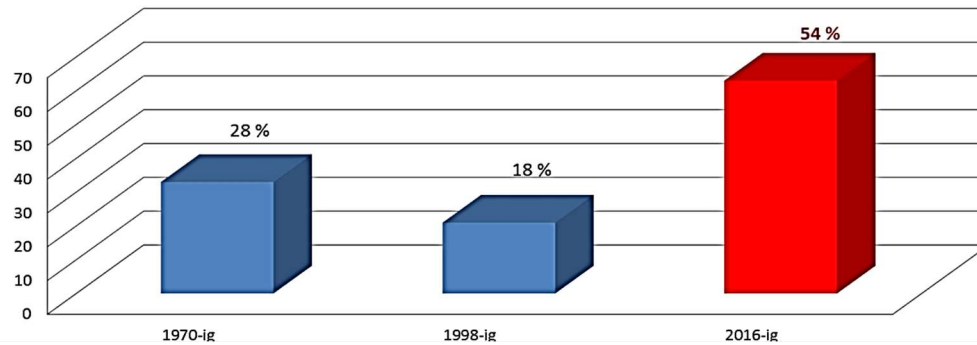
Az újonnan számított értékek, a Duna esetében, a Komárom és Budapest közötti szakaszon 1-1,5 m-rel, a Tisza folyó esetében Szolnokon 124 centiméterrel, Csongrádnál pedig 120 centiméterrel, de a Felső-Tiszán közel 2 m-rel magasabb értékre adódtak. (15. ábra)

3.2.4. Nagyvízi mederkezelési tervek és azok hatásai a levonuló árvízszintekre

A nagyvízi meder, mint fogalom a vízfolyást, állóvizet magában foglaló terület, amelyet az árvíz levonulása során a víz rendszeresen elborít, és amelyet a mértékadó árvízszint vagy az eddig előfordult legnagyobb árvízszint közül a magasabb jelöl ki. A nagyvízi mederben fekvő ingatlan tulajdonosa, illetve használója a nagyvízi mederben mezőgazdasági művelést, erdőgazdálkodást vagy más tevékenységet kizárólag saját felelősségére, az árvizek levezetésének akadályozása nélkül, a környezet- és természetvédelmi, valamint a kulturális örökségvédelmi előírások megtartásával folytathat. [33]

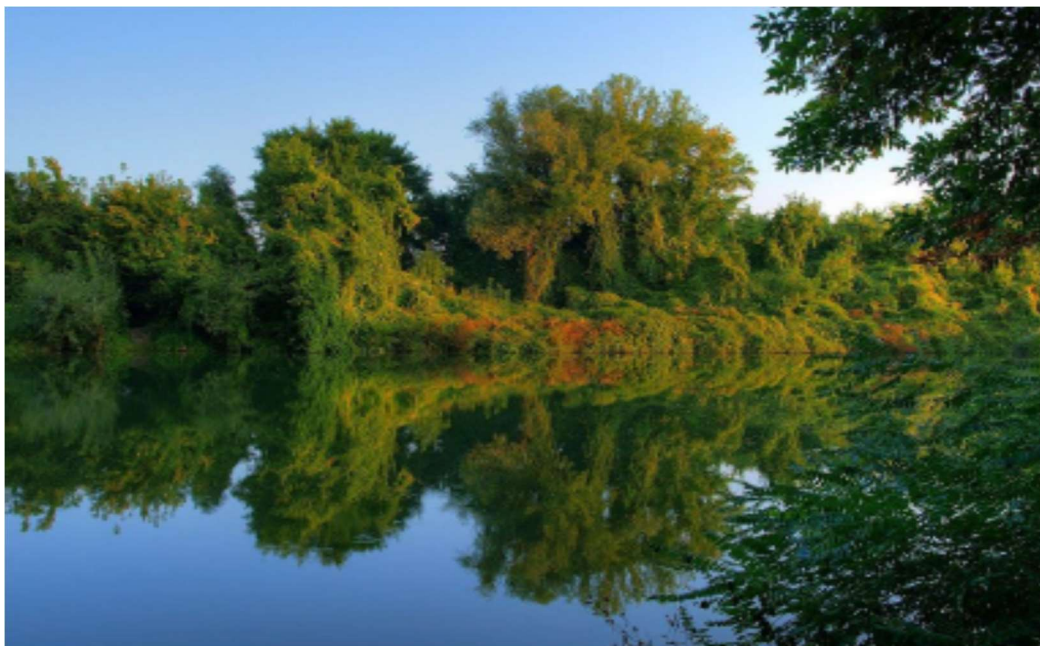
Az elmúlt 20 évben több mint 50 vízmércén haladta meg az árvíz az addigi rekordokat. A kutatások bebizonyították, hogy a helytelen területhasználatok, a hullámterek, holtágak, mellékágak feltöltődése és a klímaváltozás miatt emelkedő árvízszintek (16. ábra) egyre több területet fognak veszélyeztetni a nyílt ártereken. Ha ez a folyamat nem áll meg, a nagyvízi meder területe folyamatosan nőni fog és az árvizek a töltések magassági biztonságának csökkenése miatt növekvő veszélyt jelentenek a védett településekre. Annak érdekében, hogy a bekövetkező kár mérsékelhetővé váljon, nem elegendők (és nem finanszírozhatóak) a hagyományos fejlesztések (töltés vagy tározóépítés) szükség szerint változtatni kell a területhasználatokat. [59; 53. o.] A nagyvízi mederkezelési tervek elfogadásával rugalmasabbá, helyspecifikusabbá válik a hullámtéri szabályozás. A már kijelölt ingatlanok esetében ezzel oldásra kerülnek a jelenlegi merev szabályozási keretek. A tiltás mellett lehetővé válnak

bizonyos területhasználatok a hullámtereken is a kompenzációs intézkedések egyidejű alkalmazásával.



16. ábra Árvízszint rekordok arányának [%] alakulása az elmúlt 53 évben
(készítette: a szerző)

Az emelkedő árvízszint oka, hogy a szűk, beépített hullámtéren a növényzet túlzott elszaporodásából adódó rossz lefolyási körülmények (17. ábra) visszaduzzasztást eredményeztek.



17. ábra Nagyvízi meder jelentős benőttisége
(forrás: Országos Vízügyi Főigazgatóság)

Az árvízszintek ma már mintegy 1,5-2 méterrel haladják meg a 20. század derekáig észlelt maximumokat. Ez azt is jelenti, hogy a védvonalak jogszabálynak megfelelő kiépítettsége 67%-ról kevesebb, mint 20%-ra csökkent.

Megoldást jelenthetne az árvizek levonulási területének növelése, azonban ez csak kismértékben lehetséges a folyóra ráépülő települések miatt. Másik megoldásként árvízvédelmi töltéseket kell fejleszteni, ami költséges és területileg korlátozott a hidraulika által megkövetelt nyomvonal miatt. Az árvízi kockázatok értékeléséről és kezeléséről szóló irányelv [6] alapján készített árvízi kockázatkezelési tervben megfogalmazott megoldásként a medrek levezető kapacitását kell megtartani vagy javítani.

Ennek eszközeként meghatároztuk a nagyvízi meder területét, ami az árvíz levonulása során a víz által rendszeresen elborított terület, és amelynek rendeltetése a mederből kilépő árvíz és jég levezetése. A hatályos jogi szabályozás szerint [60] a nagyvízi medret csak az árvízvédelmi előírásoknak megfelelően szabad kezelni, használni és hasznosítani. 2014-től mérnöki számításokkal kijelölt zonáció lett bevezetve, a medren belül megkülönböztetünk árvízi levezető sávokat – a vizsgálatok eredményeként 4 sávot – aszerint, hogy mekkora szerepe van az árvíz levezetésében. Így lehetővé válik a kötıtségek ésszerű differenciálása, adott esetben enyhítése a jelenlegi helyzethez képest. [59; 53. o.]

A nagyvízi meder kezelésének célja, hogy a folyó:

- ne okozzon az érintett lakosság számára vállalhatatlan élet és vagyon kockázatot;
- maradjon természetes élőhely és tájalkotó érhálózat;
- legyen forrása a társadalom anyagi és szociális szükségletei kielégítésének. [59; 53. o.]

A nagyvízi medernek mindezekért alkalmasnak kell lennie:

- természetes hidrológiai szerepére, a víz, a jég és a hordalék levezetésére;
- a tájban honos flóra és fauna számára élőhely biztosítására;
- a víz és a partok emberi használatára. [59; 53. o.]

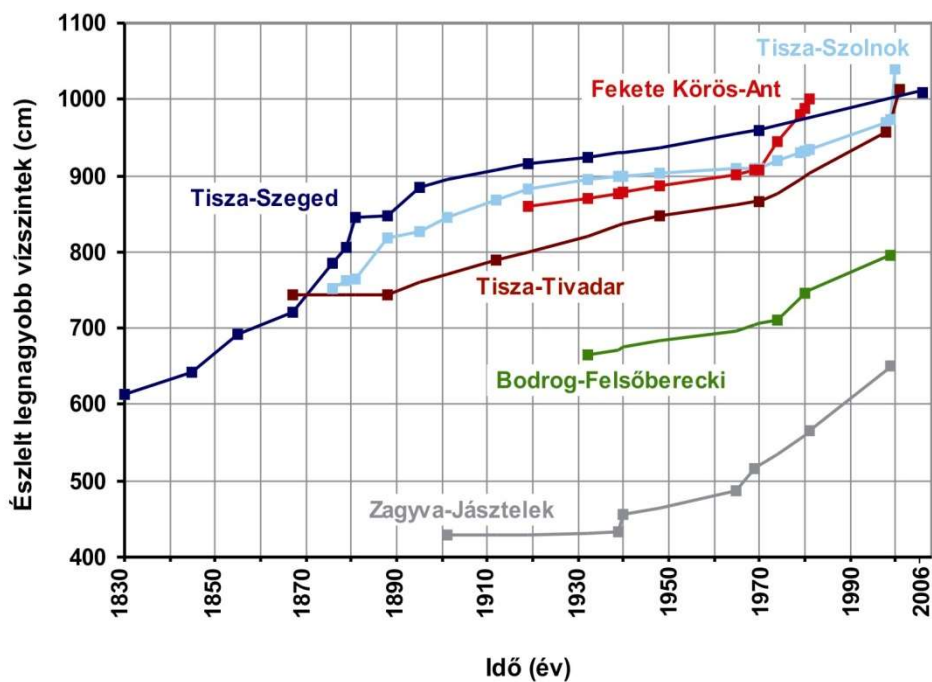
A nagyvízi mederkezelési tervek jelentik az eszközt arra, hogy az egyes mederszakaszokon felesleges, merev jogszabályi előírások alól mentességet biztosítsanak annak érdekében, hogy az újragondolt árvízvédelmi stratégiának megfelelően az árvízvédelmi töltések védőképességének állandó fejlesztése helyett a hullámterek, nyíltárterek ésszerű hasznosítása során a terület kárérzékenységét a minimálisra csökkentjük. [59; 53. o.] A nagyvízi

mederkezelési tervek arra is lehetőséget adnak kijelölt ingatlanokon tervezett beavatkozás (építés, mezőgazdasági termelés, üdülőterület kialakítása stb.) esetében, hogy legyen lehetőség olyan kompenzáló intézkedések végrehajtására is, amelyekkel elérhető, hogy az árvízszintek ne emelkedjenek, ne nőjön az árvízveszély, és a végrehajtott költséges árvízvédelmi beruházások alkalmasak maradjanak a feladatuk ellátására újabb fejlesztés nélkül is.

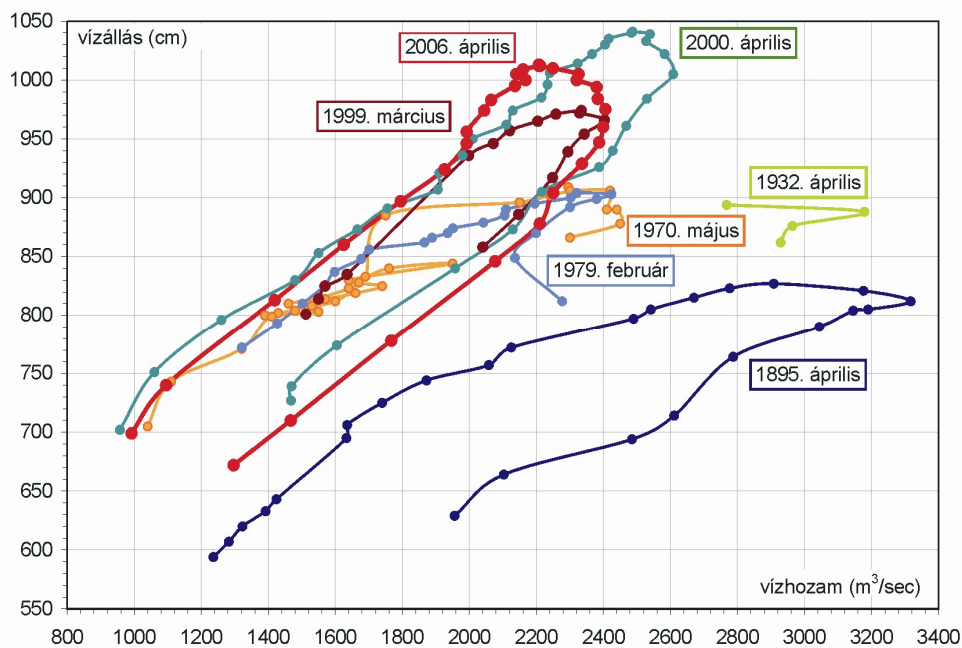
Országosan a nagyvízi mederben, vizsgálataim alapján összesen mintegy 114.000 ingatlan helyezkedik el és ~15.500 db épület érintett. Az elsődleges levezető sávban ~200 db épület áll, ami az összes érintett épület számának mindössze 1,3%-a. Ebből 179 db egy tömbben van a Közép-Tisza vidéken. A másodlagos sávban ugyancsak tömbben helyezkedik el 1339 db épület, ami 8,6%-a az összes érintett építménynek (Alsó-Duna, Felső-Tisza, Alsó-Tisza). Az épületekről elmondható, hogy zömmel üdülő jellegű épületek, melyeknek egy része lábakon áll. A hullámtér rendezésének szükségessége itt már a 2000-2001-es árvíz után bebizonyosodott, a korábbi védelmi koncepció – ha jön a víz, erősíteni kell a gátakat – tarthatatlan. Ezt követve egyre magasabb gátakra lenne szükség, mivel a benőtt/beépített hullámtéren egy-egy áradás után 15-20 cm vastag hordalék marad, tehát ennyivel emelkedik az árvízszint a következő árhullám levonulása során.

A nagyvízi mederkezelési tervek 67 folyószakaszra készültek el. A tervdokumentációkat az érintett szervezetek megismerhették és azokat véleményezték. A helyi szintű érdekegyeztető fórumokon fennmaradt vitás kérdésekről pedig országos egyeztető fórumot tartottak, ahol az értékcsökkenéssel és a kijelölés/kihirdetés elmaradás következményei kapcsán problémák fogalmazódtak meg.

Az elmúlt másfél évtizedben levonuló, a korábbi vízszintmagasságokat rendre meghaladó árvizeknél megfigyelhető volt, hogy míg az árvízi vízhozamok nem nőttek, viszont a vízállások erősen emelkedtek. A folyók vízszállító képessége, az 1998-ban kezdődő árvizes időszak hatására, különösen a 2001. évi tarpai gátszakadást követően került reflektorfénybe. Az árvízszintek akkori, és azóta is bekövetkezett emelkedésére adott tudományos válaszok egyértelműen igazolják, hogy azok okozója az árvizek levezetéséhez szükséges területek szűkülése. Az árvízi vízszállító képesség romlását mutatják a 18-19. ábrák. [33]

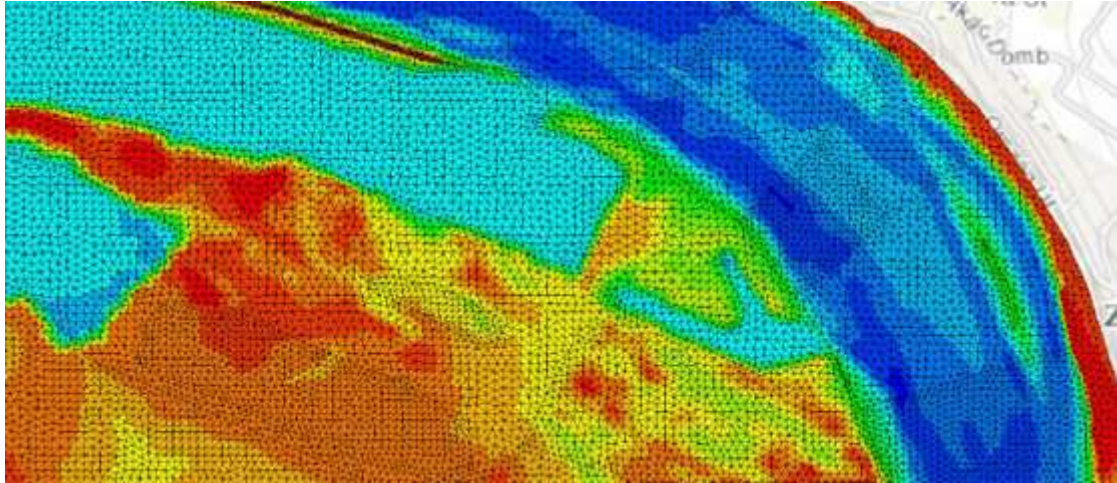


18. ábra Az árvízszintek folyamatos emelkedése a Tiszán [33]



19. ábra Az árvízi vízszállítási romlása (Tisza- Szolnok) – árvízi hurokgörbék [33]

A hidrodinamikai vizsgálatok során a nagyvízi medret a fajlagos vízszállító képességük alapján (20. ábra) ún. levezető sávokra (zónákra) osztották.



20. ábra Nagyvízi levezető sávok fajlagos vízszállító képessége

(forrás: Országos Vízügyi Főigazgatóság)

Négy egymástól elkülönülő lefolyási zóna lett kijelölve (20. ábrán, vízsebesség alapján színezve, kék leggyorsabb, piros leglassabb), amely építési és területhasználati korlátozásokat is maga után vont, a legszigorúbb tiltástól az enyhébbig, de mindenképpen a vízügy szakmai hozzájárulásához kötöten, amelyeket a területileg illetékes Vízügyi Igazgatóságok adnak ki.

A levezető sávok az alábbiak:

Elsődleges levezető sáv: a nagyvízi meder azon része, ahol az árvízi vízhozamok és a jég a legkedvezőbb áramlási viszonyok mellett vonulnak le. Ez maga a meder vagy a meder mellett lévő nyílt terület, amely a keresztmetszetéhez képest rendkívül nagy mennyiségű vizet szállít árvíz idején. Itt kizárt a vízhasználathoz közvetlenül nem kötődő építmény építése és felújítása is.

Másodlagos levezető sáv: jelentősen részt vesz az árvizek levezetésében, ahol a meglévő épület felújítása támogatható, de alapterületének növelése nem.

Átmeneti levezető sáv: az árvizek által időszakosan elöntött területrészt, időszakosan elöntésre kerülő terület, amely az árvíz levezetésében még részt vesz, de szerepe nem jelentős, ezeken a területeken külön engedéllyel az építmény bővítése is lehetséges.

Áramlási holttér: területrészt, ahol nincs áramlás, de mint tározó térfogat szerepe van az árvizek levonulásában. Árvízlevezetés szempontjából bármi építhető, amennyiben a tulajdonos túri az elöntést. [33]

A hullámterek szélesítése csak egy-egy kisebb folyószakaszon jelent megoldást, de az árvizek biztonságos levezetésére általános megoldást nem tud nyújtani. Az árvízi biztonságuk a vízszintemelkedések miatti csökkenése egyre inkább valószínűsíti, hogy lesznek kivédhetetlen árvizek, és az így keletkező árvízkarok nagyságrendekkel növekednek.

Az érintett ingatlan tulajdonosokat szükséges tájékoztatni arról, hogy ingatlanuk a mértékadó árvízszintek által meghatározott nagyvízi mederben helyezkedik el. Ez a nagyvízi mederben való elhelyezkedés tényének, mint jogi jellegnek az ingatlan-nyilvántartásba történő feljegyzésével lehetséges. Ennek elmaradása esetén – ahogy erre a közelmúltban több példa is volt – a települések az árvíz által érintett területekre készítenek rendezési és fejlesztés terveket, melyeken újabb árvízkarok kialakulása prognosztizálható.

Mi lesz a következménye, ha nem foglalkozunk a medreink vízállító képességével? Amennyiben csak a védművek emelésével kívánjuk a növekvő árvízszintek levezetését megoldani, akkor a beruházás pillanatában még biztonságos töltéseink az árvízszintek emelkedése miatt sokkal rövidebb idő alatt elvesztik szerepüket, mint amire tervezték őket.

Az emelkedő árvízszintek kártételei elleni védekezés emeli a védekezési kiadásokat, amelyek a költségvetésben tervezhetetlenül jelennek meg.

3.2.5. Árvízi védőképesség helyreállítása

Az elmúlt években levonuló árvizek alkalmával regisztrált árvízi jelenségek tapasztalatai védőképességi hiányosságokat mutattak, amelyek elsősorban általaj problémákra vezethetők vissza. Ezen problémák kezelésére végrehajtott beruházás célja az elsőrendű árvízvédelmi fővédvonalak védőképességének helyreállítása volt. További cél volt az öblözeti egyenszilárdság elérése, a lokális gyengeségek megszüntetése. Kimutatható, hogy az árvízvédelmi szakaszokon jelentkező kockázati érték jelentős részét a lokális gyengeségek okozzák, amelyek általaj problémákra valamint szerkezeti problémákra vezethetők vissza. Mivel egy ilyen gyenge szakaszon bekövetkező töltésszakadás akár az öblözet egészét is veszélyeztetheti, az árvízi kockázat magas. A későbbiekben részletesen bemutatott, vasbeton szerkezetre alkalmazott helyszíni roncsolásmentes méréseimet is ebből a célból végeztem el. Vizsgálataimat az 5.3. fejezetben részletezem.

A védőképesség helyreállítását célzó projekt 2017 szeptemberében indult el, amely 11 Vízügyi Igazgatóság 19 árvízvédelmi szakaszát érintette országosan. Elsősorban azon

védvonalszakaszok erősítése történt meg, amelyek védőképessége kiemelkedően kicsi. Ezeken a szakaszokon az árvízvédelmi töltés szintje alacsony volt, vagy a keresztmetszeti hiányosság állt fent, illetve az altalaj rossz, megcsúszásra, kimosódásra hajlamos volt.

A töltés szakaszok állékonyságának helyreállítása az alábbi műszaki megoldásokkal történt meg:

- agyagpaplan, leterhelő szőnyeg létesítése,
- nyomópadka építése,
- zárt szivárgó építése,
- vasbeton máglyafal rekonstrukciója,
- anyagfog kiépítése,
- résfal kiépítése,
- szádfalazás.

A kivitelezési munkák 2018. november 15-én befejeződtek, a műszaki átadás-átvételi eljárások lefolytatásra kerültek valamennyi érintett árvízvédelmi szakaszon. A beavatkozások hatására a töltés vízáteresztő képessége javult, a szivárgási úthossz jelentősen megnövekedett, így az árvízi védőképessége megnőtt és a töltésszakadás valószínűsége lecsökkent.

3.3. Részkövetkeztetések

1. **Rávilágítottam** arra, hogy hazánk vízgazdálkodását nagymértékben befolyásolják az éghajlatváltozás által kiváltott szélsőségek. Ezek kiváltó okai közül a hőmérséklet és ezzel szorosan összefüggő csapadék van a legnagyobb és legközvetlenebb hatással. Bemutattam értekezésem témakörével szorosan összefüggő árvízszint növekedés mértékét, ezzel párhuzamosan rámutattam a vízhiány okozta, 2022-ben hazánkban kialakult szélsőségesen alacsony vízszintekre is.
2. **Megállapítottam**, hogy az időjárás hektikussága miatti szélsőséges vízjáték által okozott árvízvédekezési kiadások nehezen számszerűsíthetőek és **rávilágítottam** arra, hogy az előre nem tervezhető költségek csökkentése a vízügyi szakma hosszú távú célja. Gyakorló vízépítő mérnökként a mindennapi munkavégzés során is azt tapasztalom, hogy ezen nehezen számszerűsítő védekezési költségek jelentősen megnehezítik az éves szinten előre pontosan megtervezett költségvetésünket. **Megállapítottam továbbá**, hogy

az emelkedő árvízszintek kártételei elleni védekezés emeli a védekezési kiadásokat és ezek a hazai költségvetésben tervezhetetlenül jelennek meg.

3. Példákon keresztül, hosszú idősoros vízállás adatokra alapozva **bizonyítottam**, hogy árvízi létesítményeinkre egyre nagyobb terhelés adódik, amely egyre komolyabb töltésfejlesztéseket igényel. **Megállapítottam**, hogy az árvízi terhelés növekedésével növekszik a töltés mentett oldalán előforduló jelenségek (buzgár, suvadás, csurgás) veszélye is. Az emelkedő vízszintek nem csak a fejlesztési költséget növelik, hanem a töltéseink karbantartása és üzemeltetése is egyre költségesebben elvégzendő feladatként jelennek meg.
4. **Megállapítottam**, hogy amennyiben csak a védművek emelésével kívánjuk a növekvő árvízszintek levezetését megoldani, akkor a beruházás pillanatában még biztonságos töltések az árvízszintek emelkedése miatt sokkal rövidebb idő alatt elvesztik szerepüket, mint amire tervezték őket. Amennyiben ezen folyamaton nem változtatunk, abban az esetben a töltéseink nem adják azt a védettségi szintet, amelyeket elvárunk tőlük és nem tudjuk pontosan meghatározni a védettség mértékét és a védett javak volumenét.

4. AZ ÁRVÍZI IRÁNYELV VÉGREHAJTÁSÁNAK ELEMZÉSE NEMZETKÖZI PÉLDÁKON KERESZTÜL

Európában a súlyos árvizek gyakorisága érezhetően megnövekedett. A közepes és nagyobb méretű villámárvizek száma több mint kétszeresére nőtt az 1980-as évek végéhez képest.

Az éghajlatváltozás okozta változások jelentős szerepet játszanak, mivel hatással vannak a csapadék eloszlására, az időjárásra és a tengerszint emelkedésére, amelyek következtében egyre gyakoribb és súlyosabb árvizek következnek be.

Az egyre súlyosbodó árvízi veszélyek kezelése érdekében az Európai Parlament és a Tanács 2007. október 23-án hatályba léptette az árvíz kockázatok értékeléséről és kezeléséről szóló 2007/60/EK irányelvét. [6]

Fő célkitűzése, hogy „az árvizekkel kapcsolatos, elsősorban az emberi egészségre és életre, a környezetre, a kulturális örökségre, a gazdasági tevékenységekre és az infrastruktúrára gyakorolt káros következmények kockázatának csökkentése megvalósítható és kívánatos”.

Az Irányelv egészen új megközelítést igényelt a tagországoktól. Az eddigi „követő” magatartás helyett a vízkárookra történő minél pontosabb felkészülést és a megelőzést helyezte a középpontba.

Annak érdekében, hogy a hazánkban megkezdett útnak, a kockázati értéken történő tervezésnek a helyességét alá tudja támasztani, vizsgáltam az Európai Unió tagállamai által elkészített veszély és kockázati térképeit, valamint az Irányelv végrehajtása során tett erőfeszítéseit.

Ebben a kutatómunkában nagy segítségemre volt az EU Számvevőszéke által publikált különjelentés. [61] A jelentés mellett megvizsgáltam a nemzetközi viszonylatban a veszélytérképezés módszertanát, a differenciálás esetleges módszereit, ezért levelet küldtem a Belügyminisztérium segítségével a nemzeti vízigazgatóknak.

A levelet olyan országoknak küldtem ki, amelyeknek hidrológiai, domborzati viszonyai hasonlítanak Magyarországhoz és a válaszokból következtetéseket tudok levonni a hazai árvízvédelem tekintetében. Az alábbi országokat választottam ki: Csehország, Ausztria, Lengyelország, Szlovákia, Hollandia.

Az alábbiakban e kutatómunkám eredményeit és következtetéseit és fogom bemutatni.

Az EU Számvevőszéke 2017 októbere és decembere között helyszíni felmérést végzett az alábbi nyolc tagállamban: Szlovénia, Olaszország, Spanyolország, Portugália, Románia, Bulgária, Ausztria és Csehországban.

Ellenőrzésük célja az volt, hogy megállapítsa, az Irányelv által javasolt árvízvédelmi megoldások, az árvíz megelőzése, az árvízzel szembeni védekezés és a felkészültség megbízható elemzésen alapulnak-e, és hogy az alkalmazott módszerek várhatóan hatékonyak-e.

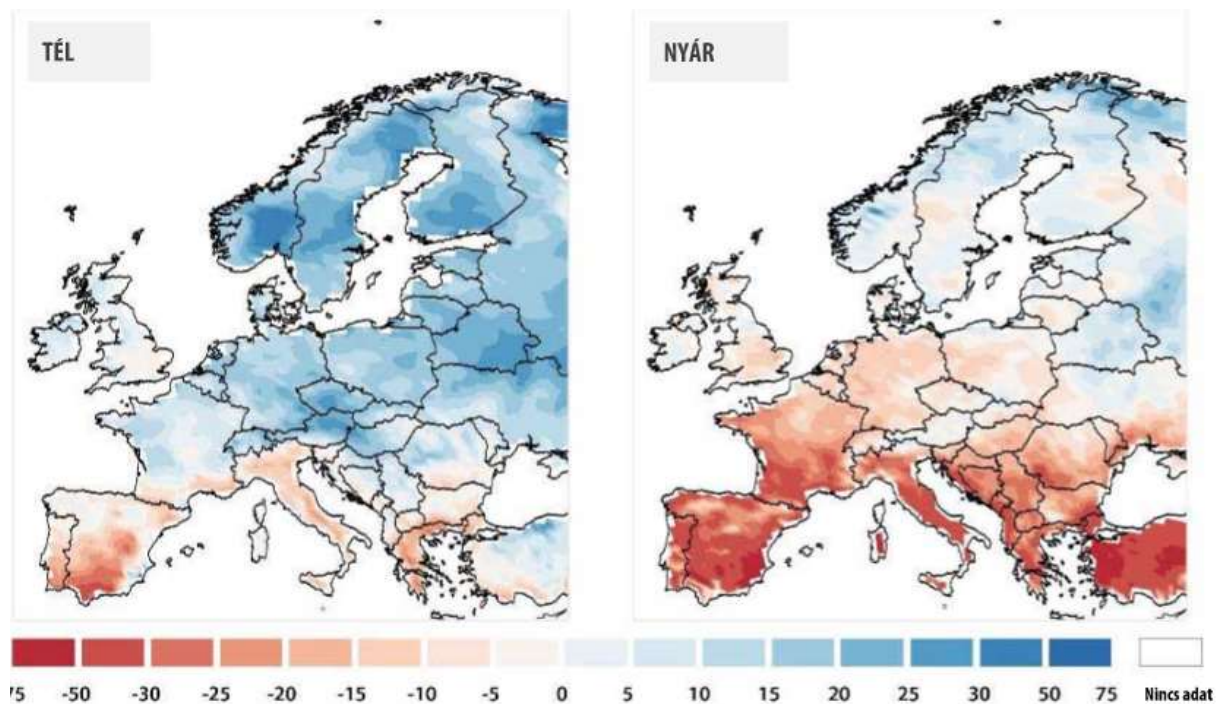
Az árvízvédelemmel kapcsolatos társfinanszírozott projektet is felkeresték a vizsgált vízgyűjtőkön, hogy megítélik azok megfelelőségét az árvízvédelmi irányelvben megfogalmazott követelményeknek. A helyszíni ellenőrzések során a vízgyűjtők árvízvédelmi kapacitását is értékelték.

Megállapították és leszögezték, hogy az árvizek számos negatív hatással járnak, beleértve sérüléseket, haláleseteket, jelentős gazdasági veszteségeket, környezeti károkat és a kulturális örökség sérülését, valamint az emberek kényszerű áttelepülését is. Például 2016-ban, mindössze két hét alatt, az árvizek miatt kilenc tagállamban legalább 18 ember vesztette életét és a veszteségek meghaladták a 3,7 milliárd eurót. Hasonló események történtek 2013-ban is, amikor hét tagállamban legalább 26 ember vesztette életét az árvizek miatt, és a veszteségek meghaladták a 13 milliárd eurót.

Az elmúlt évtizedekben az Unió-szerte bekövetkezett hidrológiai eseményeknek több mint 166 milliárd eurós gazdasági költsége volt, ami az éghajlatváltozással kapcsolatos veszteségek mintegy egyharmadát teszi ki. A szakértők szerint a jelenlegi trend folytatódása esetén az árvizek okozta károk az Unió egész területén jelentősen növekedni fognak. Az éghajlatváltozás és a gazdasági változások együttes hatására az árvizek által okozott károk 1981 és 2010 között évente 7 milliárd euróra rúgtak, azonban ez az összeg várhatóan a 2020-as évekre eléri a 20 milliárd eurót, a 2050-es évekre eléri a 46 milliárd eurót, és a 2080-as évekre akár a 98 milliárd eurót is meghaladhatja.

Az elmúlt évtizedekben, Európában egyre gyakoribbá váltak az árvizek, különösen az elmúlt években figyelhető meg az a tendencia, hogy az 1980-as évek végéhez képest sokkal több közepes vagy nagyobb léptékű villámárvízre kellett regisztrálni.

Az éghajlatváltozás által előidézett esőzési trendek Európa-szerte változatosak. Az előrejelzések azt mutatják, hogy Észak és Közép - Európában várhatóan növekedni fog az éves csapadékmennyiség. Magyarországon a téli csapadékmennyiség az elmúlt két évtizedben már több mint 10%-kal növekedett, ahogy azt az 21. ábra is mutatja. [61]



21. ábra Csapadékviszonyok változása [%] Európában [61]

4.1. Infrastrukturális fejlesztések hatásai az árvízi kockázatokra

Hagyományosan az árvíz elleni védelem megoldásai közé tartoznak szerkezeti intézkedések – a gátak, töltések, csatornák, és védművek építése –, amelyeket szürke infrastruktúrának nevezünk. Az árvíz káros hatását csökkenteni lehet árterületek kiszélesítésével, vizes élőhelyek megteremtésével és a folyók meanderezésének visszaállításával, amelyeket zöld infrastruktúrának nevezünk. Ki kell emelni, hogy az árvízvédelmi irányelv 7. cikke előírja, hogy a tagországok árvíz-kockázat-kezelési terveiben figyelembe kell venni a természetes árterületeket és az árvíz-visszatartási képességgel rendelkező területeket is.

Az árvízi kockázatok csökkentésére más megoldások is léteznek, amelyek a szürke és zöld infrastruktúrákon túlmutatnak. Ilyen megoldások a földhasználat váltás, a tudatosságnövelő tevékenységek és az árterületen élők biztosítási lehetőségei. Ezek az eszközök a nem szerkezeti intézkedések kategóriájába sorolhatók.

Az árvízvédelmi irányelv egyik jelentős eredménye az árvíz kockázat meghatározásának szabványosítása, amely figyelembe veszi az árvíz esemény bekövetkezésének valószínűségét, valamint az esemény által okozott hatásokat az emberekre, a környezetre, a kulturális örökségre és a gazdaságra. (22. ábra)



22. ábra A kockázatértékelés és kezelés főbb lépései [61]

A veszélytérképek az árvizek lehetséges elöntésének határát ábrázolják. Az árvízvédelmi irányelv előírja, hogy a vizsgálatokat három elöntési valószínűségi forgatókönyvre kell elvégezni: az alacsony, közepes és nagy valószínűségű árvizekre. Az EU irányelv azt is előírja, hogy minden veszélytérképen fel kell tüntetni a vízmélységet, az áramlási sebességet és az elöntés mértékét. Ezen adatok kritikusak a lehetséges árvíz károk becslése és az emberi élet kitettségének értékelésekor, különösen a villámárvizek esetén. [61]

4.2. Az elkészült veszély és kockázati térképekből levonható megállapítások

Az Irányelv előírásai szerint a tagállamoknak el kell készíteniük három féle gyakoriságra az árvízi veszély és kockázati térképeit: alacsony, közepes és nagy visszatérési idejű árvizekre.

Az elkészült térképeket vizsgálva az alábbi megállapításokra jutottam:

Csehországban 5 tervezési vízhozamra történik a veszélytérképezés: 5, 10, 20, 50 és 100 éves visszatérési idejű árvízhozamra.

Ausztriában 30, 100 és 300 éves, Lengyelországban 10, 100 és 500 éves, Szlovákiában pedig 5, 20, 100 és 1000 éves visszatérési idejű árvízi vízhozamra történik a tervezés.

Legtanulságosabb példával Hollandia esetében találkoztam, ahol a legkisebb tervezési szint a 100 évente, a legmagasabb pedig az egymillió évente egyszer előforduló (atomerőművek környezetében) árvízből származtatható veszély.

4.3. Az EU Irányelvben megfogalmazottak gyakorlati alkalmazása

A felelős pénzügyi tervezés elvei azt diktálják, hogy a szakpolitikai célok konkrétak, mérhetőek, relevánsak, teljesíthetőek és határidőhöz kötöttek legyenek. Az árvízvédelmi irányelv 7. cikke kötelezi a tagállamokat arra, hogy hatékony árvíz-kockázat-kezelési célokat állapítsanak meg, majd ezeket a célokat szolgáló intézkedéseket is beépítsék az árvíz-kockázat-kezelési terveikbe.

Ausztriában a hatóságok határidőkhöz kötött célokat tűztek ki, és hét kategóriát használtak az intézkedések előrehaladásának nyomon követésére. Hollandiában pedig számszerű célkitűzéseket határoztak meg a "Helyet a folyónak" programban.

Azonban a többi hét tagállam által kidolgozott árvíz-kockázat-kezelési tervek általában túl általános célokat tartalmaztak. Olaszország például a Keleti-Alpok vízgyűjtőjére vonatkozó tervében nem határozta meg az árvízvédelmi irányelv célkitűzéseit a vízgyűjtő specifikus körülményeihez igazodva, hanem általános célokat tartalmazott, amelyek a következőkre vonatkoztak:

- az árvizek által az emberi egészségre,
- a környezetre,
- a kulturális örökségre,
- a gazdasági tevékenységre gyakorolt negatív hatások csökkentése.

Az olasz terv nem határozott meg konkrét célokat, amelyeket határidőhöz kötött fejlesztésekre lehetett volna felhasználni. [61]

4.4. Árvízvédelmi fejlesztések finanszírozhatósága

Az uniós finanszírozás fontos szerepet játszik az árvíz-kockázat-kezelési tervek finanszírozásában. Csehország széles körben használja az uniós forrásokat az árvízvédelmi beruházásokhoz, amelyeknek 35%-át fedezi a Kohéziós Alap által társfinanszírozott „Környezet” operatív program. Portugáliában a potenciálisan jelentős árvíz-kockázatnak kitett területeken található intézkedések 96%-a uniós forrásokat használ, főként a Kohéziós Alapot. Romániában a nagy infrastruktúrákkal foglalkozó operatív program 364 millió eurót irányoz

elő az árvizek és part menti erózió elleni fellépésre, amelyet a Kohéziós Alap finanszíroz. Szlovéniában az ERFA (Európai Regionális Fejlesztési Alap) és a Kohéziós Alap által társfinanszírozott operatív program az éves finanszírozási szükséglet 25%-át fedezi. [61]

Magyarországon az árvízi célú beruházások több, mint 80%-a EU-s költségvetésből valósul meg.

Németországban az Európai Unió 2020-as akcióprogramjának keretében széleskörű árvíz-megelőzési projekt indult az elmúlt években. A projekt három fő területre fókuszál: műszaki árvíz-megelőzésre, árvízbiztos építkezésre és vízgazdálkodásra. Az árvíz-megelőzési menedzsmentre több mint 2 milliárd eurót különítettek el. A vízgazdálkodás részeként a folyókat és tavakat csatornákkal összekötik, tározókat építenek, és szükség esetén az elárasztásos módszert is alkalmazzák. A gyorsfolyású patakokat is szabályozzák, és a kritikus pontokat mederkotrásokkal és bővítéssel javítják. A völgyzáró gátakat is fokozottan használják. A projekt koordinációjára és a tervszerűsége különös gondot fordítanak, és a lakosság felkészítésével és rendszeres tájékoztatásával igyekeznek az aktív közreműködést elérni a preventív árvízvédelemben. [62]

4.5. Fejlesztések priorizálása

Az árvízvédelmi irányelv előírásai szerint az árvíz-kockázat-kezelési terveknek a célkitűzésekhez igazodva kell rangsorolniuk az intézkedéseket. Az EU Számvevőszék vizsgálta, hogy a tagállamok alkalmaztak-e ilyen módszereket a projektek rangsorolására és kiválasztására.

Hollandiában a projektek rangsorolása egy mátrix segítségével történik, amely figyelembe veszi a potenciális kár súlyosságát és az infrastrukturális elemek tönkremenetelének valószínűségét.

Kutatómunkám során vizsgáltam továbbá az osztrák és a német tervet, amelyek mindegyike rangsorolja az árvízi fejlesztéseket. A spanyol terv nem csak a veszélyek, hanem a kockázatok alapján is csoportosította a potenciálisan jelentős árvíz-kockázatnak kitett területeket. [61]

4.6. Fejlesztések költség-kockázat elemzése

Az árvízvédelmi irányelv előírja, hogy az árvíz-kockázat-kezelési tervek értékeljék a projektek költségeit és előnyeit.

Az EU Számvevőszék megvizsgálta, hogy a tagállamok mennyire vették figyelembe ezeket a szempontokat az árvíz-kockázat-kezelési terveik végrehajtása során, többek között olyan eszközökkel, mint a technológiák és a magas minőségű adatok, valamint költség-haszon elemzések és modellek.

Az általuk felkeresett összes tagállam elkötelezettnek bizonyult az árvíz-kockázatok kezelésében. Spanyolország, Portugália, Románia és Szlovénia például jelentős összegeket fektetett be folyami mérőállomások telepítésébe és korszerűsítésébe. Az új állomások részletesebb információkat szolgáltatnak a meteorológiai és hidrológiai előrejelzésekhez, különösen az olyan rövid távú eseményekkel kapcsolatban, mint a villámárvizek.

Az adatok gyűjtése a megfigyelőállomások mellett más forrásokból is történhet. Olaszországban például a "WeSenseIT" nevű innovatív kísérleti projekt lehetővé teszi a lakosság számára, hogy közösségi médián vagy okostelefonos alkalmazásokon keresztül megoszthassanak információkat. Ezeket az adatokat a megfigyelőállomások által gyűjtött adatokkal egészítik ki. A projekt célja elsősorban a kommunikáció elősegítése volt az emberek és a hatóságok között annak érdekében, hogy javítsák a reakcióidőt.

Az árvízvédelmi irányelv nem írja elő az éghajlatváltozás hatásainak figyelembevételét az árvíz-kockázatok térképezése során. Az összes tagállam az árvízvédelmi irányelv által előírt három valószínűségi eseményen alapuló árvíz-forgatókönyveket használta a kockázatok feltérképezése során, amelyek a „valószínű visszatérési idő” vagy a százalékos esélyek alapján adják meg az árvíz bekövetkezésének valószínűségét. [61]

Azonban ezek a statisztikai adatok csak a múltbeli meteorológiai és hidrológiai mintázatokat veszik figyelembe, és nem tükrözik az éghajlatváltozás jövőbeli hatásait. A jövőbeni időjárási viszonyok figyelembevételéhez olyan előrejelzésre van szükség, amelyek képesek figyelembe venni az éghajlatváltozás lehetséges hatásait az árvízgyakoriság és súlyosság terén.

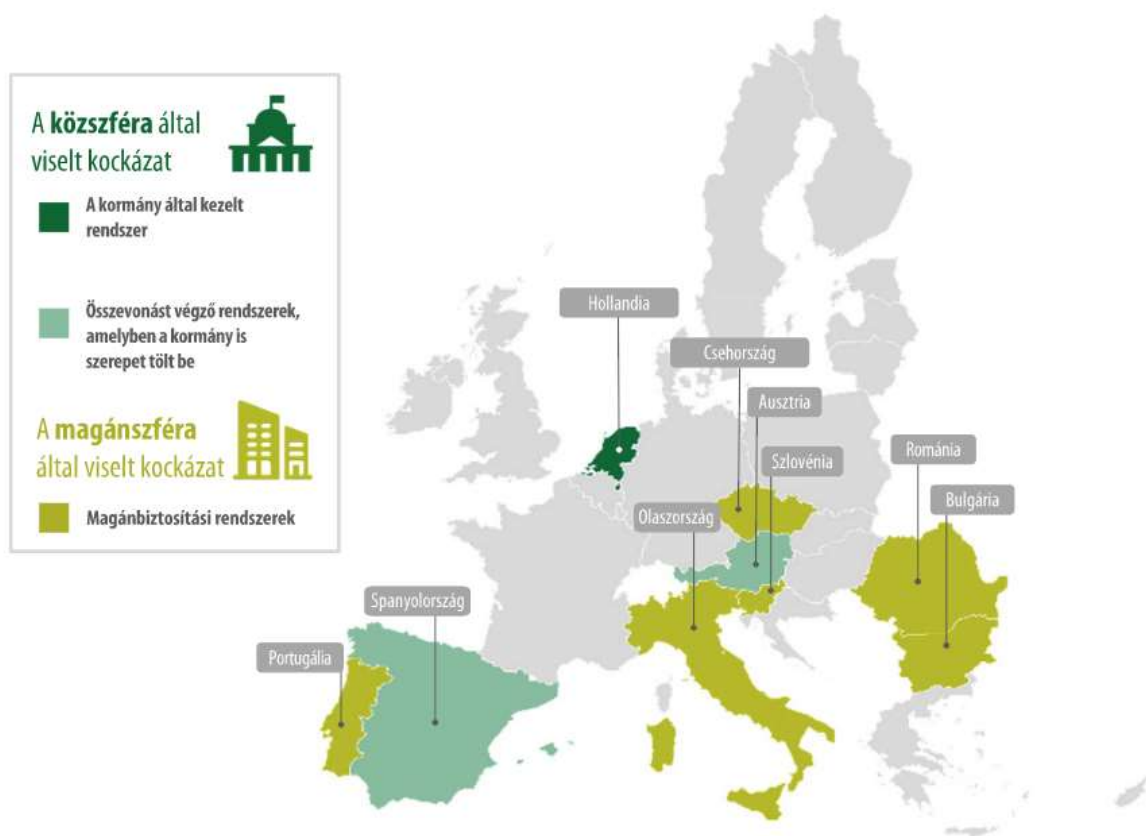
Megállapítható, hogy gyakran a beruházási döntéseket a kockázatértékelések irányították, amelyekben a védettség mértékét például úgy határozták meg, hogy az adott esemény milyen

valószínűséggel fordul elő "100 évente egyszer". Ez a módszer azonban nem veszi figyelembe az éghajlat gyorsan változó kockázati profiljait, amelyek torzíthatják a beruházási döntéseket.

4.7. Biztosítási rendszer

A stratégia [6] hangsúlyozza a beruházások és vállalati döntések éghajlatváltozással szembeni ellenálló képességének támogatását. Az egyik javasolt megoldás a biztosítások és más pénzügyi termékek használatának ösztönzése, amelyek segíthetik az embereknek jobban felmérni az árvíz kockázatokat és visszatartó hatást gyakorolhatnak az árvízveszélyes területeken való telepedésre. (23. ábra) Az árvíz kockázattal korrigált biztosítási díjak alkalmazása pedig a gazdasági fellendülésben is segíthet az árvíz károk helyreállítása után. Az Európai biztosítási szektor adatai szerint Európában az árvizekből adódó veszteségek mindössze 25%-át fedezte a biztosítási szektor az 1980 és 2007 közötti időszakban.

Az árvíz biztosítási rendszerek spektruma a vizsgált tagállamokban



23. ábra Árvíz biztosítási rendszerek Európában [61]

Csehországban 2016-ban a háztartások több mint felének volt természeti katasztrófák elleni biztosítása, ami nem korlátozódott az árvizekre. Bulgáriában a háztartások és épületek mintegy 10%-a, valamint a vállalkozások 27%-a rendelkezik árvíz elleni biztosítással. Olaszországban csak a lakások nagyjából 1%-a van biztosítva árvíz ellen.

Érdekesség, hogy Romániában a polgármesterek akár 110 eurós bírságot is kiszabhatnak azokra, akik nem rendelkeznek árvízbiztosítással, de mégis csak az ingatlanok 20%-a van biztosítva az árvízkárok ellen.

Hollandiában a súlyos tengerparti árvizek vagy gátszakadások nagyon nagy kockázata miatt az állam beavatkozása elengedhetetlen. Az állami védelmi és megelőzési rendszer valójában olyan kollektív vagy állami biztosítási rendszert képvisel, amely a tengerparti árvizek és gátszakadások ellen védelmet nyújt.

Spanyolországban egy állami szerv felelős a rendkívüli kockázatok, így az árvizek fedezésére szolgáló rendszer kezeléséért, amelyben a magánszektorral együttműködik. [61]

4.8. Földhasználat váltás és területrendezés

Az árvízvédelmi irányelv arra kötelezi a tervezőket, hogy a földhasználatot és a területrendezést az árvíz kockázat csökkentése érdekében figyelembe vegyék. Ez a megközelítés kulcsfontosságú a lakosság és a vagyonok védelme szempontjából, valamint segíti a felvízi területekről származó lefolyás csökkentését.

Minden tagállam rendelkezik földhasználati tervezési szabályokkal, amelyek célja az árvízveszélyes területeken végzett tevékenységek korlátozása vagy tiltása. Ausztria, Szlovénia és Spanyolország kifejezetten összehangolta a területrendezési politikáját az árvíz kockázatkezeléssel.

Ausztriában az árvízveszélyes övezetek tervezésénél figyelembe veszik az árvizek, hegyi patakok, lavinák és erózió kockázatát. Az önkormányzatok területi és fejlesztési tervei részletes információkat tartalmaznak a veszélyes övezetéről, amelyek alapján további tervezést végeznek.

Spanyolországban az árvízvédelmi irányelv által előírtaknak megfelelően elfogadtak egy területrendezési rendeletet. Az árvízveszély közepes szintű területein a legtöbb földhasználat szigorú korlátozások alatt áll, hogy minimalizálják az árvíz kockázatát. [61]

4.9. Árvízvédelmi fejlesztések kiépítési szintjei

Kutatómunkám során kíváncsi voltam arra is, hogy az egyes országok milyen tervezési szintet határoznak meg az árvízi fejlesztéseik során.

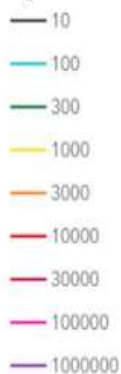
A válaszokból jól kirajzolódott, hogy az országok egy kivételével mind 100 évente egyszer előforduló árvízre méretezik a védvonalait. Ettől természetesen eltérhetnek a nagyvárosoknál előírt kiépítési szint (hazánkban alkalmazottakhoz hasonlóan).

Az egyetlen kivétel Hollandia volt. Úgy gondolom, hogy az általuk megkezdett út alátámasztja a hazánkban kezdődő paradigmaváltás helyességét. A Hollandiában alkalmazott kiépítési szintek az ártéri öblözetek között, sőt még a folyó két partja között is változhat.

Ennek jó példája látszik a következő, 24. ábrán:

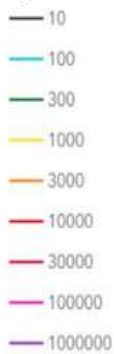
Árvízvédelmi kiépítés

Árvízvédelmi töltések kiépítése
Különböző visszatérési idők
vízszintjeire



Árvízvédelmi kiépítés

Árvízvédelmi töltések kiépítése
Különböző visszatérési idők
vízszintjeire



24. ábra Holland példa a tervezési szintekre [63]

Mindkét térképen a holland ártéri öblözetek védelmi szintje látható a visszatérési idő szerint (10-1 000 000 évig). Ez gyakorlatban azt jelenti, hogy a legalacsonyabb szint a 10 évente, a legmagasabb pedig a millió évente egyszer előforduló árvízszint.

A térképek elemzéséből megállapítható, hogy a tervezési szintek differenciálása a különböző visszatérési idejű árvizekre történik attól függően, hogy a mentett oldalon milyen kockázatok mutatkoznak.

Úgy gondolom, hogy ez iránymutatásként szolgál számomra abban a tekintetben, hogy a megkezdett út nem példa nélküli és a differenciálás nemzetközi gyakorlata „gyerekcipőben”, de létezik.

4.10. Részkövetkeztetések

1. **Rávilágítottam** arra, hogy az éghajlatváltozás által előidézett esőzési trendek Európaszerte változatosak. Feltártam azt, hogy az előrejelzések azt mutatják, hogy Észak és Közép - Európában várhatóan növekedni fog az éves csapadékmennyiség, ami közvetlenül hat a folyóinkon levonuló árvízszintekre is.
2. **Megállapítottam**, hogy az EU Árvízi Irányelvének egyik jelentős eredménye az árvíz kockázat meghatározásának szabványosítása, amely figyelembe veszi az árvíz esemény bekövetkezésének valószínűségét, valamint az esemény által okozott hatásokat a társadalomra, a környezetre, a kulturális örökségre és a gazdaságra.

3. **Megállapítottam**, hogy az általam vizsgált EU tagállamok veszély és kockázati térképeinek elkészítése során figyelembe vett statisztikai adatok csak a múltbeli meteorológiai és hidrológiai mintázatokat veszik figyelembe, és nem tükrözik az éghajlatváltozás jövőbeli hatásait.
4. **Megállapítottam**, hogy a Hollandiában megkezdett út - miszerint kockázati alapon eltérő visszatérési idejű árvizek magassági szintére tervezik a töltéseiket - alátámasztja a hazánkban kezdődő paradigmaváltás helyességét.

5. ÁRVÍZVÉDELMI ELLENÁLLÁST NÖVELŐ INTÉZKEDÉSEK ÉS AZOK HATÁSAI

Az árvízvédelmi töltéseink fejlesztésénél figyelembe kell vennünk mindazon hatásokat, amelyek közvetve vagy közvetlenül érik az elsőrendű fővédvonalainkat. A kockázat alapú tervezés alkalmazásánál a fontos figyelembe vennünk a töltéseink ellenállást növelő intézkedéseit, ilyenek a töltésfejlesztések és az operatív árvízi védekezés. Ezek mentett oldali kockázatcsökkentő hatása az elkészült árvízi veszély és kockázati térképek felhasználásával számszerűsíthető, a továbbiakban ezeket a hatásokat elemzem.

5.1. A vizsgált szolnoki ártéri öblözet védvonalainak fejlesztése és azok hatásai a mentett oldali kockázatokra

A vizsgálataimhoz a szolnoki ártéri öblözetet választottam, mivel ezen területen töltésfejlesztések, nagyvízi mederkezelési beavatkozások, árvízcsúcs csökkentő tározó építés is megvalósult, így minden ellenállást növelő és terhelés csökkentő hatás kimutatható. Vizsgálatom célja, hogy ezen beavatkozások mentett oldali kockázatokra vonatkozó hatását számítsam és bizonyítsam azt, hogy a kockázat alapú árvízvédelmi tervezés a leghatékonyabb a hazai folyóinkon.

Az ártéri öblözet határai:

- Északon a Tápió főcsatorna jobb parti töltése,
- Keleten a Zagyva és a Tisza folyók jobb parti töltései Újszász és Tiszakécske-Tiszabög között,
- Délen és Nyugaton pedig a természetes terepvonulatok (délen a Vezseny alatti magaspart, nyugaton a Duna-Tisza közti hátság).

A mély fekvésű folyóvölgyek mentén hosszan nyúlik el az öblözet, szélességének és hosszúságának az aránya 1:3. [64]

Területén található a Tisza folyó jobb parti árvízvédelmi fővédvonala a Peitsik-csatornától a Zagyva folyó torkolatáig, a Közös főcsatorna mindkét parti töltése, a Zagyva jobb parti árvízvédelmi fővédvonala a torkolattól a Tápió torkolatáig, valamint a Tápió jobb parti töltése.

Az ártéri öblözethez tartozik a 10.01 Lakitelek - Tószegi, illetve a 10.02 Szolnok - Újszász - Szóri árvízvédelmi szakaszok jelentős része. [64]

Az öblözetet mentesítő árvízvédelmi szakaszok védelmi készütségének elrendelésére és megszüntetésére mértékadó vízmérce Szolnokon található. (5. táblázat)

Vízmérce	Helye (fkm)	„0” pontja mBf	I. fok	II. fok	III. fok
Szolnoki	334,6	78,78	650	750	800

5. táblázat Árvízvédelmi fokozat elrendelés szintjei a Tisza szolnoki védelmi szakaszára [40]
(szerkesztette: a szerző)

A veszélyeztetett terület nagysága 287,36 km², a terepmagasságok 84,00 – 97,00 mBf között alakulnak. A területnek két fő esési iránya van, nyugat-kelet irányban a befogadó Zagyva, illetve Tisza felé lejt, észak-dél irányban, mely esés irány a befogadó esésirányával egyezik. A fentiek alapján északnyugati irányból dél-délkelet irányba mutató eredő eséssel jellemezhető az öblözet. [64]

A Tisza folyó középső, ill. alsó szakasz jellegéből adódóan az árvizek idején lebegtetett finom hordalékszemcsék vastag rétegben rakódtak le a folyó történelme során. A talajmechanikai fűrésok döntően agyag- és iszap talajokat tártak fel, melyek mellett homok és homokliszt rétegek is gyakran előfordulnak. [64]

Az öblözetben fekvő települések: Újszász, Zagyvarékas, Szolnok, Tószeg, Köröstetlen, Jászkarajenő, Tiszavárkony, Tiszajenő, Vezseny, Tizsakécske-Tizsabög. A veszélyeztetett lakosság és érték tekintetében kiemelkedik Szolnok. Zagyvarékas belterületének jelentős részét a Zagyva jobb parti töltéséhez csatlakozó települési körgát védi. [64]

Az ártéri öblözetet a Szajol – Szolnok - Budapest Nyugati vasútvonal két gyakorlatilag önálló részre osztja, amennyiben a vasútvonal alatti átereszek és hídnyílások lezárásra kerülnek. Mindkét rész - öblözetben található keresztirányban egy-egy lokalizációs szempontból meghatározó lokalizációs vonal. Az északi részen a Határmenti főcsatorna-, a déli részen pedig a Közös és a Perje főcsatornák töltései. [64]

5.2. Az öblözet védelmi rendszerének fejlődése

Az ármentesítési munkákat a Tisza és a Zagyva szabályozásával egy időben kezdték meg. Az első (összefüggő) töltéseket a megalakult társulatok kézi munkával építették.

A zagyvai töltések kiépítéséről, fejlődéséről pontos adatok nem állnak rendelkezésre. A töltések a jelenlegi nyomvonalra – kivéve az 1981-83-ban új nyomvonalra áthelyezett szakaszokat - a helyi érdekű töltések összekötésével és azok felhasználásával épültek ki az 1932. évi árvíz után.

1912-1918 közötti években töltéserősítési munkálatok folytak Tószeg és Tiszavárkony között, 9,3 km hosszban, 4,00 m koronaszélességgel, 1:3 vízoldali, 1:2 mentett oldali rézsűhajlással.

1927-1929 között Tószeg község belterületének védelmére körtöltést építettek, de ezt az 1932-es árvíz elmosta.

1997-ben a Tisza visszaduzzasztásának hatására a Tószeg határában lévő Közös-főcsatorna jobb és bal parti töltését a 3+800 és 8+300 tkm szelvények között fővédvonallá nyilvánították.

Ezeket a töltéseket 1936-1938 között építették ki, majd 1958-1959 között megerősítették, 3,00 m koronaszélesség, 1:2 vízoldali és 1:1,5 mentett oldali rézsűhajlással.

Szolnok város árvízvédelmi fejlesztése: 2014 júliusában megtörtént a műszaki átadása a KEOP-2009-2.1.1/2F „Árvízvédelmi fővédvonal fejlesztése, Solnok város térségi fejlesztése, a Tisza jobb parti 10.02-es árvízvédelmi szakaszon” elnevezésű projektnek. A beruházás során az ún. Solnok „iparterületi” szakasz (Tisza folyó jp. 57+500–63+278 tkm), valamint a Tiszaparti sétány szakasz (65+481–66+458 tkm) és a Zagyva jp. 0+000-0+211 tkm közötti szakasz fejlesztése készült el.

A következő táblázatban az öblözet védvonalainak fejlesztését foglalom össze. (6. táblázat)

A kiépítés vagy magasítás			A töltés			
helye [tkm]	hossza [km]	éve	magassága [m]	korona szélessége [m]	rézsűje	
					vízoldali	mentett oldali
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Tisza jobb part						
Tisza, Tószeg- Tiszavárkony	9,30	1919	LNV+1,00	4,00	1:3	1:2
Tisza (52+900-53+600)	0,700	2003- 2004	MÁSZ+1,00	5,00	1:3	1:3
Tisza (51+410-52+900)	1,490	2005- 2006	MÁSZ+1,00	5,00	1:3	1:3

55+500-66+458 földműépítés, Téglaházi szög-támfal és parapetfal építése	10,958	1932-39	1932. NV +1,50	2,00-4,00	1:3	1:2
Géptelevi töltés	0,680	1968	MÁSZ +1,50	4,00	1:3	1:3
61+247-61+928 töltésáthelyezés (4. sz. út keresztezési csomópont)	0,681	1990-92	MÁSZ +1,00	4,00	1:3	1:3
56+620-57+550 új töltés építése	0,930	2000	MÁSZ +1,00	4,00	1:3	1:2
63+850-64+746 64+746-65+478 földmű fejl.+ parapetfal építés	1,578	2001- 2003	MÁSZ +1,20	5,00	1:3 1:3	1:2 1:3
57+525-58+025 (töltés bővítéssel)	0,500	2002	MÁSZ +1,20	4,00	1:3	1:2,1:3,1:1
57+500-63+278 Fejlesztés és új töltés építés 62+250-63+175 között	5,276	2014	MÁSZ +1,20	5,00	1:3	1:3
65+481-66+458 Fejlesztés, új vasbeton parapetfal építés	0,948 (p.fal)	2014	MÁSZ +1,20	3,00	1:2, 1:1,5	
Zagyva jobb part 0+000-24+700						
1+250-24+700	23,400	1920	1919. NV +1,50	4,00	1:2	1:2
0+850-1+850	1,000	1953	1932. NV +1,50	3,00	1:2	1:2
0+000-0+850	0,850	1967-68	MÁSZ +1,50	3,00	1:3	1:3
0+000-5+540 új parapetfal építése	5,540	1981-83	MÁSZ +1,00	4,00	1:3	1:3

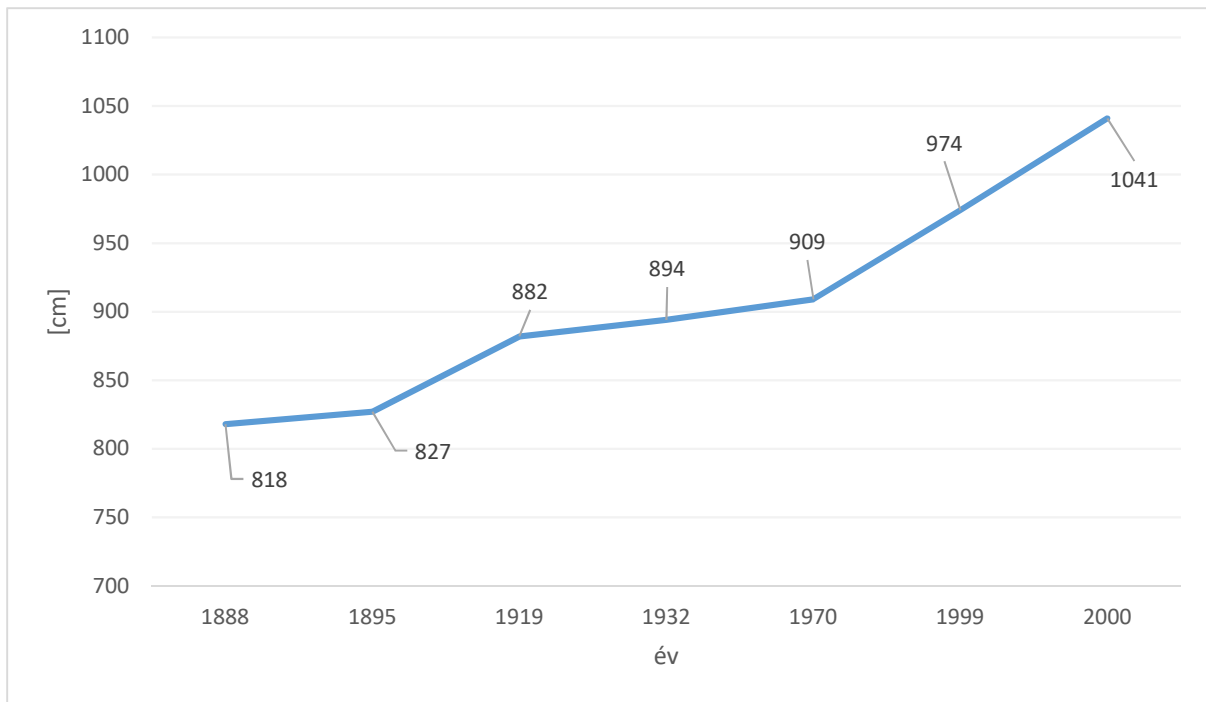
és új töltés (915 m) építése.						
0+910 – 1+140 árvízi helyreállítás szögtámfal építés vízoldali köbördák	0,230	2011	MÁSZ+1,2	4,00	1:3	1:3
6+332-12+133	5,801	1986-87	MÁSZ +1,00	4,00	1:3	1:3
12+100-16+650 nyomópadka építés	4,550	1995	-	padka: 4,00-6,00	-	1:3
18+100-18+396 új töltés építés	0,296	1995	MÁSZ	4,00	1:2	-
16+650-17+466 mentett oldali padka építés	0,816	2000		padka: 2,50-3,50		1:1,5
17+930-18+000 mentett oldali padka építés	0,070	2000		padka: 2,50-3,50		1:1,5
18+895-19+330 mentett oldali padka építés	0,335	2000		padka: 2,50-3,50		1:1,5
19+610-19+740 mentett oldali padka építés	0,130	2000		padka: 2,50-3,50		1:1,5
19+840-20+140 mentett oldali padka építés	0,304	2000		padka: 2,50-3,50		1:1,5
12+700-16+597 padkában drénszivárgó építés	3,897	2001				
21+050-21+168 padka építése	0,118	2006		padka: 3,50		padka:1:1,5
21+168-22+579 töltéserősítés	1,411	2006			1:3	
20+250-20+315	0,065	2010		padka: 4,00		padka:1:1,5

padka építése						
0+000-0+132 új támfal építése	0,132	2013	MÁSZ +1,20	3,00	1:3	
Közös-főcsatorna						
	9,00	1936- 1938	1932. LNV +1,00	3,00	1:2	1:1,5
	9,00	1958- 1959	LNV+1,00	3,00	1:2	1:1,5
Tápió jobb part						
0+000-6+320	6,320	1933-40	1932. NV +1,50	3,00	1:3	1:2

6. táblázat Szolnoki ártéri öblözet védvonalainak fejlesztései [64] (szerkesztette: a szerző)

Az adatok alapján és a fejlesztések volumenén jól látszik, hogy a szolnoki ártéri öblözet fejlesztése minden korban országosan magas prioritást élvezett.

Véleményem szerint a múlt eseményeinek vizsgálata elengedhetetlen a jelenlegi árvízi helyzet értékeléséhez. Ennek érdekében kigyűjtöttem azokat az árvizeket, amelyek akkoriban minden addiginál magasabb vízzinttel vonultak le a Tisza szolnoki szelvényében. (25. ábra)

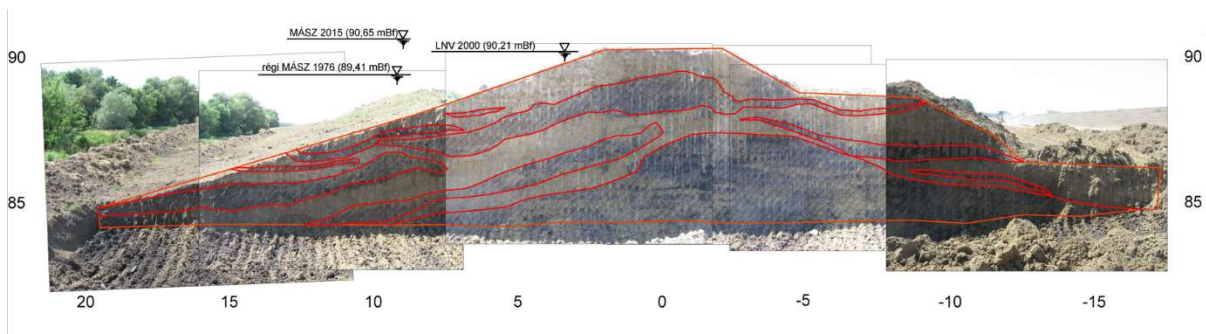


25. ábra Rekord árvizek tetőző szintjei (cm) a Tisza szolnoki szelvényében 1888-tól napjainkig (forrás: Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság)

(készítette: a szerző)

Az adatokból és a felhasználásukkal készített diagramon is jól kivehető a levonuló árvízszintek növekedésének tendenciája. Az vízszintemelkedés mértéke 112 év alatt 223 cm!

A történelmi árvizeket követő (nagy árvízi terhelést 1860-ban, 1876-ban, 1879-ben, 1888-ban, 1895-ben, 1919-ben, 1932-ben, 1970-ben, 1999-ben és 2000-ben kapott a töltés) fejlesztések rétegenkénti ábrázolásával egy „hagyma-szelvény” kapunk (26. ábra), amelynek segítségével pontosan nyomon követhető, hogyan fejlődött az idő függvényében a töltések magassági és keresztmetszeti kialakítása. A töltésszelvények fejlődésének különböző változatásait az alábbi ábra szemlélteti.



26. ábra A Tisza mentén jellemző rétegzett töltéstest (forrás: Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság)

(készítette: a szerző)

Érdeemes azonban összevetni a fejlesztéseket a mértékadó árvízszint emelkedésének ütemével is. Ennek érdekében összegyűjtöttem (7. táblázat), hogy a Tisza szolnoki szelvényében hogyan változott a történelem során a tervezési szint:

Szolnok mértékadó árvízszint	1900-ban		1932 után		1948 után	
	értéke (cm)	tartalma	értéke (cm)	tartalma	értéke (cm)	tartalma
	827	1895 LNV	894	1932 LV	912	számított 1932. évi NV

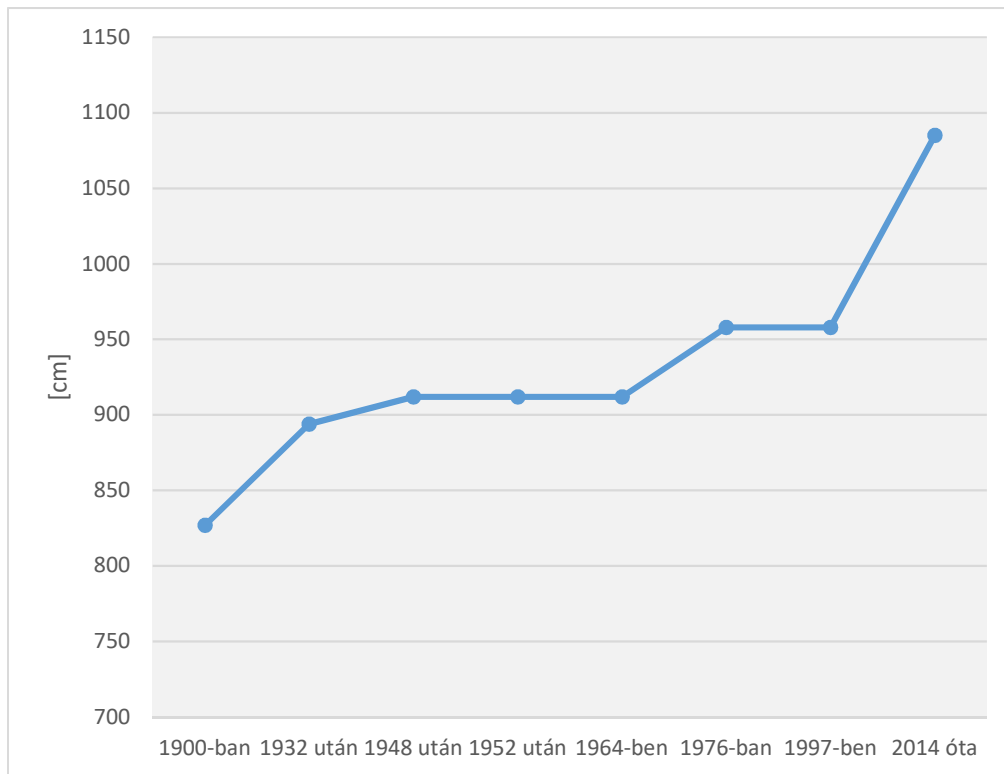
1952 után		1964-ben		1976-ban	
értéke (cm)	tartalma	értéke (cm)	tartalma	értéke (cm)	tartalma
912	számított 1932. évi NV	912	számított 1932. évi NV	958	számított 100 éves visszatérési idejű jégmentes árvíz

1997-ben		2014 óta	
értéke (cm)	tartalma	értéke (cm)	tartalma
958	számított 100 éves visszatérési idejű jégmentes árvíz	1085	számított 100 éves visszatérési idejű jégmentes árvíz vízhozamából származtatott vízszint

7. táblázat Mértékadó árvízszint növekedésének mértéke a Tisza szolnoki szelvényében
(szerkesztette: a szerző)

Ezeket az értékeket diagramon ábrázolva (27. ábra) is látszik, hogy az előző évszázadban tapasztalt árvízszint növekedés miatt a töltések magassági hiánya növekedett, bár voltak fejlesztések az időszakban az előző tervezési szintekre, de ezek magassága továbbra sem

megfelelő. A gyors vízszintemelkedés miatt a kiépítési szintek magassága gyorsan túlhaladottá vált.



27. ábra Mértékadó árvízszint emelkedése a Tisza szolnoki szelvényében (cm)
(forrás: Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság) (készítette: a szerző)

A mértékadó árvízszint adatok felhasználásával kiszámítható, hogy az elmúlt 120 év alatt a tervezési alapadat 258 cm-rel megnőtt. Az emelkedés legfőbb oka a nagyvízi meder vízszállító képességének leromlása. Ennek részletes számítását a 6.1. fejezetben fogom megadni.

Véleményem szerint amennyiben ezen a folyamaton nem változtatunk, abban az esetben a fejlesztéseink elértéktelenedésével kell számolnunk.

5.3. Vasbeton árvízvédelmi fal roncsolásmentes vizsgálata

Az anyagok tulajdonságait, minőségét és biztonságos felhasználhatóságát anyagvizsgálatokkal értékeljük, amely lehetővé teszi számunkra, hogy információkat szerezzünk az adott anyag funkcionális, gazdaságossági és környezetvédelmi szempontjairól, és megállapítsuk, hogy megfelel-e a céljainknak. Az ún. roncsolásmentes vizsgálatok közül az egyik legelterjedtebb a felületi keménységvizsgálat, amelynek célja a vizsgált anyag szilárdságának becslése. A keménység fogalma és mérése már az 18. századtól kezdve foglalkoztatja a tudósokat és mérnököket.

A különböző anyagvizsgálatok már az egyetemi éveim során felkeltették az érdeklődésemet és a beton szerkezetek roncsolásmentes vizsgálataival behatóbban kezdtem foglalkozni. A kutatásaim során a különböző korú és víz/cement tényezőjű beton próbatestek vizsgálatával kerestem a felületi keménység és a nyomószilárdság közötti kapcsolatokat és összefüggéseket. A kutatásból született dolgozatommal a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen 2010-ben II. helyezést, a Baján megrendezett Országos Tudományos Diákköri Konferencián 2011-ben, III. helyezést értem el.

A téma azért keltette fel érdeklődésemet, mivel a felületi keménységre, mint az anyag egyfajta anyagtulajdonságára elfogadott definíció nem létezik és annak mérőszámát rendszerint a vizsgálati módszerek alapján önkényesen bevezetett mennyiségként írják le.

A szerkezeti beton anyagjellemzőinek mérésére kidolgozott roncsolásmentes vizsgálatok között a keménységvizsgálat jelentős népszerűsége tett szert.

5.3.1. Vizsgálatom célkitűzése és hipotézise

Vizsgálataim *elméleti célja* az volt, hogy a beton keménységméréséből becsült nyomószilárdsági értékek felhasználásával találok olyan lokálisan gyenge vasbeton árvízvédelmi fal szakaszt, amelynek feltételezett tönkremenetele esetén létrejövő mentett oldali kockázati érték nehezen számszerűsíthető.

A helyszínen elvégzett műszeres vizsgálatom *gyakorlati célja* az volt, hogy a lokálisan gyenge szakasz detektálva legyen annak érdekében, hogy árvízi esemény során a mérlegelés nélküli beavatkozás tervezhető és végrehajtható legyen. A védvonal ilyen pontjait, ahol a tönkremenetel nehezen vagy nem számszerűsítő, szinguláris helyeknek nevezhetjük. Ilyen esetben a védvonal ezeken a pontokon jelentősen másképp viselkedik, és nem tudjuk mérlegelni a biztonságot, azonnal be kell avatkoznunk és ki kell védenünk a tönkremenetelt.

A vasbeton szerkezet nyomószilárdsági értékben történő csökkenés meghatározása felhasználható későbbi fejlesztések prioritizálása során.

A helyszíni méréseim során feltételeztem, hogy a vizsgált szolnoki ártéri öblözetben találok olyan lokálisan gyenge vasbeton parapetfal szakaszt, amely árvízi terhelés során különlegesen veszélyes szakaszként befolyásolja az árvízi védekezés sikerességét és tönkremenetele esetén a mentett oldali árvízi kockázatok mértékét is.

5.3.2. Keménység fogalma és keménységmérési módszerek

A keménység az egyik fontos tulajdonsága a szilárd anyagoknak, amely egyfajta összegző jellemzőként is értelmezhető. A keménység összefüggésben áll a rugalmassággal, a szilárdsággal és a kopásállósággal, és fordítottan arányos a képlékenységgel, a szívósággal és a csillapítóképességgel. A keménységet az jellemzi, hogy milyen ellenállást fejtenek ki a szilárd anyagok a keményebb vizsgálószerszámmal való kölcsönhatás során, vagy amikor a szerszám beléjük hatol.

Az említett megfogalmazás rámutat a keménység mérésének lehetőségeire, azonban a keménység pontos definícióját nem adja meg. Ennek oka az, hogy a keménység különböző vizsgálati módszerekkel mérhető, viszont amennyi vizsgálati módszer létezik, annyi különböző keménység definiálható.

Az általános szóhasználatban a keményebb test az, amely ellenállóbb, amikor egy harmadik test kisebb mélységre hatol be mindkét test felületén, vagy amely kisebb mértékű benyomódást szenved el azonos erőhatás esetén. Tehát a keménység fogalma egy másik megfogalmazásban azt jelenti, hogy mennyire tartós az alakváltozás, amelyet egy test az erőhatás következtében megszenved. [65]

A gyakorlatban bevált keménységmérő módszerek négy jellegzetes csoportba sorolhatók:

- szúró keménységmérés: a vizsgálandó anyagnál nagyságrendekkel keményebb, ún. szúrószerszámot nyomnak alkalmasan megválasztott terheléssel az anyagba, és a létrejövő lenyomat méretéből vagy a benyomódás mélységéből származtatják a keménységi mérőszámot,
- visszapattanási keménységmérés: a vizsgálandó anyagra ejtett mérőtest visszapattanási magasságából határozható meg az ütközés rugalmas energiájával összefüggő keménységi mérőszám,
- rezgő keménységmérés: a vizsgálandó anyagra szorított rezgőfej rezgésben tartásához szükséges energia méréséből fejezhető ki az anyag csillapítóképességével összefüggő keménységi mérőszám,
- karcolási keménységmérés: a vizsgált anyag felületére egy másik anyaggal karcolási nyomot készítve összehasonlítható a két test felületi keménysége. [66]

Az építőipari anyagvizsgálatban felületi keménységet elsősorban két elv alapján szokásos mérni,

- dinamikus módszer, rugalmas visszapattanás elve
- statikus módszer, képlékeny benyomódás mértékének vizsgálata

A keménységmérés fő célja az, hogy összefüggést állapítson meg a vizsgált anyag keménységi mérőszáma és más anyagjellemzői között.

Az építőiparban használt anyagokhoz különböző alapelvek szerint működő eszközöket alkalmaznak a gyakorlatban.

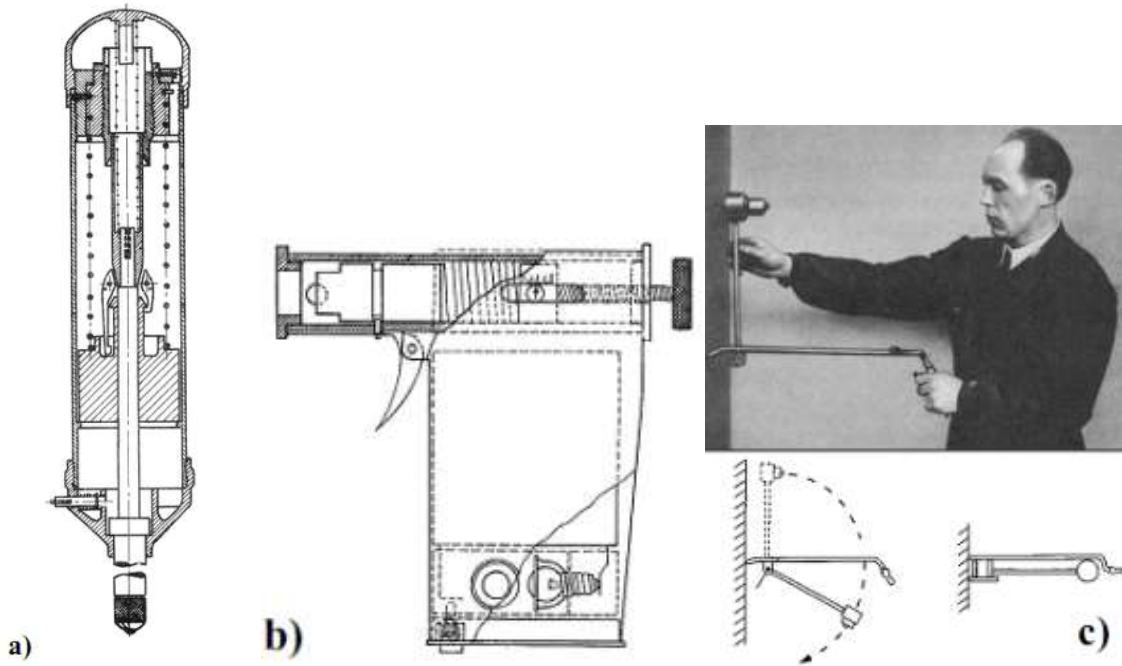
- A fémek keménységének meghatározására két módszer is alkalmazható: az első a rugalmas visszapattanás, a második pedig a képlékeny benyomódás vizsgálata. Ennek ellenére a legelterjedtebb módszer a szűrő keménységmérő eszközök használata a fémek esetében
- Műanyagok, gumi és fa keménységének meghatározásához leginkább a képlékeny benyomódást vizsgáló eszközöket alkalmazzuk
- A kőszerű anyagok, mint például a kő, beton és tégla keménységének mérésére manapság szinte kizárólag a 1950-ben szabadalmaztatott Schmidt-kalapácsot alkalmazzuk, amely a rugalmas visszapattanás elvén működik. Érdekesség, hogy az első beton felületi keménység-mérő eszközöket az 1930-as években fejlesztették ki. [67]

5.3.3. Beton keménységmérése rugalmas visszapattanás elvén

Bár a dinamikus és statikus keménységmérési eljárások különböznek egymástól, mindkét elvnek van olyan mérési módszere, amely a vizsgált anyag felületi keménységét a képlékeny benyomódás mértékéből származtatja.

A dinamikus módszerek között találunk olyan vizsgálati módszereket, amelyek a vizsgált anyag felületén kialakuló képlékeny benyomódás mértékéből (pl. Frank-féle és Zorn rugóskalapács), valamint olyan módszereket, amelyek a rugalmas visszapattanás mértékéből (például Schmidt-kalapács, Leeb vizsgálóberendezés) származtatják a felületi keménységi mérőszámot.

A Schmidt-kalapács elődei között három olyan eszköz található (28. ábra), amelyek alapelvüket tekintve hasonlóak: a Frank-féle rugóskalapács, a Williams-féle vizsgálópisztoly és az Einbeck-féle ingás kalapács. [68]



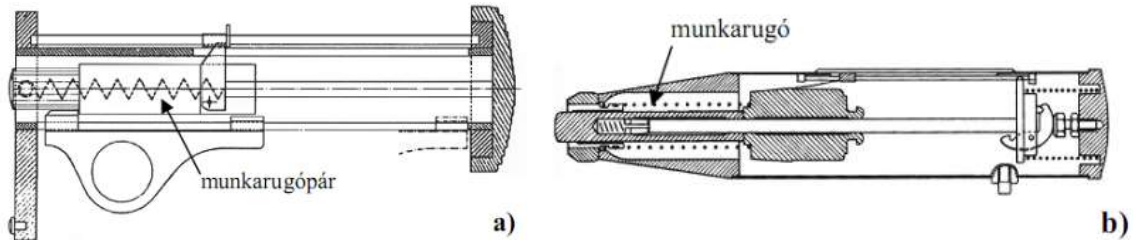
28. ábra A beton keménységének egykori vizsgálati eszközei (a: Frank-féle rugóskalapács, b: Williams-féle rugóskalapács, c: Einbeck-féle ingás kalapács) [69]

A beton felületi keménységmérésére a Schmidt-kalapács az egyik legelterjedtebb eszköz. Az erre a módszerre alapozott vizsgálatok során a visszapattanási értékek alapján becsüljük a szerkezeti beton nyomószilárdságát, figyelembe véve a tapasztalati összefüggéseket. Azonban a szerkezeti beton életkora, nedvességtartalma és összetétele komoly hatással lehet a mért visszapattanási értékekre, így ezeknek a tényezőknek a figyelembe vétele elengedhetetlen a megbízható eredmények értékelése szempontjából.

Az eljárás, amelyet a Schmidt-kalapáccsal történő vizsgálat során alkalmazunk, arra a tényre épül, hogy az eszközben található rugó energiát tárol, amelyet egy ütőtömeg továbbít a vizsgált felületre. Az ütés hatására az ütőtömeg visszapattan, és a készülék rögzíti ezt az értéket. A visszapattanási érték (R) dimenzió nélküli arány: a mozgó tömeg ütés közben megtett útjának (x_0) és a visszapattanást követően megtett útjának (x_r) aránya százalékban ($R = x_r/x_0 \cdot 100$). Ez az érték egyben a felületi keménység mérőszáma. A visszapattanási értékből a betonszilárdságra vonatkozó tapasztalati összefüggések alapján lehet következtetni.

Az Ernst Schmidt svájci mérnök által kifejlesztett eszköz, amelyet az 1940-es évek végén szabadalmaztatott, ma már a legelterjedtebb és legszélesebb körben alkalmazott módszer a betonok felületi keménységének mérésére. Az eredeti két munkarugós kivitel helyett az eszközöket ma már egy munkarugós rendszerrel gyártják, ami jelentősen csökkentette az eszköz

használatának bonyolultságát. A korábbi csúszkás kijelzőt ma már digitális kijelző váltotta fel, így a mérés pontossága és egyszerűsége tovább növekedett. (29. ábra)



29. ábra A Schmidt-kalapács belső szerkezete (a) két munkarugós modell 1950-ből, (b) napjainkban használt egy munkarugós modell [68]

A Schmidt kalapácsok közül normál, közönséges betonok vizsgálatára általában az N-típusú kalapácsot használjuk, a vizsgálataim során én is ezt a készüléket használtam (30. ábra). Ez 10-70 N/mm² nyomószilárdságú betonok esetében javasolható vizsgálati eszköz. Ütési energiája 2,207 Nm.



30. ábra A vizsgálatomhoz használt N-jelű Schmidt kalapács
(készítette: a szerző)

5.3.4. A visszapattanási értékek és nyomószilárdság összefüggése

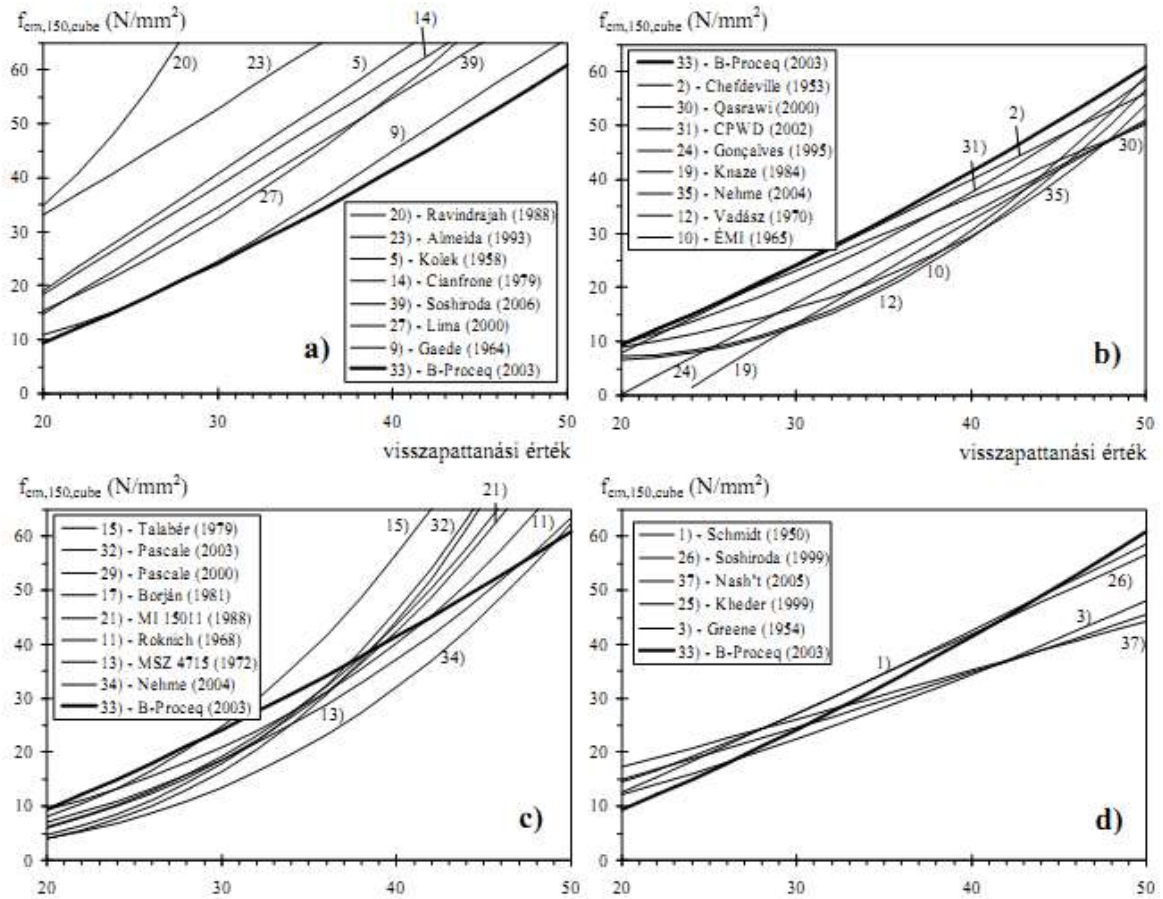
A Schmidt kalapácsos módszerrel kapott visszapattanási értékek alapján tapasztalati összefüggések segítségével határozható meg a szerkezeti beton nyomószilárdsága. Fontos megjegyezni, hogy a különböző javaslatok csak az adott kísérleti körülmények között értelmezhetőek és használhatóak biztonságosan. Az empirikus összefüggések általában 28 napos, száraz betonokra vonatkoznak, és a szerkezeti beton tényleges állapota és összetétele nagyban befolyásolja a mért visszapattanási értéket.

Tehát a Schmidt-kalapácsos roncsolásmentes vizsgálat megbízhatóságát növeljük, ha a vizsgált beton egyéb tulajdonságát ismerjük, vagy ha egyéb roncsolásmentes, vagy roncsolásos vizsgálatokkal kiegészítjük a vizsgálatunkat:

- kifűrt magminták egyidejű nyomószilárdság vizsgálatával,
- a műtárgy betonjából, a kivitelezéssel párhuzamosan betonozott próbatestek nyomószilárdság vizsgálatával,
- egyéb roncsolásmentes szilárdságbecslő eljárások egyidejű alkalmazásával,
- a Schmidt-kalapácsos vizsgálat kiértékelő eljárásában empirikus paraméterek bevezetésével, amelyekkel a műtárgy betonjának összetételét, tulajdonságait vehetjük figyelembe.

A lehetőségek abban a sorrendben vannak felsorolva, amelyben bizonytalanságuk nő, megbízhatóságuk csökken. [70]

Az elmúlt hatvan évben a szakirodalom számos empirikus összefüggést közölt a Schmidt-kalapácsos visszapattanási értékek és a szerkezeti beton nyomószilárdsága között feltételezett függvénykapcsolatokra vonatkozóan. (31. ábra)



31. ábra Összefüggések a beton nyomószilárdságának várható értékére vonatkozóan [69]

lineáris függvénykapcsolat:

$$f_{cm} = a + b \cdot R$$

hatvány függvénykapcsolat:

$$f_{cm} = a + b \cdot R^c$$

polinomiális függvénykapcsolat:

$$f_{cm} = a + b \cdot R + c \cdot R^2 + \dots + n \cdot R^m$$

exponenciális függvénykapcsolat:

$$f_{cm} = a + b \cdot e^{c \cdot R}$$

logaritmikus függvénykapcsolat:

$$\log_a(f_{cm}) = b + \log_a(R)$$

összetett, nemlineáris függvénykapcsolat:

$$f_{cm} = \zeta(R).$$

(ahol f_{cm} a szerkezeti beton nyomószilárdságának várható értéke, R a visszapattanási értékek várható értéke, továbbá a... n empirikus paraméterek) [68]

A szakirodalomban már a legkorábban publikált javaslatok is utalnak arra, hogy a beton felületi keménysége és nyomószilárdsága között nem tételezhető fel lineáris függvénykapcsolat. [70] A lineáris függvénykapcsolat kisszámú vizsgálati eredmény, vagy szűkebb értelmezési tartomány esetén kapható, mivel a módszer vizsgálaton belüli szórása egy látszólagos lineáris kapcsolatot eredményezhet. (32. ábra)

1)	$f_{cm,200,cube} = -0,0003 \cdot R^3 + 0,0399 \cdot R^2 - 0,1525 \cdot R + 3,9976$	(N/mm ²)	Schmidt (1950)
2)	$f_{cm,cyl} = 1,3002 \cdot R - 19,647$	(N/mm ²)	Chefdeville (1953)
3)	$f_{cm,cyl} = 0,1134 \cdot R^{1,4927}$	(N/mm ²)	Greene (1954)
4)	$f_{cm,cyl} = 0,4594 \cdot R^3 - 37,879 \cdot R^2 + 1175,7 \cdot R - 10021$	(psi)	Zoldners (1957)
5)	$f_{cm,cyl} = 1,7513 \cdot R - 19,538$	(N/mm ²)	Kolek (1958)
6)	$f_{cm,200,cube} = 0,019 \cdot R^{2,59}$	(N/mm ²)	Brunarski (1963)
7)	$f_{cm,200,cube} = 10 \cdot R - 50$	(kg/cm ²)	Victor (1963)
8)	$f_{cm,200,cube} = 0,06 \cdot R^{2,42}$	(N/mm ²)	Facaoaru (1964)
9)	$f_{cm,200,cube} = -0,001 \cdot R^3 + 0,1222 \cdot R^2 - 2,9185 \cdot R + 27,894$	(N/mm ²)	Gaede, Schmidt (1964)
10)	$f_{cm,200,cube} = 0,515 \cdot R^2 - 19,951 \cdot R + 258,06$	(kp/cm ²)	ÉMI (1965)
11)	$f_{cm,200,cube} = \frac{9099,18}{(2^{(5-10c)} + 3,178 - 0,65\alpha) \cdot i} \cdot \frac{R^2 + 0,067 \cdot R}{0,773 - (R^2 + 0,067 \cdot R)}$	(kp/cm ²)	Roknich (1968)
12)	$f_{cm,200,cube} = 0,53 \cdot R^2 - 21 \cdot R + 276$	(kp/cm ²)	Vadász (1970)
13)	$f_{cm,200,cube} = 0,0051 \cdot R^{2,3956}$	(N/mm ²)	MSZ 4715 (1972)
14)	$f_{cm,150,cube} = 2,0098 \cdot R - 21,749$	(N/mm ²)	Cianfrone, Facaoaru (1979)
15)	$\lg f_{cm,200,cube} = -1,055 + 1,805 \times \lg R + 0,345 \times [\lg R]^2$	(N/mm ²)	Talabér et al (1979)
16)	$f_{cm,cyl} = 54,1 \cdot \ln R - 148,4$	(N/mm ²)	Malhotra, Carette (1980)
17)	$\lg f_{cm,200,cube} = -2,159 + 1,805 \times \lg R + 0,345 \times [\lg R]^2$	(N/mm ²)	Borján (1981)
18)	$f_{cm,150,cube} = 0,00883 \cdot R^{2,27}$	(N/mm ²)	Di Leo et al (1984)
19)	$f_{cm,150,cube} = -0,00186 \cdot R^2 + 2,0449 \cdot R - 46,426$	(N/mm ²)	Knaze, Beno (1984)
20)	$f_{cm,100,cube} = 7,25 \cdot e^{0,08 \cdot R}$	(N/mm ²)	Ravindrajah (1988)
21)	$\ln f_{cm,200,cube} = -4,69 + 1,79 \times \ln R + 0,152 \times [\ln R]^2$	(N/mm ²)	MI 15011 (1988)
22)	$f_{cm,150,cube} = 2,50 \cdot R - 18,4$	(N/mm ²)	Mikulic et al (1992)
23)	$f_{cm,150,cube} = 1,0407 \cdot R^{1,155}$	(N/mm ²)	Almeida (1993)
24)	$f_{cm,70 \times 70,core} = 1,73 \cdot R - 34,3$	(N/mm ²)	Gonçalves (1995)
25)	$f_{cm,150,cube} = 0,403 \cdot R^{1,2083}$	(N/mm ²)	Kheder (1999)
26)	$f_{cm,150,cube} = 1,47 \cdot R - 16,85$	(N/mm ²)	Soshiroda (1999)
27)	$f_{cm,cyl} = 0,0501 \cdot R^{1,8428}$	(N/mm ²)	Lima, Silva (2000)
28)	$f_{cm,150,cube} = 2,2415 \cdot R - 30,762$	(N/mm ²)	Nyim (2000)
29)	$f_{cm,150,cube} = 0,000135 \cdot R^{3,4424}$	(N/mm ²)	Pascale et al (2000)
30)	$f_{cm,150,cube} = 1,353 \cdot R - 17,393$	(N/mm ²)	Qasrawi (2000)
31)	$f_{cm,150,cube} = 0,0244 \cdot R^{1,9898}$	(N/mm ²)	CPWD (2002)
32)	$f_{cm,150,cube} = 0,0002392 \cdot R^{3,299}$	(N/mm ²)	Pascale et al (2003)
33)	$f_{cm,150,cube} = 0,0117 \cdot R^2 + 0,8973 \cdot R - 13,213$ („B-Proceq”)	(N/mm ²)	Proceq SA (2003)
34)	$f_{cm,150,cube} = 0,0005 \cdot R^3$	(N/mm ²)	Nehme (2004)
35)	$f_{cm,150,cube} = 2,68 \cdot e^{0,06R}$	(N/mm ²)	Nehme (2004)
36)	$f_{cm,150,cube} = 0,00752 \cdot R^{2,359}$	(N/mm ²)	Fabbrocino et al (2005)
37)	$f_{cm,150,cube} = 0,788 \cdot R^{1,03}$	(N/mm ²)	Nash't et al (2005)
38)	$f_{cm,150,cube} = 2,1683 \cdot R - 27,747$	(N/mm ²)	Hobbs, Kebir (2006)
39)	$f_{cm,cyl} = 1,623 \cdot R - 20,547$	(N/mm ²)	Soshiroda et al (2006)
40)	$f_{cm,core} = 1,25 \cdot R - 23,0$ ($20 \leq R \leq 24$)	(N/mm ²)	MSZ EN 13791 (2007)
	$f_{cm,core} = 1,73 \cdot R - 34,5$ ($24 \leq R \leq 50$)	(N/mm ²)	

32. ábra Összefüggések a beton nyomószilárdságának várható értékére vonatkozóan a visszapattanási érték függvényében [69]

A visszapattanási értékek és a beton nyomószilárdsága között egyértelmű fizikai összefüggést nem lehet kimutatni, csak empirikus összefüggéseket találhatunk. Ennek fő oka, hogy a beton makroszkopikus értelemben is heterogén anyag. A mérési eredmények a felületi keménység arányos értékéről adnak tájékoztatást, és nehéz őket összefüggésbe hozni a beton egyéb szilárdságjellemzőivel. [66]

5.3.5. A helyszíni mérés ismertetése és az eredményeiből levonható következtetések

Schmidt kalapácsos roncsolásmentes betonvizsgálataimat a szolnoki ártéri öblözet Szolnok belterületén található, a várost védő árvízvédelmi falon végeztem el 2023 kora tavaszán. (33. ábra)



33. ábra Szolnoki árvízvédelmi parapetfal

(készítette: a szerző)

Az árvízvédelmi fal 2001-2003 közötti időszakban épült, a mértékadó árvízszint felett 1,2 m biztonsági magassággal. A vasbeton fal C 16-32/KK anyagminőségű, tehát 16 N/mm² nyomószilárdságú.

A kísérletsorozat előtt az alkalmazott Schmidt-kalapács mért visszapattnási értékeit hitelesítő üllőn megvizsgáltam. A 10 ütésből álló ellenőrzések során az eszköz által mutatott értékek a 81±2 (N-jelű kalapács) intervallumon belül voltak, így a Schmidt-kalapács használatra alkalmas volt a mérések során.

A visszapattnási értékeket jegyzőkönyvben rögzítettem. A kísérletek során ügyeltem arra, hogy a vizsgált betonfelületre a kalapács ütőszége mindig merőlegesen helyezkedjen el. A kísérleteim során 200 Schmidt-kalapácsos vizsgálatot végeztem el.

A méréseket úgy végeztem el, hogy kis területen (10 x 10 cm) belül elvégzett 10 ütés visszapattanási értékét átlagoltam. Ezt a mérési sorozatot 20-szor ismételtam a parapetfal teljes hosszán.

A vasbeton szerkezet egyes pontjain látható jelei is voltak a nem megfelelő kivitelezésnek és a helytelen betontakarásnak. Helyenként a vasalat is már szabadon volt, így megkezdődött a korrózió, azt viszont ki kell hangsúlyoznom, hogy ezek a szakaszok nem feltétlenül estek egybe a nem megfelelő szilárdságú szakaszokkal. (34. ábra)

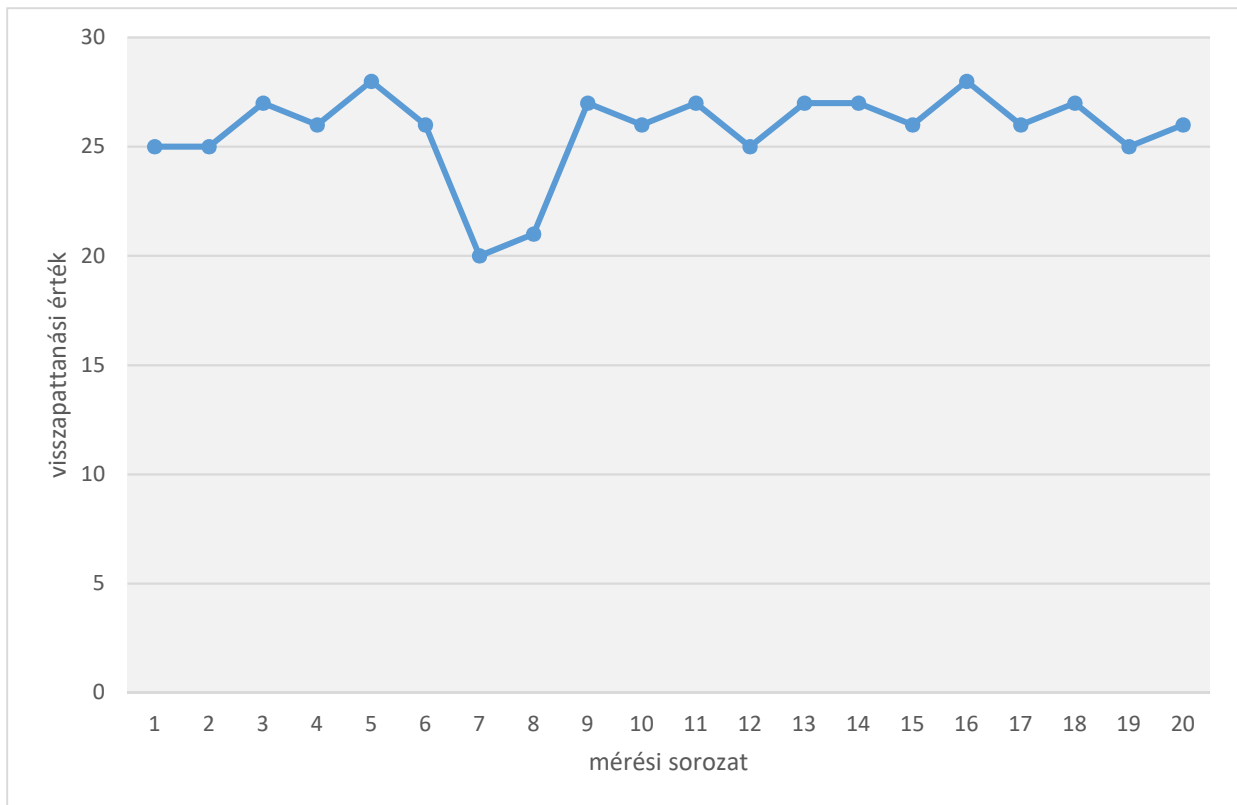


*34. ábra Szolnoki parapetfal helytelen betonfedése
(készítette: a szerző)*

Schmidt kalapácsos mérési eredményeimet az alábbiakban részletesen értékelem:

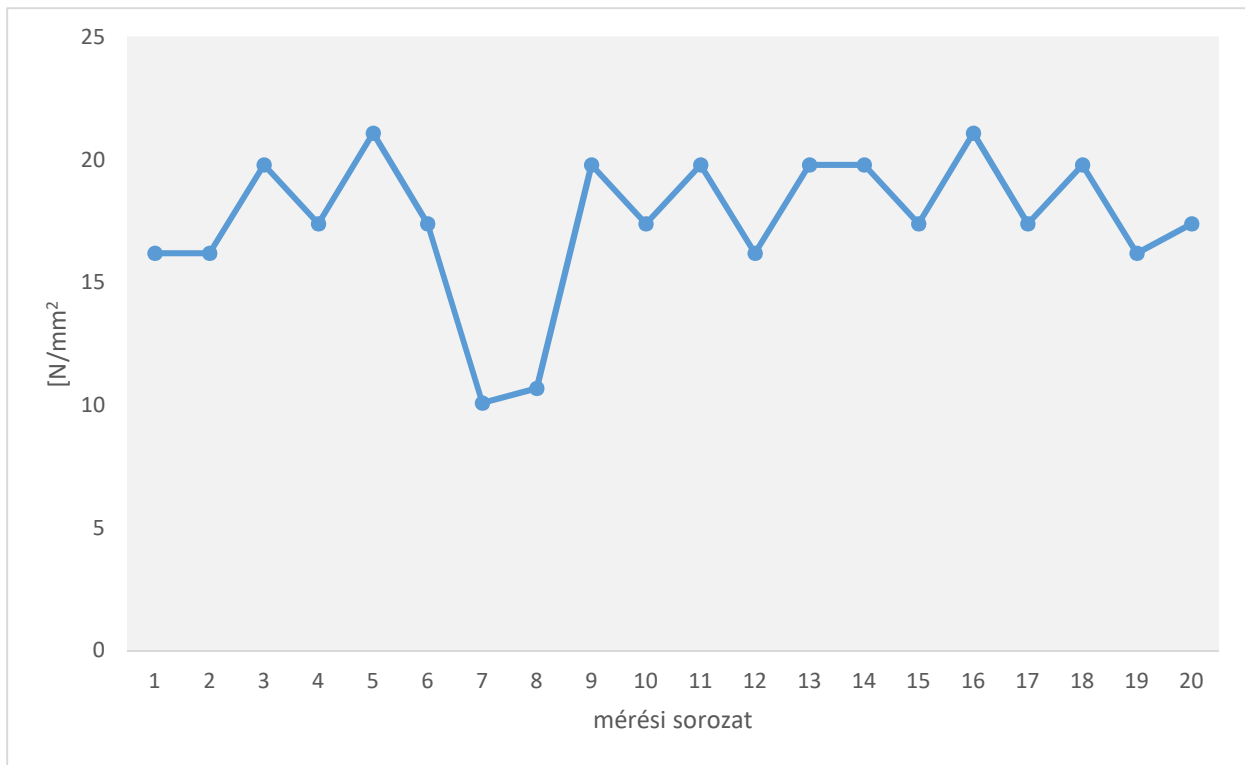
A vasbeton parapetfalon úgy végeztem el a roncsolásmentes vizsgálatomat, hogy minden dilatációs tagon elvégeztem a kísérletsorozatot (10 visszapattanási értéket mértem) és az értékek átlagát vettem.

A parapetfal teljes hosszán elvégzett 20 kísérletsorozat értékei a következő eredményt adta: (35. ábra)



35. ábra Schmidt kalapáccsal elvégzett mérési sorozat átlagos visszapattanási értékei
(készítette: a szerző)

A visszapattanási értékekhez hozzárendeltem a mérőeszközt gyártó, B-Proceq által ajánlott nyomószilárdsági értékeket: (36. ábra)



36. ábra Schmidt kalapáccsal elvégzett mérési sorozat visszapattanási értékekből számított nyomószilárdsági érték (N/mm²)

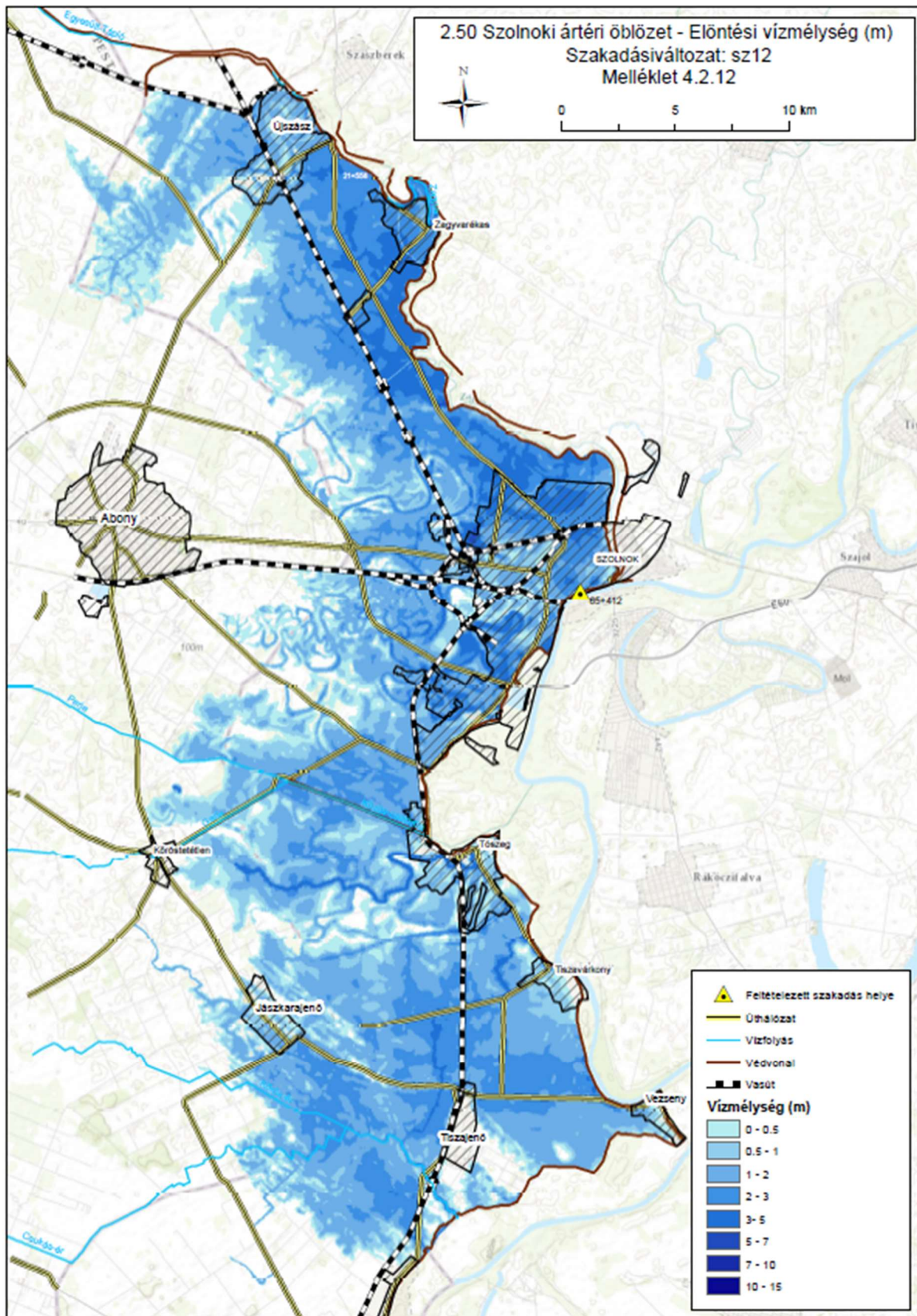
(készítette: a szerző)

Az értékekből megállapítható, hogy a parapetfal egymás melletti két dilatációs tagja (Tisza jobb part, 10.02. árvízvédelmi szakasz 65+400 tkm) esetében jelentős szilárdság csökkenés tapasztalható, így a szakasz szilárdsági szempontú mértékadó keresztmetszelyét erre az alacsony visszapattanási értékű helyre vettem fel.

A védvonal ilyen pontjait, ahol a tönkremenetel nehezen vagy nem számszerűsíthető, szinguláris helyeknek nevezhetjük. A védvonal ezeken a pontokon jelentősen másképp viselkedik, és nem tudjuk mérlegelni a biztonságot. Ennek érdekében fel kell mérnünk, hogy az adott helyen esetlegesen végbemenő töltésszakadás milyen területet önt el, milyen mélységben. Az előbb felsoroltakon túl rendkívül fontos szempont a környezetében élő lakosság kitelepítése is.

Az esetleges töltésszakadás által okozott mentett oldali hatások és beavatkozások megfogalmazására lokalizációs tervet kell készíteni, melynek fő célja a töltésen kitörő víz minél kisebb károkozással a folyóba történő visszavezetés.

Megvizsgáltam azt, hogy a lokálisan gyenge szakasz környékén felvett szakadás milyen elöntéseket okozhat: (37. ábra)



37. ábra Töltésszakadás a lokálisan gyenge szakaszon [72]

A szakadáson kifolyó víz 9 települést veszélyeztet (Újszász, Zagyvarékas, Szolnok, Tószeg, Tiszavárkony, Jászkarajenő, Vezseny, Tiszajenő, Tizsakécske-Tiszabög).

Az árvíz lokalizációs tervből megállapítható, hogy a feltételezett szakadáson kifolyt víz mennyisége (a szakadási nyílás 50 m széles, a szakadás mélysége a terepszintig 2,9 m. A gátszakadásból kiömlő víz mennyisége 373,47 millió m³) nem lokalizálható ideiglenes töltésekkel. [72]

A fentiek is rávilágítanak arra, hogy az árvízvédelmi rendszerben fellelt lokálisan gyenge szakaszok védőképességének helyreállítása rendkívül fontos és elengedhetetlen feladat. Ez arra is rámutat, hogy a jól szervezett operatív védekezés végrehajtása pontosan ezek miatt a lokálisan gyenge szakaszok miatt egyre jobban felértékelődik, a megfelelő szaktudású és tapasztalattal rendelkező szakember utánpótlás elengedhetetlen egy sikeres védekezés végrehajtásához.

5.4. Árvíz elleni operatív védekezés napjainkban

Az árvíziek elleni védelem egyik legfontosabb alappillére a védekező létszám. A jelenlegi helyzet pontosabb vizsgálatához összeállítottam a védekezési időszak alatt szükséges állomány humánstruktúráját, amit a következőkben kifejték.

A vízkárelhárítási feladatok ellátásához szükséges állomány jellemzése (védekezési időszak)

1. Védelmi szakaszon szakasz-védelemvezetőként kívánatos a felsőfokú végzettséggel, területi tapasztalattal bíró szakember.
2. Őrjáráson a védelemvezető irányítása mellett középiskolai végzettséggel rendelkező helyi irányító, aki a beavatkozásokat közvetlenül irányítja, felügyeli.
3. A települési önkormányzatoknál a védekezés szakmai irányítói, ahol kívánatos a felsőfokú végzettséggel, területi tapasztalattal bíró szakember. A szélsőségesé váló védelmi szituációk arra mutattak rá, hogy növelni kell az önkormányzatok számára biztosítandó szakmai irányítók létszámát, mert a feladatok megfelelő, biztonságos végrehajtásához a legtöbb esetben nem elegendő a védelemvezető polgármester képzettsége, és legtöbbször vízkárelhárításban képzett önkormányzati háttér sem áll rendelkezésre.
4. Egyedi esetek kezelésére kirendelt létszám esetén kívánatos a felsőfokú végzettséggel, területi tapasztalattal bíró helyi védelemvezető biztosítása. Ilyenek lehetnek a töltésszakadás, vagy a kritikus pontokon nagy volumenű, önálló munkát igénylő

beavatkozások (töltés meghágás elleni védelem, rézsúcsúszás kezelése, koncentrált mentesítő szivattyúzás, stb.)

5. Az őrszolgálatot, illetve a beavatkozásokat végrehajtó létszám, amely jellemzően a végrehajtásban az azonnali feladatok nagysága miatt kis százalékot képvisel. A feladatkör ellátásában ma már jelentős részben más szakterületről átvezényelt létszám, alvállalkozók, illetve közfoglalkoztatottak látják el.

A vízgazdálkodási feladatok ellátásához szükséges állomány jellemzése (fenntartási időszak)

1. Szakágazati vezetők és szakreferensek, akik a vízgazdálkodás ágazati szakpolitikáját határozzák meg, illetve a hatósági feladatokhoz szükséges szaktudást biztosítják. Ennek a létszámnak a felsőfokú végzettséggel rendelkező része osztható be szakasz- vagy helyi védelemvezetőnek, illetve szakmai irányítóknak.
2. Szakasz mérnök és területi felügyelő, akik az ágazati szakpolitikának megfelelően a vízrendszerek üzemeltetését és fenntartásának irányítását végzik. Ennek a létszámnak a felsőfokú végzettséggel rendelkező része osztható be szakasz- vagy helyi védelemvezetőnek, illetve szakmai irányítóknak.
3. Gátőr, aki az őrzés területén közvetlenül, vagy kiegészítő létszámmal illetve gépparkkal, szükség szerint alvállalkozókkal azok irányításával hajtja végre az üzemeltetési, fenntartási feladatokat. A gátőr, illetve az arra alkalmas a területi ismeretekkel bíró beosztott, referens lehet védekezés esetén helyi irányító.
4. A végrehajtó létszám feladatának végrehajtásában jelentős szerepet kapott a közfoglalkoztatás. Ennek csökkenésével viszont előtérbe került a gépesítés, ami az ehhez szükséges szakképzett személyzet hiányát vetette fel az elmúlt években.

A vízügyi ágazat humán erőforrásait két fő aspektusból vizsgáltam, a vízkárelhárítási, a vízgazdálkodási ellátásának szemszögéből.

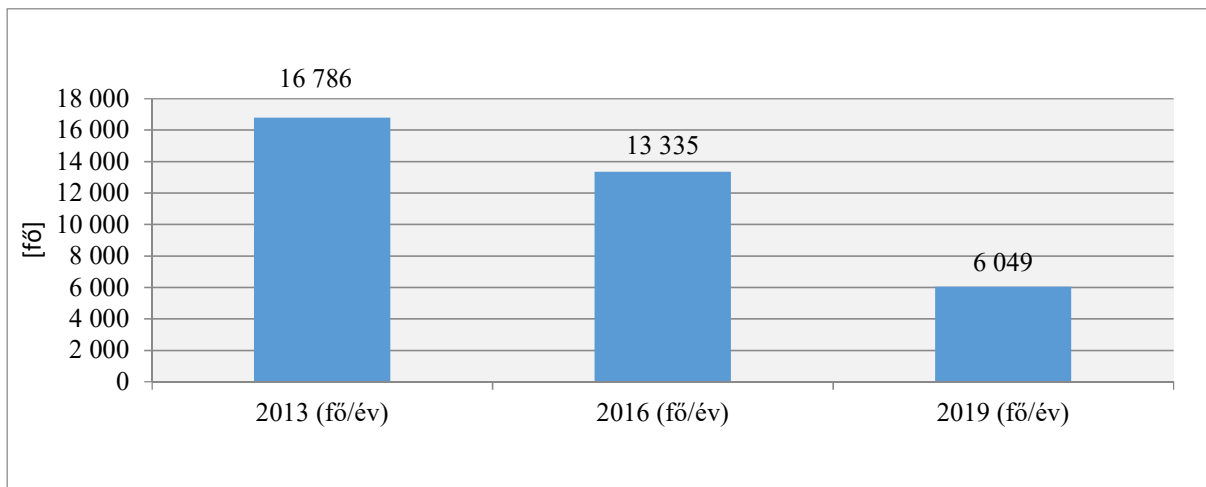
- a) A vízkárelhárítási feladatok humán feltételeinek (védekező személyzet) biztosításánál az alábbiakat állapítottam meg.
 - a területismerettel és tapasztalattal rendelkezők nyugdíjba vonulása csökkenti a bevonható létszámot
 - a felvett, a jelenlegi bérrel felvehető, dolgozók nagy százaléka alacsony képességekkel rendelkezik
 - a területi tapasztalat kialakulására csak kis arányban van lehetőség, mert pont a vezetői rétegben magas a fluktuáció. A területi tapasztalat megszerzése több éves

munkaviszonyt tesz szükségessé, tapasztalatlan emberekkel a feladat nem látható el hatékonyan.

Fentiekből következik, hogy a területi ismeretek megszerzése érdekében a fluktuáció csökkentése szükséges, az ismeretek növeléséhez pedig a szakképzés erősítése.

b) A vízgazdálkodási feladatok ellátásánál (fenntartás, üzemelés, szakági feladatok) jelentős problémát jelent a feladatok ellátatlansága.

A társulati csatornarendszerek átvétele (28 000 km), az azt üzemeltető és fenntartó mintegy 1000 fő létszám átvétele nélkül történt. A közfoglalkoztatással a létszámhiányt irányítási szinten nem, de végrehajtási szinten eredményesen lehetett pótolni. Azonban a közfoglalkoztatás drasztikus csökkenése korlátozó tényezővé vált a végrehajtásban. A közfoglalkoztatott létszám csökkenés hatása évről-évre egyre jobban sújtja az ágazatot. 2019-ben a közfoglalkoztatott létszám csökkenés mértéke meghaladta az 10 000 főt, azaz 64%-os csökkenést mutat a 2013. évi adatokhoz képest.



38. ábra Közfoglalkoztatotti átlaglétszám alakulása a 2013-2019. közötti időszakban (forrás: Országos Vízügyi Főigazgatóság)

(készítette: a szerző)

A fogyatkozó közfoglalkoztatott létszám ellenére (38. ábra) a fenntartási munkák volumene nem változik, sőt egyes beruházások fejlesztése után növekednek is. Az ágazatban jelentős fejlesztésekre került sor (2007-2022. időszakban ~750 milliárd Ft). A vállalt EU kötelezettség mellett tényleges többletfeladatot jelent az új műtárgyak, vízgazdálkodási rendszerek üzemeltetése. A hiányzó munkaerő pótlását új munkagépek beszerzésével, vagy a meglévő munkagépekre speciális adapterek beszerzésével lehet megoldani.

5.5. Az árvízi ellenállást növelő fejlesztések kockázatcsökkentő hatása

Annak érdekében, hogy meg tudjam határozni a töltésfejlesztések és védekezés mentett oldali kockázatokra gyakorolt hatását, megvizsgáltam az elkészített árvízi veszély és kockázati térképek felhasználásával azt, hogy a jelenleg hatályos mértékadó árvízszinthez viszonyítva 10 cm-es léptékben milyen kockázatcsökkenés jelentkezik az öblözetben és ezt milyen fejlesztési és védekezési költséggel lehet elérni.

Ezzel objektív módon, számításokkal igazolható, hogy egy bizonyos árvízvédelmi szint eléréséhez melyik a legköltséghatékonyabb út, a tározás, védekezés és töltésfejlesztés milyen kombinációjával lehet elérni a lehető legkisebb költséggel a lehető legnagyobb kockázatcsökkenést.

Számításaimat a 6.6. fejezetben részletezem, mivel a három védekezési lehetőség együttes bemutatásával tudom bizonyítani a kockázat alapú árvízvédelmi szint meghatározás költséghatékonyágát.

5.6. Részkövetkeztetések

1. A szolnoki ártéri öblözet töltésfejlesztéseinek példáján keresztül **rávilágítottam arra**, hogy az eddigi töltésfejlesztések jelentős hányada mára már nem teljesíti a velük szemben támasztott követelményeket és a fejlesztés hatása a jelenben elenyésző.
2. Részletesen foglalkoztam a mértékadó árvízszintek növekedésével és **megállapítottam**, hogy a tervezési alapadat jelentősen megnőtt. Az emelkedés legfőbb oka a nagyvízi meder vízszállító képességének leromlása. **Javaslatot fogalmaztam meg**, hogy amennyiben ezen a folyamaton nem változtatunk, abban az esetben a fejlesztéseink elértéktelenedésével kell számolnunk.
3. **Helyszíni méréseimmel igazoltam**, hogy a szolnoki ártéri öblözetben van olyan lokálisan gyenge szakasz, ahol a tönkremenetel nehezen vagy nem számszerűsíthető. A védvonal ezeken a pontokon jelentősen másképp viselkedik, és nem tudjuk mérlegelni a biztonságot. Fentiekén keresztül **rávilágítottam arra**, hogy az árvízvédelmi rendszerben azonosított lokálisan gyenge szakaszok védőképességének helyreállítása rendkívül fontos és elengedhetetlen feladat.

6. ÁRVÍZVÉDELMI TERHELÉST CSÖKKENTŐ INTÉZKEDÉSEK ÉS AZOK HATÁSAI

Az előző főfejezetben bemutatott árvízi ellenállást növelő intézkedéseken túl ki kell térni a terhelést csökkentő intézkedésekre is és azok hatásaira.

Ennek érdekében részletesen bemutatom azon beavatkozásokat, amelyek az árvízi terhelés csökkentését szolgálják.

A kiválasztott szolnoki ártéri öblözetre az alábbi terheléscsökkentő intézkedéseket tartom számottevő mértékűnek:

- nagyvízi meder vízszállító képességét növelő beavatkozások,
- VTT árvízcsúcs-csökkentő tározók megnyitásából adódó hatások,
- beavatkozó személyzet képességeinek hatásai.

6.1. A nagyvízi meder vízszállító képességét növelő beavatkozás hatásai

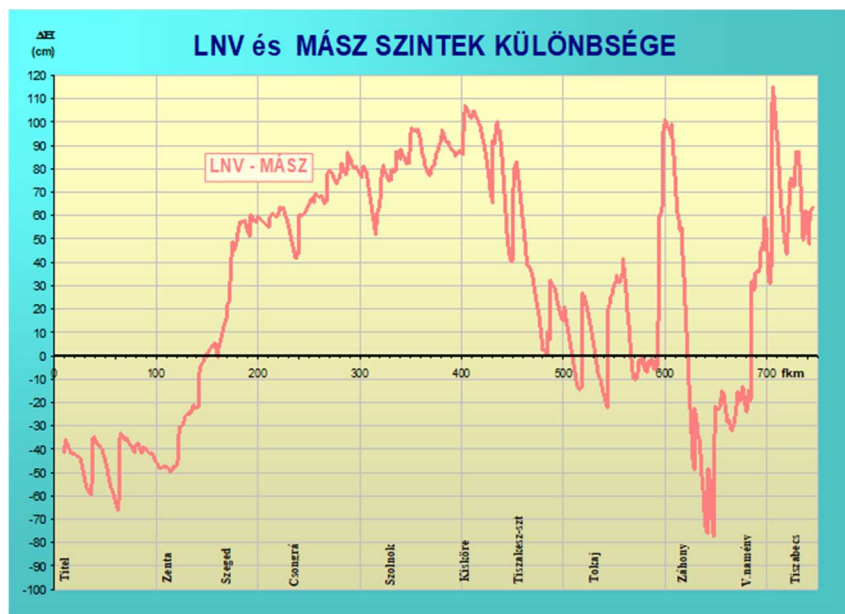
A szolnoki ártéri öblözetre és a Közép-Tiszán levonuló árvízszintekre legnagyobb befolyással a „Tisza hullámtér: Nagyvízi meder vízszállító képességének javítása a szolnoki vasúti híd és Kisköre közötti szakaszon” nagyprojekt beavatkozásai voltak, amelyek hatásait a Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság kollégái is vizsgálták. [73]

A projekt az alábbi áttekintő helyszínrajzon feltüntetett beavatkozásokat tartalmazza: (39. ábra)

- depóniák visszabontása,
- nyárigátak rendezése,
- mőtárgy felújítása,
- övzátonyok bontása,
- folyószabályozási beavatkozások elvégzése,
- meglévő elsőrendű fővédvonalak elbontása és új árvízvédelmi földmű építése.

A tervezett beavatkozások vizsgálatánál a 2000. évi tiszai árhullám okozta vízszintekhez hasonlították a „hasznót”, azaz, hogy mennyivel csökkenne a 2000. évi árhullám szintje a tervezett beavatkozások hatására. A 2000. évi árhullám tetőző vízszintjei, az akkori mértékadó árvízszint értékek fölött voltak a projekt által érintett folyószakaszon.

A legnagyobb vízszintek (LNV) és a projekt előkészítésekor/engedélyezésekor hatályos 15/1997. (IX. 19.) KHVM rendelet szerinti mértékadó árvízszint közötti különbséget a Tiszán a 40. ábra mutatja.



40. ábra LNV és MÁSZ szintek különbsége [73]

Jól látszik, hogy a vízszint emelkedése a Szolnok környéki területeken a legkiemelkedőbb, több helyen meghaladja az 1 métert. Az érintett területeken a töltések magassági kiépítettsége alacsonyabb, mint amit a 15/1997 KHVM rendelet előírt. Az 2000-es árvíz idején ezen a folyószakaszon a védtöltéseket szinte teljes hosszában ideiglenes magasítással és erősítéssel kellett megerősíteni ahhoz, hogy az árhullámot kivédjék.

A 74/2014. (XII. 23.) BM rendelet [58] a folyók mértékadó árvízszintjeiről szól, és e szerint az értékek 40-60 cm-rel meghaladják a jelenlegi legmagasabb vízállásokat, valamint a töltéskorona magasságát is. Ezeket a tényezőket figyelembe véve, a jelenlegi műszaki paraméterek alapján a mértékadó árvízszint fölött az árhullám nem alakulhat ki, mivel a víz egy része már a töltések meghágásakor vagy szakadásakor távozik a mederből.

A meder vízszállító képességét a legpontosabban a vízhozamok elemzésével lehet meghatározni a Közép-Tiszán, annak ellenére, hogy a kis meder- és vízfelszínesések miatt a Hármas-Körös, a Maros és bizonyos mértékig a Duna visszaduzzasztása is befolyásolja az árvíz hullámok levonulását és a vízhozamgörbék alakját (hurokgörbe). A több kilométer széles hullámterületek fontos szerepet játszanak az árvíz tömeg levezetésében (például a tószegi, vezesnyi és a nagyrévi hullámtér a teljes vízhozam felét szállítja).

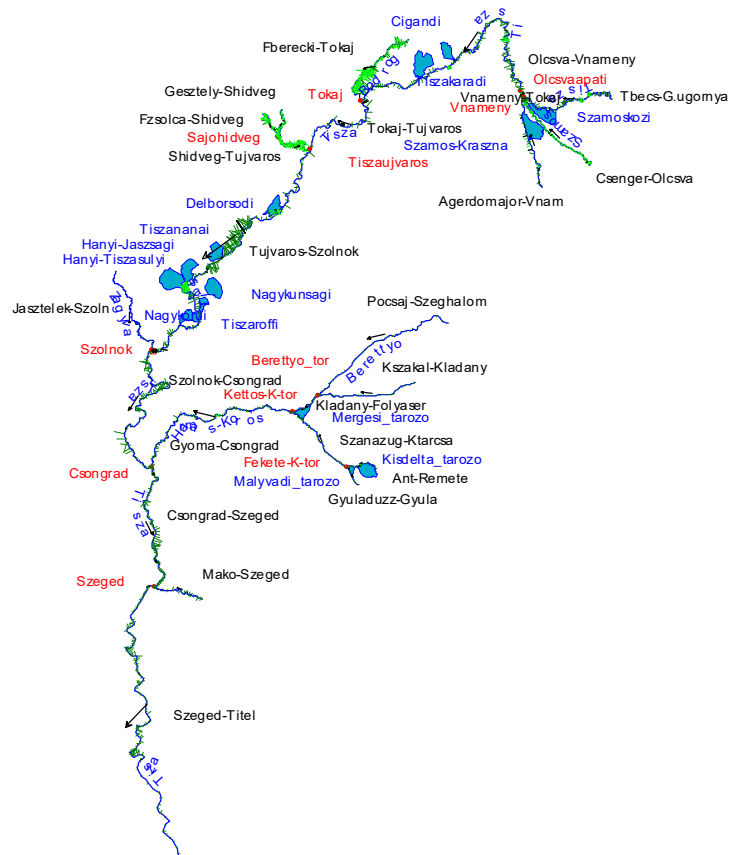
A legnagyobb vízszintemelkedést a Kisköre és Szolnok közötti szakaszon okozta az 2000. évi árhullám. A projekt során tervezett beavatkozások célja az említett problémák kezelése volt, figyelembe véve az alsóbb szakaszokra gyakorolt hatásokat is. A jelenlegi folyamatokat és a beavatkozások által okozott következményeket folyamatosan modellezték és vizsgálták.

2006. évben olyan árhullám érkezett, amely megerősítette azt a törekvést, hogy a beavatkozásokra mihamarabb szükség van. Az árhullámot megelőző hidrometeorológiai helyzet sok tekintetben hasonlított a 2000. évi áradást megelőző viszonyokhoz. Az Alföldre lehullott, sokévi átlagot 50%-al meghaladó csapadék előrevetítette a komoly belvíz kialakulásának lehetőségét. A vízgyűjtőkön esett jelentős mennyiségű megelőző csapadék pedig kedvező feltételeket teremtett az igen magas árhullám kialakulásához. Ugyanekkor a Duna vízgyűjtőjén is felhalmozódott hó mennyiség jelentős volt. A Duna Nagymarosig terjedő vízgyűjtőjén március 20-án 18 km^3 hóvízkészletet határoztak meg. Ez az érték közel kétszerese volt a hasonló időszak átlagának. A folyamatos csapadék tevékenység által elindított árhullámok egybeesése – ebbe beleértve a Szolnok fölötti és alatti mellékfolyókat is – fokozatosan feltöltötték a Tisza medrét. A Duna felső szakaszán és a Száván kialakult újabb vízszintemelkedések – a tiszai árhullámmal közösen – lassították a Duna árhullámának levonulását.

Az 2006-os árhullám után még inkább felmerült a szükségessége annak, hogy az egész Tisza szakaszát átfogó vizsgálatra kerüljön sor. A szerbiai és szegedi kollégákkal együttműködve elkészült modellek. Megállapítható volt, hogy az alsóbb szakaszoknál is észlelhető az a tendencia, hogy ugyanazon mennyiségű vízhozamhoz magasabb árvízszint tartozik az évek múlásával. Ezt követően 2007-ben született meg az egész Tisza szakaszát lefedő átfogó vizsgálati anyag, amelyben már szerepel az említett szerbiai és alsó-Tisza-vidéki szakemberek munkája is. Az egész Tisza modellje ekkor készült el.

A modell adatbázisa - jelenlegi felépítésében - magába foglalja a Tisza, Tiszabecs - Titel közötti 740 km hosszú folyószakaszát, valamint az ezen a hosszön betorkoló 8 mellékfolyót, továbbá,

két mellékágat (Borzsa, Lónyai-csatorna) koncentrált terhelésként. A számításokba bevont folyószakaszok teljes hossza meghaladja az 1500 km-t (41. ábra). A Tisza és mellékfolyóinak vízrendszerét több, mint 1550 keresztshelvénnel közelítették. A modellbe 84 db hidat, 11 árapasztó műtárgyat építettek be. [73]

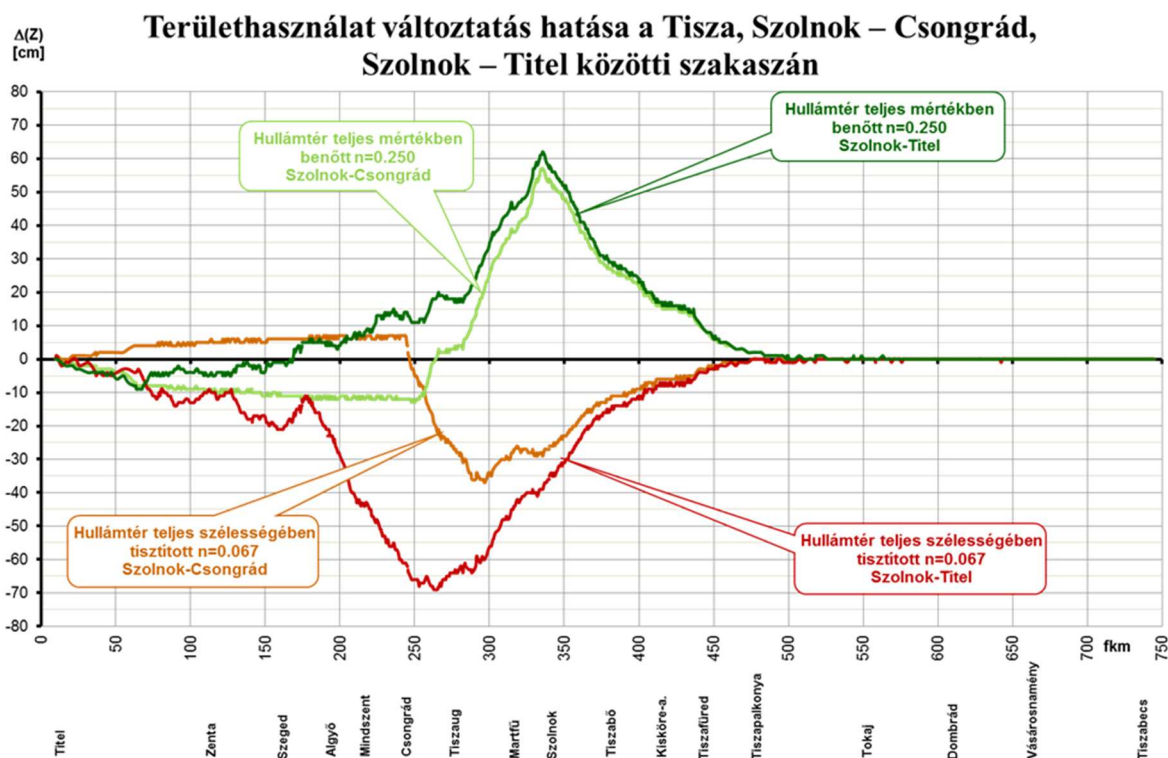


41. ábra Tisza modell [73]

A szükséges intézkedések két részre oszthatók:

- hullámtér bővítés, eszköze töltésáthelyezés és valamennyire ide tartozik a tározók létesítése,
- hullámtéren belüli állapotok javítása.

A referencia árhullám vízszintjének eltéréseit modellezve a szolnoki kollégák bemutatták, hogy milyen hatással van a hullámtérben található növényzet a vízszintre. A modellben két állapotot vettek figyelembe: az egyikben a hullámtér teljes mértékben benőtt volt, a másikban pedig „kitisztították”. A 42. ábra részletesen bemutatja, hogy a különböző folyószakaszokon mekkora eltérés figyelhető meg a referencia árhullám vízszintjéhez képest.



39. ábra Területhasználat változtatás hatása a Tisza, Szolnok – Csongrád, Szolnok – Tittel közötti szakaszán [73]

A 41. ábra alátámasztja, hogy a hullámtér növényzete leginkább a Közép-Tisza szakaszán okoz problémát, és a teljes tisztítás hatása Csongrádig érvényesül. Az alsóbb szakaszok adottságai miatt a beavatkozások hatékonysága itt korlátozottabb. A teljes ágazati stratégia kidolgozásakor figyelembe vették ezt a tényt, és arra a következtetésre jutottak, hogy Szolnok és Csongrád között csak mérsékelt és pontszerű góccokat kell eltávolítani a hullámtérből, míg Csongrád alatt csak minimális beavatkozásokat kell végrehajtani a víz lefolyásának javítása érdekében.

6.1.1. A Kisköre-Szolnok között tervezett beavatkozások hatásainak elemzése a 2006. évi árhullámra

A projekt által érintett Közép-Tisza esetén a referencia a 2000. évi árhullám, azonban a folyó alsóbb szakaszain – Szolnok alatt, Csongrád térségében – már a 2006. évi árhullám okozta a legnagyobb árvízszintet.

A két árhullám jellemzői az alábbiakban foglalhatók össze.

2000. évi árhullám:

- Tisza és mellékfolyóinak vízgyűjtőjén, 2000. március végén és április elején kialakult jelentős csapadék és a felmelegedéssel együtt járó hóolvadás következtében a folyókon jelentős áradások indultak meg. A Bodrogon, a Szamoson, a Krasznán, a Sajón, a Tarnán, a Zagyván (ahol a szükségtározók is megnyitásra kerültek).
- A folyó alsó szakaszát befolyásoló Körösök esetében elmaradt a várt árhullám, mivel a Fehér-Körösön román oldali szakadás miatt a számított vízmennyiség nem érkezett meg és nem került sor a Kisdelta szükségtározó megnyitására, viszont a Fekete-Körösön, a Kettős- és a Hármaskörösön, a Sebes-Körösön és a Maros torkolati szakaszán alakult ki jelentős, a legnagyobb vízszintet (LNV) meghaladó, illetve megközelítő árhullám.
- Az árvízszint a Tiszán Tiszabercel (+4 cm) és Mindszent (+18 cm) között meghaladta az eddig mért legmagasabb vízszintet. A legnagyobb mértékben ez Tiszaugnál (+88 cm) és Szolnoknál (+67 cm) következett be. Ez azt jelentette, hogy 350 km hosszúságban a Tiszán – nem beszélve a mellékfolyókról, ahol a Tisza visszaduzzasztó hatása miatt szintén rekordot döntő vízszintek alakultak ki (Lónyay-főcsatorna, Sajó, Zagyva, Hármaskörös) – soha nem észlelt magasságú víz ellen kellett védekezni. Nem csak a magasság, hanem a tartósság is rendkívüli volt. Tokajnál még „csak” 4 napig, míg Szolnoknál már 18 napig volt magasabb a víz a korábbi rekordoknál. Az elvégzett védekezési munkákat jellemző adatok: 310 km-en kellett ideiglenes töltésmagasítást építeni.

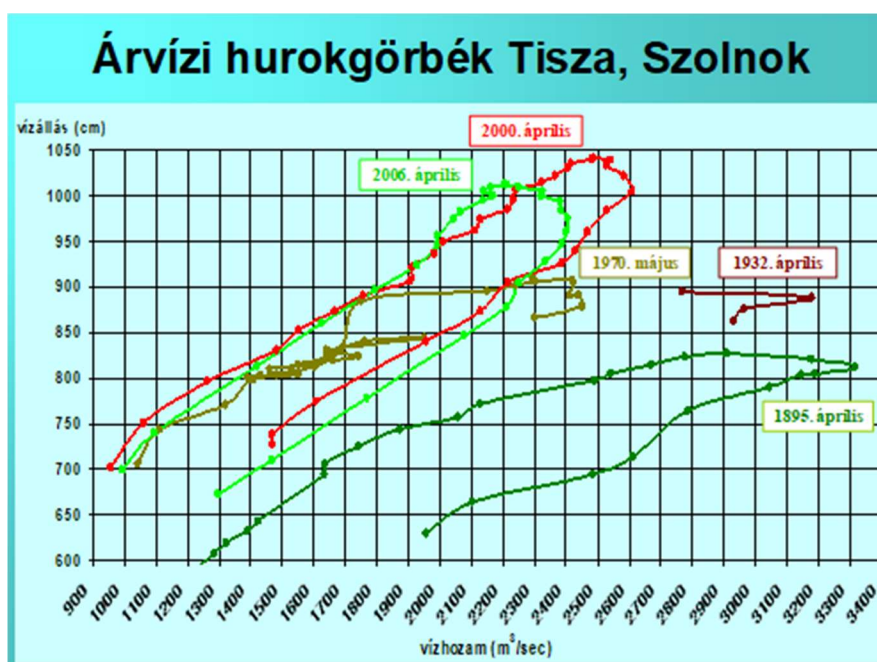
2006. évi árhullám:

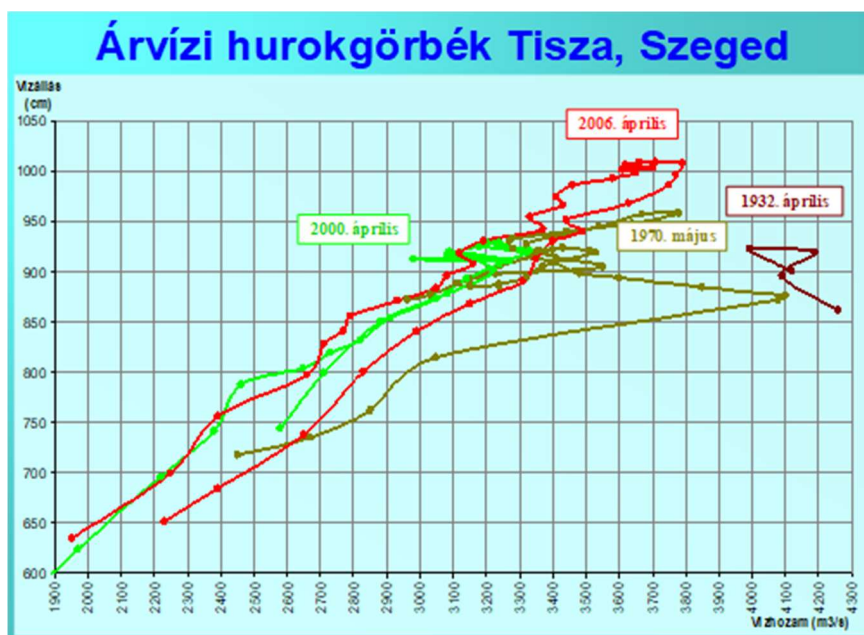
- Az időjárási viszonyok 2006-ban hasonlóak voltak azokhoz, amelyek megelőzték a 2000. évi árvizet. Az Alföldre hullott csapadék, amely meghaladta a sokévi átlagot 50%-kal, előrevetítette a belvíz veszélyét. A vízgyűjtőkön esett nagy mennyiségű csapadék ideális feltételeket teremtett az igen magas árvíz kialakulásához. Az előző hónapban hullott csapadék a hegyekben nagy mennyiségű hó kialakulásához vezetett. A januári csapadék kissé növelte a hókészletet, míg a februári felmelegedés kissé csökkentette. Azonban a március eleji lehülés és a hegyekben eső hó újból növelte a hóvízkészletet.
- Ezt követően erőteljes felmelegedés kezdődött. A vízgyűjtőkre lehullott csapadék mennyisége napi bontásban nem haladta meg az 5-10 mm-t, viszont az olvadó hóval együtt kialakult lefolyás minden mellékfolyón árhullámot indított el. A folyó felső szakaszára eső mellékfolyókon indult meg először az áradás, de a tetőzések több méterrel elmaradtak a maximális vízszintektől. A sok közepes árhullám hatására viszont a Tisza Vásárosnaménynál először 829 cm-en, majd fél napi apadást követően 834 cm-

en tetőzött. Az árhullám magassága nem volt nagy, viszont tömege szinte egy az egyben megegyezett az 1999. évi árhulláméval. Időközben a Hármas-Körös áradása megindult, a Mezőtúri-árvízkaput a Hortobágy-Berettyó torkolatában le kellett zárni. Két napos (április 8-9.) csapadékszünet után folytatódott az egész Kárpát-medencére kiterjedő esőzés. Minden vízgyűjtőn újabb, kisebb-közepes vízszintemelkedések jöttek létre. Ezek az árhullámok fokozatosan feltöltötték a Tisza medrét. A folyó Tokajnál 892 cm-en hosszantartóan tetőzött április 8-10. között. A tokaji tetőzés majdnem cm-re megegyezett az 1999. évi maximummal, viszont az árhullám tömege, tartóssága már lényegesen meghaladta azt.

- A Földközi-tenger felől érkező ciklon alakította a Kárpát-medence időjárását. A ciklon különösen a délkeleti vízgyűjtőkön okozott jelentős mennyiségű csapadékot. Ez a csapadék újabb árhullámokat alakított ki a két mellékfolyón, amelyek lényegesen módosították a Tisza áradását Szolnok alatt. Időközben, a Duna április 16-17. között tetőzött a Tisza torkolatánál. A Tisza Titelnél 818 cm-el tetőzött, ami 27 cm-el volt magasabb, mint az eddigi LNV. A nagy dunai és tiszai, az időközben kialakult új marosi és körösi árhullámok találkozásának hatására Tiszaug alatt végig a Tiszán, a Hármas-Körösön, Mezőtúr-árvízkapu alatt új LNV szintek jöttek létre. Az új marosi és körösi árhullám felfele Szolnokig, lefele Törökbecséig éreztette hatását. [73]

A 43. ábrán látható, hogy a két árvíz során azonos vízhozam esetén a folyó középső szakaszán a vízszint sokkal magasabb volt, mint a korábbi években, amely vízszintemelkedést egyértelműen a hullámtér állapota okozta.

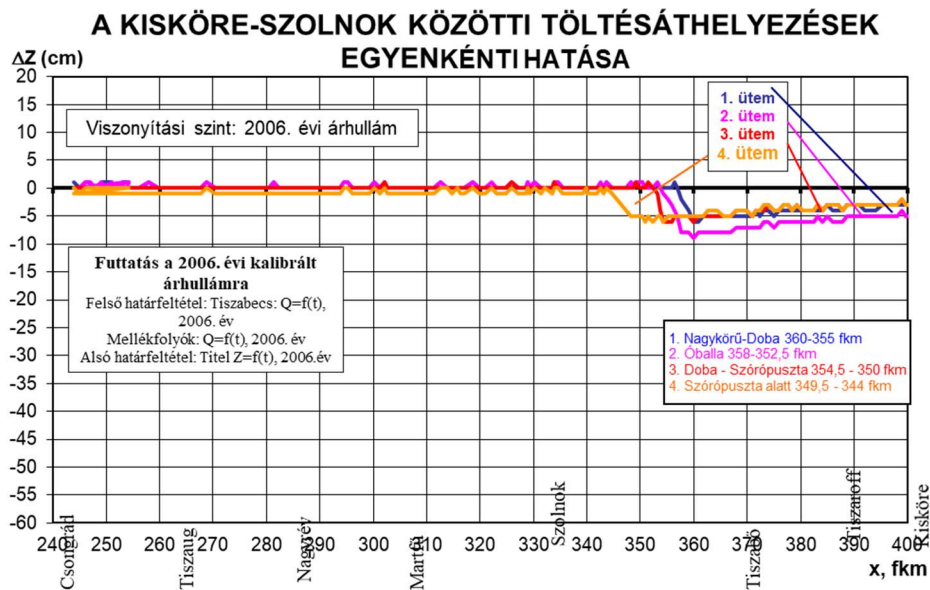




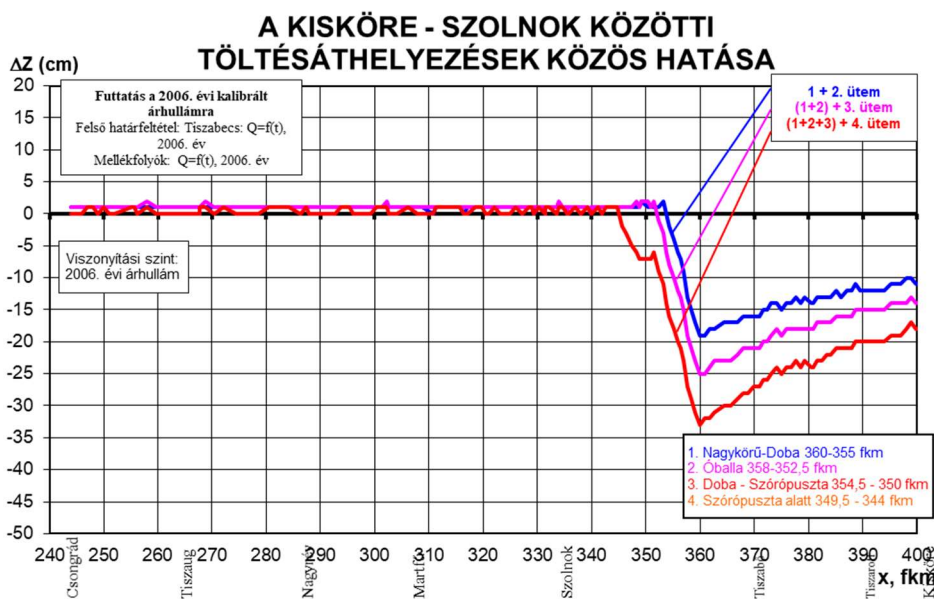
40. ábra Árvízi hurokgörbék: Tisza – Szolnok, Tisza – Szeged [73]

Az ábrán látható, hogy az Alsó-Tiszán a magas vízállásokat nem a Tisza felső és középső szakaszain végrehajtott beavatkozások okozzák (például a Bivalytói töltésáthelyezés). A 2006-os árhullámokat a Hármaskörös és a Maros folyók áradása, valamint a Duna folyó magas vízállása Titelnél okozta. A Szegednél látható árhullámok jelentősen eltérnek a felsőbb szakaszokban látottaktól, mert a Hármaskörös és a Maros folyók egyidejű áradása, valamint a Duna folyó magas vízállása Titelnél jelentős hatást gyakorol rájuk. A Tisza-völgyi tározók üzemelési tervének megfelelően történő kezelése és az árvízi üzemrend minimalizálása csökkentheti ezt a hatást.

Külön megvizsgálták a jelentősebb beavatkozások, a töltésáthelyezések egyenkénti és együttes hatásai, 2006. évi árhullámra, melynek eredményét az alábbi ábrák (44-45. ábrák) mutatják:



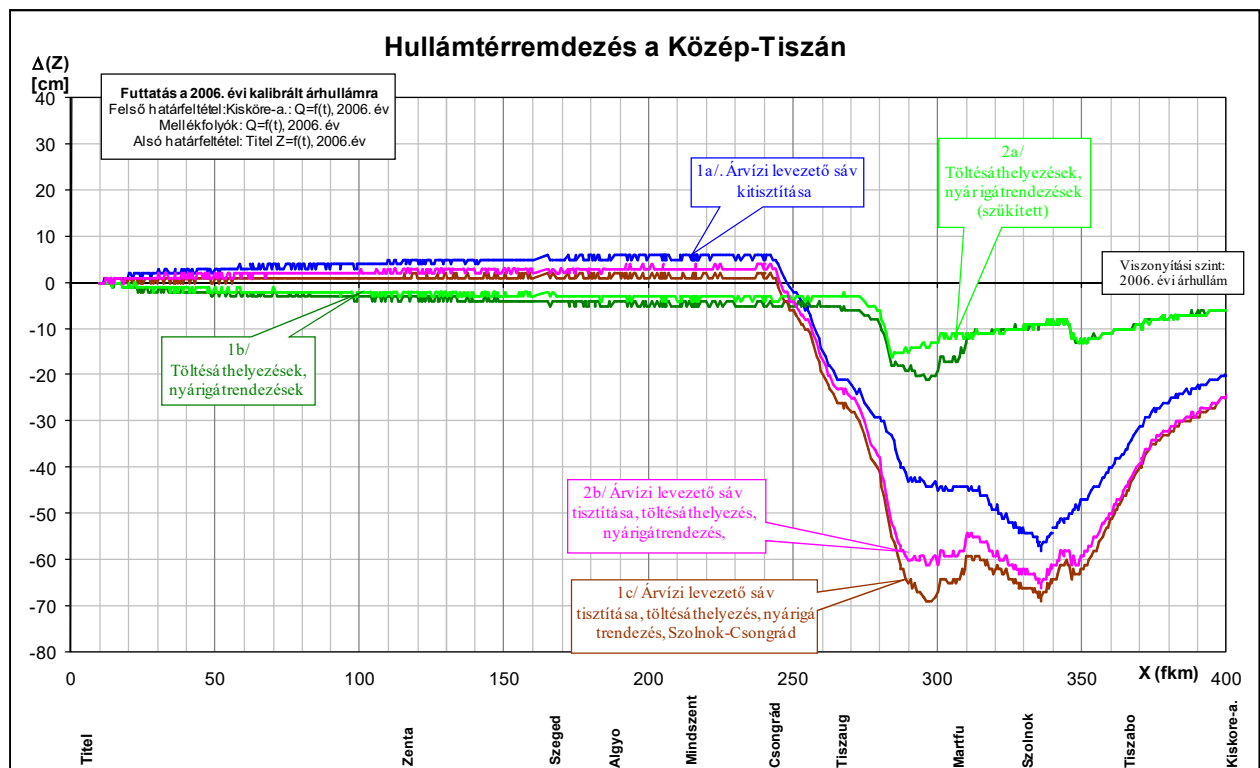
44. ábra A Kisköre - Szolnok közötti töltésáthelyezések egyéni hatásai [73]



415. ábra A Kisköre – Szolnok közötti töltésáthelyezések együttes hatása [73]

Az ábrák által szemléltetett tények rámutatnak arra, hogy az egyes beavatkozások tervezett hatása eltölpül az összehangolt beavatkozások által elérhető eredményekhez képest, ami alapvető szempontként szerepelt a Tisza-szakasz árvízvédelmi koncepciójának kidolgozásakor. A Tisza medrének nagyvízi vízszállító-képessége és az árvízszint összefüggése, különösen a tetőzési szakaszok közelében, rendkívül bonyolult. A megbízható eredmények elérése érdekében szükséges a hidraulikai és áramlástechnikai szempontok alapos figyelembevétele, a vízszállítás számítása pedig csak az alulról felfelé haladva történő áramlástanai következtetések

és a tározási folyamatok figyelembevételével lehetséges. Ennek megfelelően a beavatkozásokat alapos vizsgálatoknak vetették alá, melyek alapján a legsürgősebb és legmegfelelőbb beavatkozási lehetőségeket választották ki. (46. ábra)



46. ábra Hullámtér rendezése a Közép-Tiszán, különböző beavatkozások vízszintcsökkentő hatásai [73]

A nagyvízi meder vízszállító képességének helyreállítása jelentősen függ a hullámtéren belüli viszonyoktól, kisesésű és nagy benőtséggű szakaszokon csak komplex szemléletben lehet hatékony és károkozás nélküli árvízi levezetésben gondolkodni. A „felgyorsított” levonulás hatásait viszont figyelemmel kell kísérni az alsóbb szakaszokon is.

Az adatok alapján megállapítható, hogy a töltésáthelyezések csak kismértékben képesek ellensúlyozni a levezető sáv rehabilitációjából adódó vízszintemelkedést, így a tervezett beavatkozások nem váltanak ki jelentős vízszintemelkedést a Tisza alsóbb szakaszain. A leghatékonyabb módja a vízszint csökkentésének továbbra is a levezető sáv tisztítása.

Sajnos fontos megállapítani és kihangsúlyozni azt is, hogy a Tisza árterén a környezeti állapot romlása kihatással van térség leszakadásában. Ennek vizsgálata viszont területi okok miatt nem képezi részét a doktori értekezésemnek.

6.2. A Közép-Tiszai VTT árvízcsúcs-csökkentő tározók ismertetése és hatásainak elemzése

A századforduló előtt, minden eddigieknél magasabban levonuló 1999. és 2000. évi tiszai árvizek rávilágítottak arra, hogy hazánk árvízi biztonságának növelése érdekében paradigmaváltásra van szükség. A töltésfejlesztést ki kell egészíteni egyéb műszaki beavatkozásokkal is. Az árvízszintek csökkentésére árvízcsúcs-csökkentő beruházásokat és nagyvízi mederkezelést fogalmaztak meg, amelyet a Vásárhelyi Terv Továbbfejlesztése (VTT) programjában, 2004. évben elfogadott törvény fogatosított. [74]

A Tisza árvízi szabályozását és a térség vidékfejlesztését célzó VTT program egyik legfontosabb célként a jelenlegi árvízi meder lefolyási viszonyai mellett a mértékadó árvízszintet 1 m-el meghaladó árhullám 1 méterrel történő csökkentését irányozta elő. Ezt a célt az árvízi meder vízvezető képességének javításával (az 1970. év előtti vízvezető képesség elérése) és a magyarországi ártéren kialakításra kerülő árvízi tározókkal kívánták elérni

Az árhullámok magassága mellett jelentős problémát jelent tartósságuk növekedése. Addig, amíg a vízállás az 1881-1910. közötti években, a szolnoki szelvényben átlagosan csak évi 5 napon keresztül tartózkodott 650 cm felett, 1971-2000. között már 26 napon át, majd a 2001-2006. években 34 nap meghaladást figyelhettünk meg (47. ábra). Amíg a 19. században alig volt 800 cm feletti árhullám, 2000. után megjelentek az 1000 cm feletti maximumok. Az árhullámok magasságának és tartósságának emelkedésével drasztikusan növekedik az árvíz kockázat mértéke.

ÁRHULLÁMOK TARTÓSSÁGA NAPOKBAN EGY ÉVRE VONATKOZTATVA								
Tisza, Szolnok 1881 - 2011. között								
Időszak	650 cm felett	700 cm felett	750 cm felett	800 cm felett	850 cm felett	900 cm felett	950 cm felett	1000 cm felett
1881 - 1910.	5.4	2.9	1.2	0.6				
1911 - 1940.	14.0	7.1	3.6	1.9	0.8			
1941 - 1970.	21.1	14.7	9.6	5.2	1.2	0.2		
1971 - 2000.	25.8	17.4	10.5	5.7	3.4	1.3	0.8	0.4
2001 - 2011.	28.4	22.3	14.5	11.1	5.1	3.6	2.0	0.7

47. ábra Árhullámok tartóssága napokban egy évre vonatkoztatva
(forrás: Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság)

A törvényben megfogalmazott célok elérése érdekében az alábbi Közép-Tiszai tározók kivitelezése történt meg. [73]

Hanyi-tizadasülyi árapasztó tározó

A Hanyi-tizadasülyi tározó (48. ábra) építése 2008 szeptemberében kezdődött, átadása 2012. októberben történt meg.

Az árvízi tározó területe a 2.37 számú Laskó-Tisza-Zagyva-Tarna közti ártéri öblözet része. Délen a Tizadasülyi-főcsatorna, délkeleten a Jászsági-főcsatorna, keleten a Hanyi-éri-főcsatorna, észak felől a Pélyi-csatorna, illetve a Pély-Jászkisér összekötő közút, nyugat felől pedig a Jászkiséri-csatorna határolja. A területen három önkormányzat érintett: Jászkisér, Tizadasüly és Pély [75; 17.o.]

A tározó főbb adatai:

A vízkivétel helye: Tisza 387,90 fkm (jobb parti töltés 119+165 tkm)

MÁSZ a vízkivételi helyen: 90,25 mBf (régi) és 91,83 mBf (új)

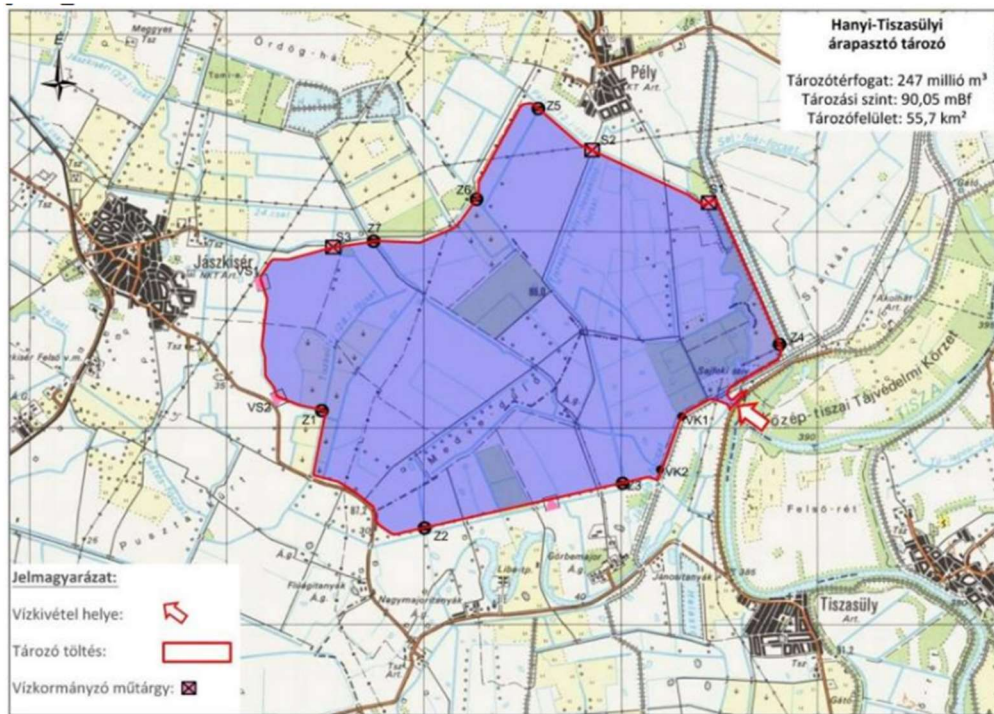
Maximális tározási szint: 90,05 mBf

Tározótöltés koronaszint: 91,05 mBf

Térfogat: 247 millió m³

Vízfelület: 55,7 km²

Átlagos vízmélység: 4,3 m [75; 17.o.]



48. ábra Hanyi-tiszasülyi tározó [75; 17. o.]

Nagykunsági árapasztó tározó

A Nagykunsági árapasztó tározó (49. ábra) építése 2008 augusztusában kezdődött meg, átadásra 2012 decemberében került.

A tározó a Tisza bal partján a Tisza mai folyásától kissé távolabb a Nagykunsági-főcsatorna mentén a 2.82 sz. Fegyvernek-Mesterszállási ártéri öblözetben a Tiszabura-Abádszalók között, illetve Tiszagyenda-Kunhegyes alsóbbrendű bekötőút közötti részén helyezkedik el. A tározó területe, Tiszabura, Tiszaroff, Tiszagyenda, Abádszalók és Kunhegyes települések külterületét érinti. [75; 18. o.]

A tározó főbb adatai:

A vízkivétel helye: Tisza bp. 138+742 tkm (Tisza 400,4 fkm)

MÁSZ a vízkivételi helyeken: 90,59 mBf (régi) és 91,97 mBf (új)

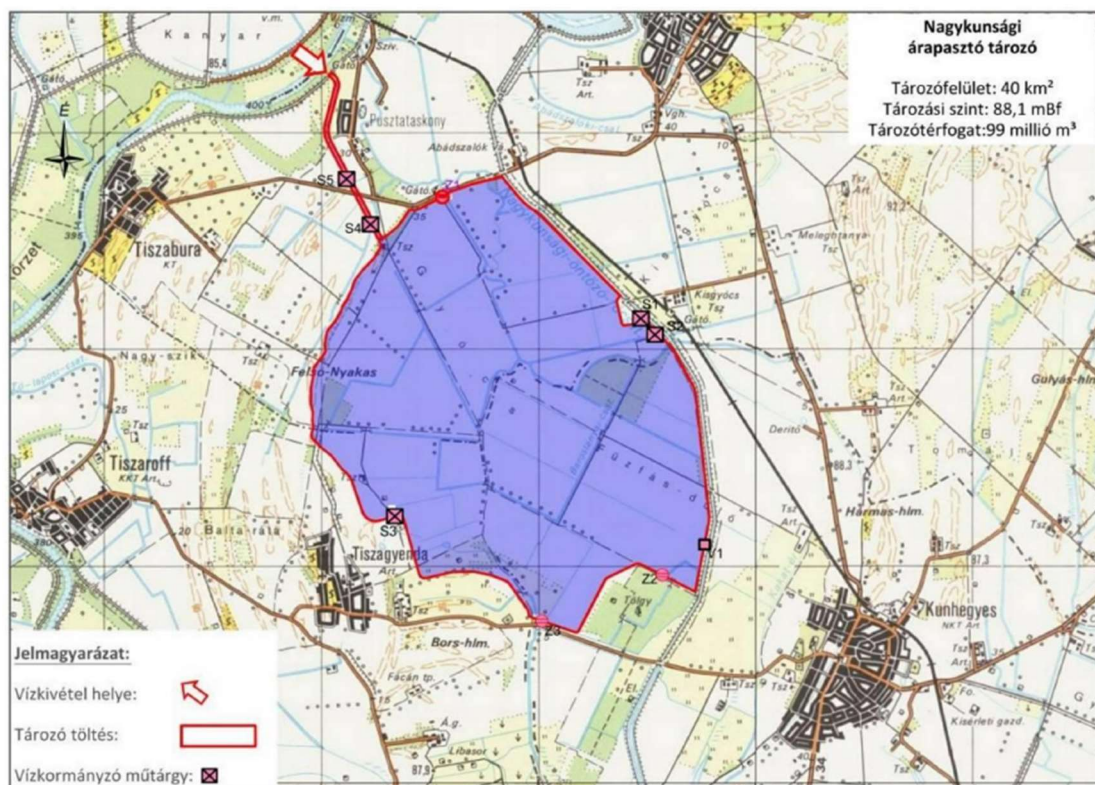
Maximális tározási szint: 88,10 mBf

Tározótöltés koronaszint: 89,10 mBf

Térfogat: ~99 millió m³

Vízfelület: ~40 km²

Átlagos vízmélység: 2,4 m [75; 18. o.]



42. ábra Nagykunsági árapasztó tározó [75; 18. o.]

Tiszaroffi árapasztó tározó

A Közép-Tiszán 2005 szeptemberében kezdődött meg a Tiszaroffi tározó építése (50. ábra), mely átadásra 2009. júliusban került. A tározó a KÖTIVIZIG működési területén, a Tisza bal partján, Tiszaroff, Tiszagyenda és Tiszabó települések között fekszik a 2.82 számú ártéri öblözetben. Határait nyugatról a Tisza bal parti 8,8 km hosszú fejlesztett töltése, a többi irányban pedig 14,2 km hosszúságú új töltés és két rövid szakaszon magaspárt alkotja. A tározó a 2010. évi árvízhelyzet miatt a tározó 2010. június 10-én megnyitásra került mintegy 60%-os feltöltési szintig. [75; 19. o.]

A tározó főbb adatai

É-i vízkivétel helye: Tisza 379 fkm

MÁSZ a vízkivételi helyen: 90,06 mBf (régi) és 91,68 mBf (új)

D-i vízkivétel helye: Tisza 370,12 fkm

MÁSZ a vízkivételi helyeken: 89,93 mBf (régi) és 91,40 mBf (új)

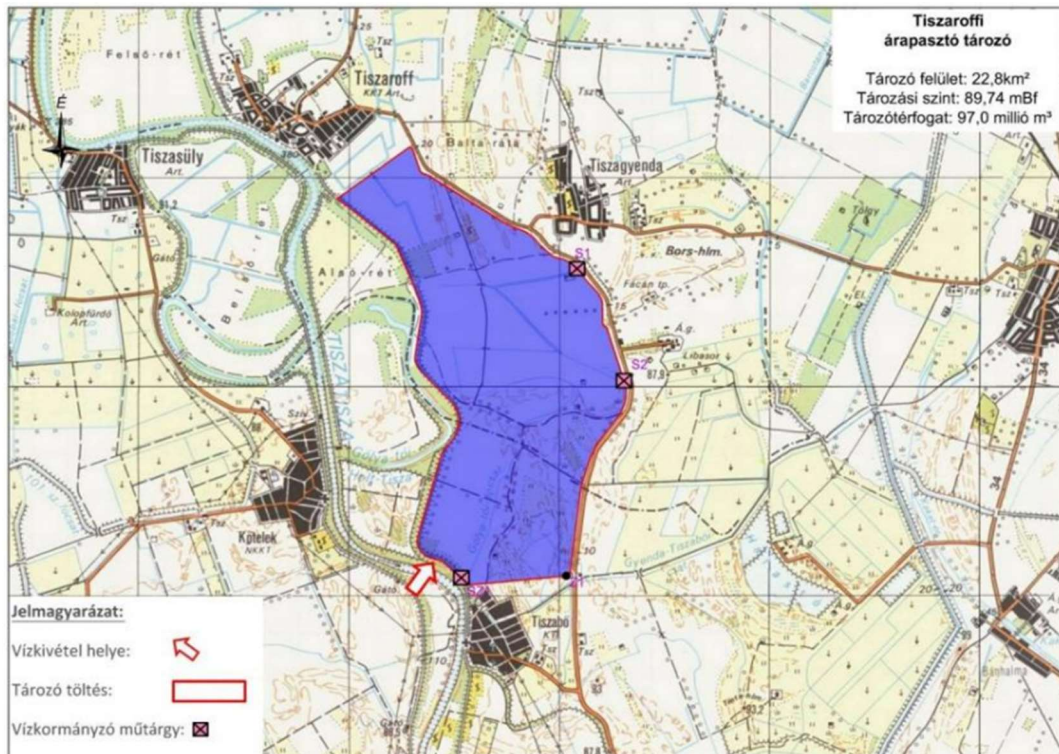
Maximális tározási szint: 89,74 mBf

Tározótöltés koronaszint: 90,94 mBf

Térfogat: 97 millió m³

Vízfelület: 22,8 km²

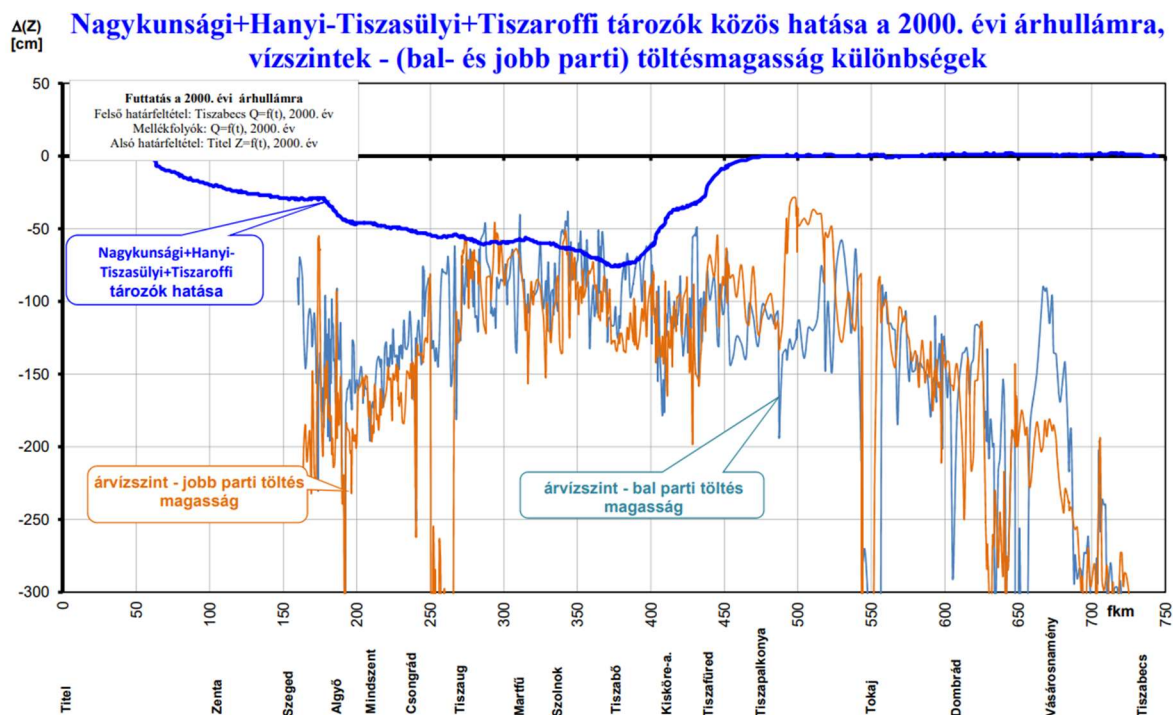
Átlagos vízmélység: 4,3 m [75; 19. o.]



50. ábra Tiszaroffi tározó [75; 19. o.]

A fent részletesen bemutatott Közép-Tiszai tározók megnyitásával (össztérfogatuk 443 millió m³) jelentősen csökkenthetők a Tiszai árvizek tetőzési színtje Szolnok térségében.

A csökkenés hatásának vizsgálatára a 2010-es években sor került a Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság hidrológus szakemberinek közreműködésével. (51. ábra)



431. ábra A Közép-Tiszai VTT tározók együttes megnyitásának hatása a 2000. évi tiszai árhullámra

(forrás: Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság)

Az ábráról leolvasható, hogy a Közép-Tiszai, Nagykunsági, Hanyi-Tiszasülyi és a Tiszaroffi tározó együttes megnyitásából Szolnoknál jelentkező árvízszint csökkenés hatása eléri a 70 cm-t.

6.3. A humán védelmi képességének bemutatása, több, egyidejű vízár események hatékony kezelésének humán erőforrás igénye

Az ágazat jelenlegi védekezési képességének megítélését egy 2020-ban elvégzett vizsgálatom alapján mutatom be, melyet korábbi 2006-os (Duna-Tisza), a 2010-es (Sajó-Hernád), valamint a 2013-ban a Duna rendkívüli árvize során felmerült egyidejű maximális létszámgigény alapján végeztem el. A valós szituációk adataira épülő létszámgigényeket az alábbi táblázatban foglaltam össze. A táblázatos kimutatásban (52. ábra) a felsőfokú végzettséggel rendelkező műszaki irányítók számát szemléltettem:

	Védelmi szakasz /gátórjárás		Létszám-igény	Nyílt ártérrel rendelkező települések száma	Létszám-igény	Összes létszám (védelmi szakasz és település)	Rendelésre álló létszám (2020)
2006 Duna-Tisza	53	201	603	159	477	1080	1041 fő, ebből megfelelő képzéssel rendelkező 625 fő
2010 Tisza-Sajó	33	176	528	54	162	690	
2013 Duna	21	63	609	52	156	765	

44. ábra A jelenlegi műszaki irányítói létszám adatai alapján
(készítette: a szerző)

A vízügyi ágazat jelenlegi védelmi képességét figyelembe véve egy esetleges III. fokú Tiszai, vagy Dunai árhullám levonulása esetén, a nem védekező Vízügyi Igazgatóságok részéről a szükséges átvezényléssel, a védekezés kezelhető.

Egy Dunai és egy Tiszai árhullám – III. fokú készülségi szint – egyidejűsége esetén már nem biztosítható a kellő védekező létszám. Felmértem a Vízügyi Igazgatóságok körében a védekező személyzet szakmai felkészültségét, tapasztalatát.

Kimutatható, hogy a védekezési gyakorlattal rendelkezők aránya alacsony (kb. 60%). Ez az érték 2016-ban még 65% volt.

A Vízügyi Igazgatóságok tekintetében az árvíz-, és belvízvédelmi szakaszokon a védelemvezetők számát tekintve 30%-os a szakember hiány. A védelemvezetők 85%-a rendelkezik felsőfokú végzettséggel. Vagyis a szükséges védelemvezetői posztok 60%-ra tudunk jelenleg megfelelő képességekkel rendelkező szakembert biztosítani.

A gát-, és csatornaőr állományt vizsgálva kijelenthető, hogy országosan 10%-os a szakember hiány. Az őri személyzetnek csak 60%-a rendelkezik középfokú végzettséggel.

Emiatt országos viszonylatban a védelmi szervezeti beosztásokban kb. 60 fő védelemvezetőnek és 100 fő őrnek van többes beosztása (több védelmi szakaszon van operatív védekezési feladata), melyet egy minősített helyzetben egyszerre nem tud ellátni.

Véleményem szerint az ágazat és így az árvíz elleni védelem sikerességének egyik legnagyobb kihívása a szakemberek megfelelő pótlása. A kellő gyakorlati tapasztalat megszerzése, főleg ilyen árvíz mentes időszak után csak a védekezési gyakorlatok során szerezhető meg.

Megvizsgáltam, hogy az ágazatnak van-e erre a problémára megfelelő válasza, a továbbiakban ezt fogom részletesen bemutatni.

6.4. Árvízvédelmi gyakorlópálya bemutatása és szerepe az ágazati szakember utánpótlásban

Hazánkat fokozottan érintő klímaváltozás következtében tendenciaszerűen egyre magasabb vízszintek mellett levonuló árhullámok szükségessé teszik a védekezési tevékenység gyors és precíz végrehajtását.

A jelenségek próbára teszik a szakemberek felkészültségét. Ezt csak megfelelően – elméletben és gyakorlatban – felkészült védekező személyzet tudja elvégezni, hiszen ők tudják a segéderőt megfelelően irányítani.

A gyakorlati oktatás bázisaként valósult meg a magyarországi vízügyi szakágazatban a Karcagi Gábor Árvízvédelmi Gyakorlópálya (53. ábra) az „Árvízvédelmi védvonalak mértékadó árvízszintre történő kiépítése, védvonalak terhelésének csökkentése a Közép-Tiszán a Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság működési területén” című, KEHOP-1.4.0-15-2015-00008 azonosító számú projekt keretein belül.

A Karcagi Gábor Árvízvédelmi Gyakorlópályán végrehajtható gyakorlat célja, hogy a képzésben résztvevők számára elméleti áttekintést és gyakorlatorientált képzés keretében alkalmat biztosítson a töltéskoronát meghaladó és a töltés testét támadó árvizek elleni védekezési módszerek esetében a tervezési, szervezési és irányítási feladatok elsajátításához, egyéb árvízi jelenségek elleni védekezési módok gyakorlására a védekezési időszakon kívül.

A pályán a résztvevők megismerhetik a homokzsákból épített nyúlgát, pallómeztámasztással épített nyúlgát, raklapokból épített mobilgát és IBS rendszerű mobil elemekből épített árvízvédelmi fal, az egyhornyos megoldással történő kulissza elzárás kiépítésének, valamint a réteg és talpszivárgás elleni teendők végrehajtásának célját, szükségességét, a bontás megkezdésének optimális időpontját, valamint az ezekhez kapcsolódó tervezési, szervezési és irányítási folyamatokat.

A gyakorlatok keretei között továbbá elsajátíthatják a feladatokhoz kapcsolódó pontos műszaki megoldások meghatározását, a szükséges anyagigények, eszközigények meghatározását, a munkafolyamatok megszervezését, illetve begyakorolják a megfelelő védelmi biztonság érdekében a létszámszükséglet összehangolását a rendelkezésre álló idővel.

Főbb paraméterek:

Hatszög alakú töltés átmérő:	31 m
Töltéskorona szélessége:	5 m
Töltés rézsú:	külső: 1:3, belső 1:2
Töltéskorona hossza:	123,6 m
Medence tér:	1200 m ³



45. ábra Milléri Karcagi Gábor gyakorlópálya madártávlatból
(forrás: Országos Vízügyi Főigazgatóság)

A gyakorlópálya Szolnok külterületén, a Milléri Szivattyútelep, Oktatási és Szabadidőközpont mellett helyezkedik el. A tanpálya legfontosabb létesítménye az egyedi, hatszög alakú árvédelmi töltés, ahol a vízteret egy vasbeton fal választja két víztestre. A fal felső részén egy korláttal ellátott járófelület szolgál a gyakorlatok irányítására, illetve itt kapott helyet a mágnesszelepek működtető modul. A pályát kisebb övgát és egy övcsatorna veszi körbe. Az árvízi jelenségeket elektromos szelepek és a medencében található víz segítségével lehet előidézni, szimulálni. [76]

Nem közvetlen védekezési tevékenység, ugyanakkor a legtöbb esetben annak elválaszthatatlan része az éjszakai világítás biztosítása. A gyakorlópálya jellegéből fakadóan lehetőség nyílik a

sötétedést követő munkavégzés elsajátítására is, amely többnyire fénytornyok és vonalvilágító egység felállításával valósult meg.

A gyakorlópályán az alapvető árvízkarok elleni védekezés gyakorlati elsajátítására nyílik lehetőség, az építési és a bontási munkálatokat is beleértve.

A gyakorlópálya felhasználása érdekében oktatási tematika dolgozott ki az ágazat, amely során valóság-hű körülmények között lehet az árvízvédelmi feladatokat gyakorolni. Ebben a munkában is volt szerencsém részt venni.

Összefoglalóan elmondható, hogy a milléri gyakorlópálya nagy segítséget nyújt a szakember utánpótlás elősegítésében és véleményem szerint az utóbbi pár évtized legnagyobb erőforrásbeli fejlesztése volt, ami közvetlen kihatással van hazánk árvíz elleni védelmére.

6.5. Honvédelmi képességek szerepe a hazai vízkárelhárításban

A Magyar Honvédség (továbbiakban: MH) szerepe a hazai vízkárelhárításban az igénybe vehető humán erőforrás állománya és technikai felkészültsége miatt megkérdőjelezhetetlen. Kijelenthető, hogy a honvédelmi képességek kiegészítik a vízügyi szolgálat képességeit. Az együttműködés mindig szakszerűen és jól működött, példa erre a hazai vízfolyásainkon levonuló több, az eddigi mért legnagyobb vízállást meghaladó árvízi védekezés és a folyóinkon történt jég elleni védekezés is.

Kijelenthető, hogy a honvédség szerepe megkérdőjelezhetetlen a hazai vízkárelhárításban. A katonai erő igénybevétele az árvizek elleni védekezésben hosszú múltra tekint vissza.

Az 1838. márciusi jeges árvíz Pesten 2281, Budán 204 és Óbudán 397 házat döntött romba. A három városban ezen kívül 1363 házat rongált meg, majd végig pusztítva a Duna menti falvakat további ezer házat tett tönkre. A kitelepítettek jelentős részét a Ludovikán helyezték el, melynek emlékét a mai napig márványtábla őrzi.

A jeges árvíz kialakulásának lehetősége már december közepén látszott, de az ellen való védekezés teljesen hatástalannak bizonyult. Ez volt az első eset, hogy a jeget robbantással próbálták megbontani. A Gellért-hegy alatti folyószakaszon március elején megállt a jég. Közismert, hogy ágyúlövésekkel jelezték a veszélyt, de arról, hogy kútsőbe töltött puskaporral kísérelték meg a jeget szétrombolni, csak a szépirodalom tesz említést (Jókai Mór: Kárpáti Zoltán). A puskapor gyújtását egy vékonyabb vascsőbe húzott kanóc segítségével indították volna, de az félóra várakozást követően sem sikerült. [77]

A következő évtizedek is tartogattak hasonló feladatokat a katonáknak. Gyakran volt szükség a szaktudásukra az árvízi mentésben, a jégtorlaszok robbantásában egyaránt, de az első komoly igénybevételt az 1879-es szegedi árvíz jelentette. [78]

Az elvégzett feladatok rendkívül széles körre – töltéserősítés, szádfalazás, cölöpverés, nyúlgátépítés, homokzsáktöltés, nyomógát építés, buzgárok elfogása, földkitermelés és szállítás, útkarbantartás, robbantási munkák, munkahelyek éjjeli megvilágítása, állatállomány és termények mentése, szállítása, a kitelepített, mentett személyek ideiglenes elhelyezésére nagyméretű sátrak átadása, repülőgépről történő megfigyelés, felderítés és bombázás – terjedtek ki. [77]

Az elmúlt évtizedek védekezések utáni értékelései egyetértenek abban, hogy a Magyar Honvédség igénybevétele, különleges eszközparkja és felkészültsége, szervezettsége, fegyelme és munkabíró képessége miatt elengedhetetlen a rendkívüli árvízhelyzetekben végzett védekezések során.

Napjainkban a honvédelmi képességek vízkárelhárításban történő bevonásának jogszabályi keretét a 2011. évi CXIII. törvény a honvédelemről és a Magyar Honvédségről, valamint a különleges jogrendben bevezethető intézkedésekről szabályozza. A 36. § (2) a. pontja tartalmazza a Magyar Honvédség közreműködését a katasztrófavédelemmel összefüggő feladatok végrehajtásában. Kijelenthető, hogy a Magyar Honvédség szerepe a hazai vízkárelhárításban szervezett és pontosan meghatározott. [79]

A következőkben be fogom mutatni a Magyar Honvédség utolsó komoly, egész országra kiterjedő árvízvédelmi védekezésbe történő bevetését és ennek tapasztalatait. Ezért, fontosnak tartom az árvízi helyzet kialakulásának és a vízkárelhárítás során megtett fontosabb beavatkozások bemutatását annak érdekében, hogy az összegzett tapasztalatokat ezek fényében, objektíven meg tudjam tenni.

Mielőtt rátérnék a 2013.évi dunai árvíz hidrológiai – hidraulikai jellemzésének és ezzel kapcsolatban a Magyar Honvédség tevékenységének és képességeinek bemutatására, fontosnak tartom kiemelni, hogy a vízkárelhárítás országos irányításának szervezeti és működési szabályzatáról szóló 7/2012. (II. 10.) BM utasítás szerint katasztrófaveszély és veszélyhelyzet kihirdetése esetén a védekezés országos irányítását a Katasztrófavédelmi Koordinációs Tárcaközi Bizottság (továbbiakban: KKB) az Országos Műszaki Irányító Törzs (továbbiakban: OMIT) útján látja el. [80]

Május végén Közép- és Nyugat-Európa fölött több hétig egy alacsony nyomású, hideg léghullám tartózkodott, amely alig mozdult. Az alacsony nyomású területeken hosszabb ideig maradnak fenn a csapadékos időjárást okozó ciklonok, míg a magasnyomású területeken a száraz időjárást meghatározó anticiklonok az uralkodók. A dunai árvizet közvetlenül kiváltó ciklon egy ilyen, heteken keresztül fennmaradó és nem mozduló planetáris hullám alacsony nyomású részén alakult ki. [81]

A Duna 2013-as júniusi árhulláma három fő részből állt össze: a felső-dunai árhullámból, az Inn áradásából, valamint a felső-ausztriai mellékfolyók árhullámaiból. Ezek a közel egyidőben lehullott, az árhullámokat kiváltó csapadékok – a levonulási időkülönbségek miatt – a Dunán a vízfolyás szerinti távolságnak megfelelő időeltolódással (1-1 nappal) terhelték a Duna vízhozamát. [82; 136. o.]

A júniusi árhullám levonulása során Magyarország összes dunai vízrajzi törzsállomásán mért tetőző vízállás – Mohács kivételével – felülmúlta a megelőző időszak addig mért legmagasabb vízállásait, vagyis mindenhol új valaha mért legmagasabb vízszintek (továbbiakban: LNV) alakultak ki. [82; 137. o.]

A következőkben szeretném bemutatni a Magyar Honvédség vízkárelhárítási munkáit a 2013. évi rendkívüli dunai árvízzel kapcsolatban.

A Honvéd Vezérkar főnöke (HVKF) a május 31-én kiadott intézkedésében rendelkezett a Honvédelmi Katasztrófavédelmi Rendszer (továbbiakban: HKR) vezető szerveinek, az árvízi védekezési feladatokra bevonható munkacsoportok pontosítására, valamint elrendelte további bevonható erők és eszközök felmérésének végrehajtását 2013. június 3-i határidővel.

A beérkezett jelentések feldolgozását követően kiadásra került az intézkedés, amely további pontosítások végrehajtását rendeli el, különös tekintettel az árvízi védekezésbe bevonható speciális műszaki eszközökre, amelyet a vízügyi ágazat kért a vízkárelhárításban történő segítségnyújtás miatt (PTSZ-M közepes úszó szállító jármű, KD-84 könnyű deszant készlet, rohamcsónak, gumicsónak).

A HM közigazgatási államtitkára a honvédségi erők lehetséges igénybevételének első jelzését követően, a 45/2013. HM KÁT intézkedéssel 2013. június 3-án 09.00 órai hatállyal elrendelte a HKR egyes vezető elemeinek aktivizálását, majd a bevonható erők hatályát még aznap kiterjesztette az önkéntes tartalékos állományra.

2013. június 3-án a honvédelmi miniszter kibocsátotta az árvízvédelmi erők kirendeléséről szóló 47/2013. számú intézkedését, melyben engedélyezte az MH árvízvédelemmel összefüggő feladatokra történő, egyidejűleg 200 főt meghaladó igénybevételét. 2013. június 05-én 14.00 órakor a kirendelt és készenlétben lévő állomány létszáma elérte a 3.000 fős létszámot, ezért a honvédelmi miniszter erről az Országgyűlés Honvédelmi és Rendészeti Bizottság elnökét tájékoztatta.

Ezután HVKF pontosította az MH árvízvédelmi feladatait 8000 fős keretlétszám meghatározásával és a HKR-be történő bevonás lehetőségének megadásával. Az MH fő erőkifejtését az élet-és vagyonmentésre, a fő-, és önkormányzati védvonalakon a védművek megerősítésére helyezte, amelyet előzetesen az Országos Műszaki Irányító Törzsszel egyeztetett.

A Kormány által 2013. június 4-én 12 órától elrendelt veszélyhelyzet kihirdetését követően az OMIT prognózisának és igényeinek figyelembevételével a HVKF kiadta a műveleti elgondolását a 2013. tavaszi árvízi védekezés feladatainak végrehajtására. Ezen elgondolás tartalmazta az MH várható feladatait, a műveleti körzeteket, a kijelölt bázislaktanyákat, valamint az érintett szervezeteket. Rendelkezett a művelet támogatásának feladatairól, az önkéntes műveleti és védelmi tartalékosok árvízvédelmi feladatokra történő behívásáról, a vezetés és együttműködés rendjéről. Elrendelte az ország keleti felében lévő honvédségi erők és speciális technikai eszközök áttelepítését (4 db Mi-8/17 típusú helikopter, 12 db PTSZ-M lánctalpas úszógépjármű) a veszélyeztetett szakaszokra, az egyes katonai szervezeteknél megalakítandó képességek biztosítása érdekében intézkedett a szabadságon lévő katona állomány szükséges mértékben történő visszarendelésére, illetve a végrehajtandó kiképzések, később az oktatás felfüggesztésére.

A veszélyhelyzetre, illetve az árvízi veszély elhárításában közreműködő légi járművek zavartalan repülése érdekében a Nemzeti Közlekedési Hatóság Légügyi Hivatal 2013. június 6-tól a légtér igénybevételét mások számára korlátozta.

Az MH erők katasztrófavédelmi alkalmazására 2013. június 3-tól kezdődően a fővárostól és a megyei védelmi bizottságoktól 58 igény, az OMIT-tól 15 igény, a KKB NVK-tól, BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóságtól, az Országos Mentőszolgálattól, és az Országos Rendőr-főkapitányságtól 9 igény, mindösszesen 82 igény érkezett. Az igények alapvetően az MH védelmi és romeltakarító kézi munkacsoportjainak, szállító járműveinek és speciális technikai eszközeinek lehívására vonatkoztak.

A védekezésbe bevont erők kirendelésével egy időben végrehajtásra került az önkéntes tartalékos állomány behívása, és a 2013. június 5-ével kezdődően történő alkalmazása során összesen 1.404 fő vett részt a védekezésben.

Az MH a védekezés időszakában az alábbi feladattípusok végrehajtásában vett részt:

- kézi megerősítési munkálatok
 - homokzsáktöltés;
 - bordás megtámasztás elkészítése;
 - szelvény megerősítés;
 - szelvénymagasítás;
 - nyúlgátépítés;
 - lokalizációs vonal kiépítése;
- helikopteres beemelési feladatok;
- lánctalpas úszógépjárműves szállítási feladatok;
- bűvár feladatok;
- ellenőrzés, figyelés, járőrözés;
- elhelyezési- és fektetőanyag biztosítása a kitelepített lakosság részére;
- légi felderítés, légi felvételek készítése, légi járőrözés (pilóta nélküli repülőeszköz - SUAV - alkalmazásával).

Az MH a fő erőkifejtést több mint 9600 fő igénybevételének tervezésével négy körzetre összpontosította:

1.sz. körzet: Győr-Moson-Sopron megye;

2.sz. körzet: Komárom-Dömös közötti védekezési szakasz;

3.sz. körzet: Dömös-Budapest déli határa közötti védekezési szakaszok;

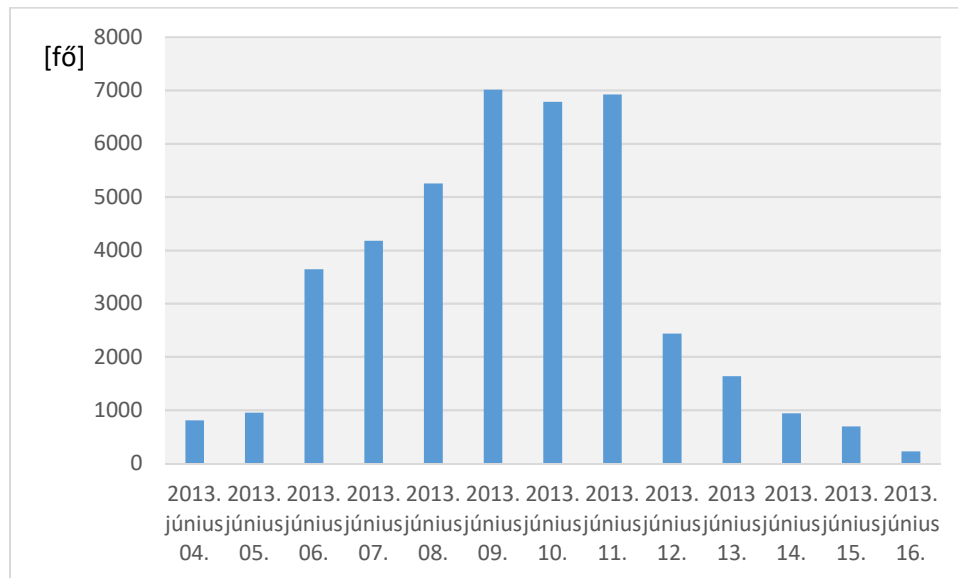
4.sz. körzet: Kalocsa-Baja és Decs-Báta közötti védekezési szakaszok.

A feladat végrehajtás során 2013. június 9-én volt a legnagyobb létszám, 7011 fő bevetve a védekezési feladatokba és további 1900 fő állt rendelkezésre a bázislaktanyákban.

A HM közigazgatási államtitkár a HKR egyes vezetői elemeinek részleges aktivizálását 2013. június 17-én 08.00 órától megszüntette, melyet követően az MH árvízvédelmi feladatokra kirendelt erői visszatértek béke elhelyezési körleteikbe.

A védekezéshez szükséges humán erőforrás biztosítása

Az MH aktív és tartalékos személyi állományából napi bontásban az MH Katasztrófavédelmi Operatív Törzs 06.00 órás jelentései alapján, az 54. ábrán látható létszámok kerültek bevonásra.



46. ábra MH humán erőforrás bevonása [83; 60. o.]

A védekezéshez szükséges logisztikai támogatás bemutatása

A védekezési feladatokra kirendelt állomány logisztikai támogatása a belső szakmai szabályozókban és intézkedésekben meghatározottak alapján került végrehajtásra, mely szerint a logisztikai támogatás fő erő kifejtése:

- az előkészítés időszakában a kijelölt technikai eszközök felkészítésére, a személyi állomány védőfelszerelése biztosítására, a kijelölt bázislaktanyák logisztikai megerősítése megszervezésére és a szükséges átcsoportosítások megtervezésére;
- a végrehajtás időszakában a bázislaktanyák és bázisobjektumok logisztikai megerősítésére, a szükséges eszközök és anyagok átcsoportosítására, valamint a személyi állomány ellátására irányult.

A logisztikai támogatási rendszer a bázislaktanyák (békében élő, működő logisztikai rendszerrel rendelkező) és a védekezési körzetekben berendezett bázis objektumok rendszerére épült, megfelelő módon koncentrálna a szükséges logisztikai képességeket.

A Magyar Honvédség a logisztikai támogatásának megszervezésekor kiemelt figyelmet fordított az önkéntes tartalékos állomány felszerelésének biztosítására, ellátásának megszervezésére és a védekezési körzetbe történő átcsoportosítására.

A védekezés időszakában a honvédség teljes logisztikai képességét felhasználva,– a védekezésben nem érintett katonai szervezetek béke ellátása biztosítása mellett – 5 Táborig Ellátó Csoport került megalakításra és átcsoportosításra a kijelölt bázislaktanyákba, illetve bázisobjektumokba. A védekezési feladatok logisztikai támogatását, mintegy 750 fő hajtotta végre.

A korábbi védekezések tapasztalatai alapján kialakított, bázislaktanyákra épülő logisztikai támogatási rendszer maradéktalanul biztosította az állomány ellátását, az Önkéntes Tartalékos katonák felszerelésének kiadását, a védekezéshez szükséges technikai felszerelések, eszközök átcsoportosítását és alkalmazását, amely alapvetően hozzájárult a feladatok sikeres végrehajtásához.

Az Magyar Honvédség az árvízvédekezési tevékenysége során felhasznált erőforrás

Az MH a Duna teljes vonalán 8466 fő helyszíni alkalmazásával, 4 védekezési körzet kijelölésével, 28 helyszínen hajtott végre gátmegerősítéssel kapcsolatos légi-, szárazföldi és víz alatti munkálatokat. Az MH lánctalpas úszógépjárművek, földi, vízi és légi eszközök, képességek alkalmazásával szállítási, ellenőrzési, figyelési, járőrözési, elhelyezési, légi felderítési és fektető anyagok biztosításával támogatta a védekezést.

Az MH technikai eszközeiből napi bontásban az MH Katasztrófavédelmi Operatív Törzs 06.00 órás jelentései alapján a 8. táblázatban felsoroltak kerültek bevonásra.

	Alkalmazott technikai eszközök megnevezése és mennyisége			
	PTSZ-M	MI 8/17 helikopter	gépjármű	összesen
2013. június 4.	2		80	82
2013. június 5.	8	4	121	133
2013. június 6.	8	4	292	304
2013. június 7.	12	4	410	426
2013. június 8.	12	4	450	466
2013. június 9.	12	4	841	857
2013. június 10.	12	4	530	546
2013. június 11.	8	4	721	733
2013. június 12.	8		40	48
2013. június 13.	4		40	44
2013. június 14.	4		8	12
2013. június 15.	4		8	12
2013. június 16.			13	13
2013. június 17.			13	13

8. táblázat Alkalmazott technikai eszközök a MH állományából [83; 62. o.]

Az MH árvízi védekezésbe bevont állománya összességében 1.591.116 munkaórát teljesített. A technikai eszközök mintegy 493.000 kilométert tettek meg az árvédekezés végrehajtása

során. Az MH helikopterei 192 felszállással 101 óra repülési idővel, 1100 beemeléssel a bűvárcsoportok 737 merült óra teljesítésével járult hozzá a feladatok sikeres végrehajtásához.

Az árvízi mentésben mintegy 800 db gépjármű-technikai eszköz, 24 db PTSZ-M lánctalpas úszó gépjármű, 4 db MI-8/MI-17 szállító helikopter vett részt. [83]

A honvédelmi képességek bevonásának értékelése

Az MH a végrehajtás során hatékonyan és eredményesen tett eleget valamennyi honvédségi erő alkalmazására vonatkozó igénynek.

A honvédségi közreműködés hatékonyságának alapja az alkalmazásra vonatkozó, pontosan, jogszerűen és időben megfogalmazott külső igény volt. A végrehajtás során a helyzet gyors változása következtében a vezető szervek részére kiemelt feladatot jelentett a hatékony koordináció, melynek biztosításában jelentős szerepet játszottak a megyei és helyi védelmi bizottságoknál tevékenykedő honvédelmi referensek és elnökhelyettesek, valamint a védekezést vezető szerveknél és az OMIT-nál működtetett összekötői rendszer.

A védekezési feladatok hatékony, koordinált végrehajtását nagymértékben elősegítette a védekezés kezdetén meghozott döntés, amely az országos szakmai irányítás rendjét a vízügyi ágazathoz rendelte.

Kijelenthető, hogy a MH vezetési és szervezeti szinten teljes körűen fel volt készülve az árvízi védekezés feladataiban való közreműködésre és a védekezésbe bevont társszervezetekkel történő együttműködésre.

Véleményem szerint a jövőben is célszerű a védekezés irányítási rendjének, a törzsek és munkacsoportok hatáskörének, felelősségének helyzethez igazított, egyértelmű meghatározása a védekezés korai szakaszában.

6.6. Az árvízi terhelést csökkentő fejlesztések kockázatcsökkentő hatása

Ahogy arra az 5.4. fejezetben is utaltam számításaimat ebben a fejezetben részletezem, mivel a három védekezési lehetőség (töltésfejlesztés, árvízi szükségtározás, operatív védekezés) együttes bemutatásával tudom bizonyítani a kockázat alapú árvízvédelmi szint meghatározás költséghatékonyságát.

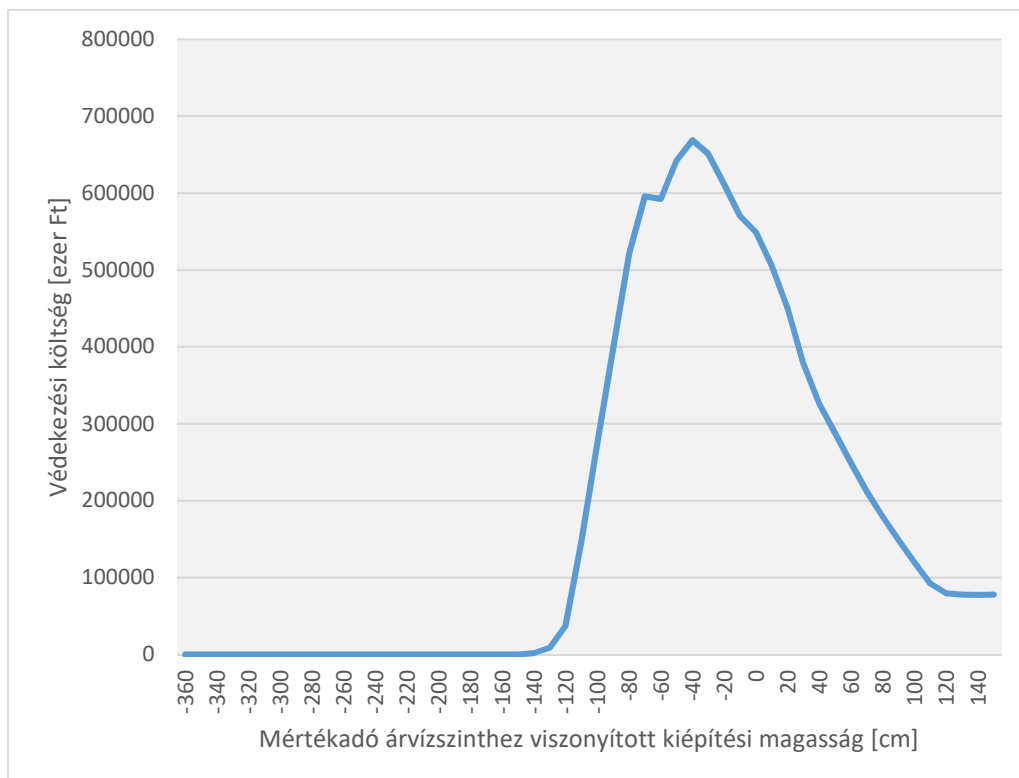
Számításaimat a 3.2.2. fejezetben részletesen bemutatott árvízi veszély és kockázati térképek felhasználásával végeztem el.

Vizsgálataimat a hatályos mértékadó árvízszinthez [58] viszonyított 10 cm-es léptékekben végeztem el a MÁSZ-360 cm – MÁSZ+150 cm-es tartományon.

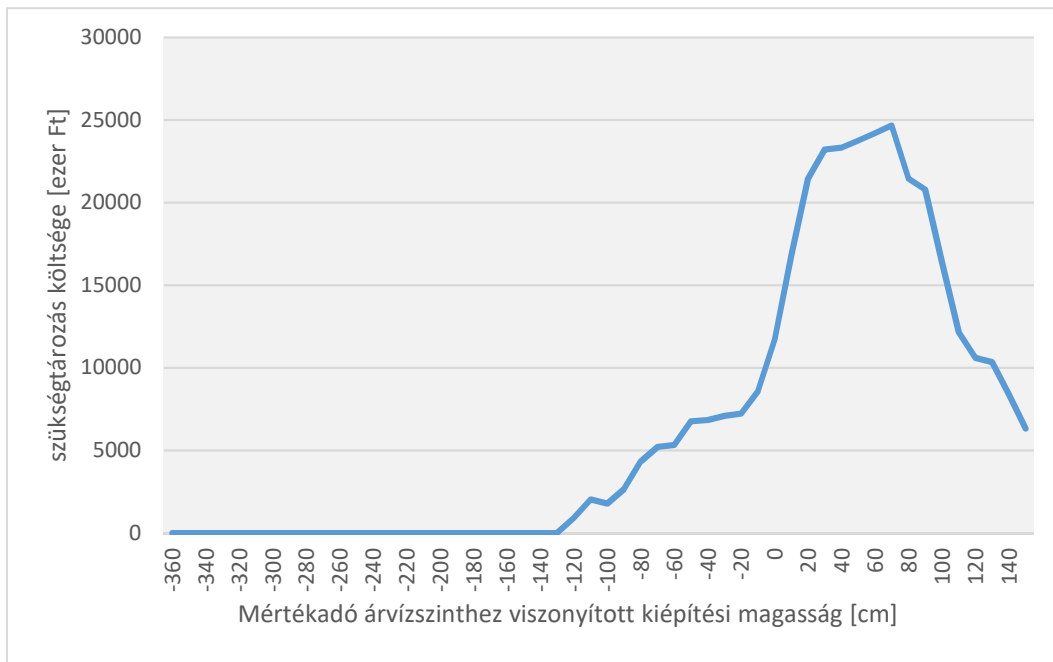
A számításom lényege az, hogy minden egyes 10 cm-es léptékhez megvizsgáltam azt, hogy a töltésfejlesztés, védekezés és szükségtározás milyen kombinációjával lehet elérni a kívánt szintet úgy, hogy annak bekerülési költsége legyen minimális a hozzá tartozó mentett oldali kockázatcsökkenést figyelembe véve.

A beavatkozások költségeinél az elmúlt 10 év védekezéseit és töltésfejlesztéseit vizsgáltam, abból határoztam meg a bekerülési költségeket. A szükségtározás költségeinél a Tisza üzemirányítás projektben alkalmazott költségbecslést alkalmaztam.

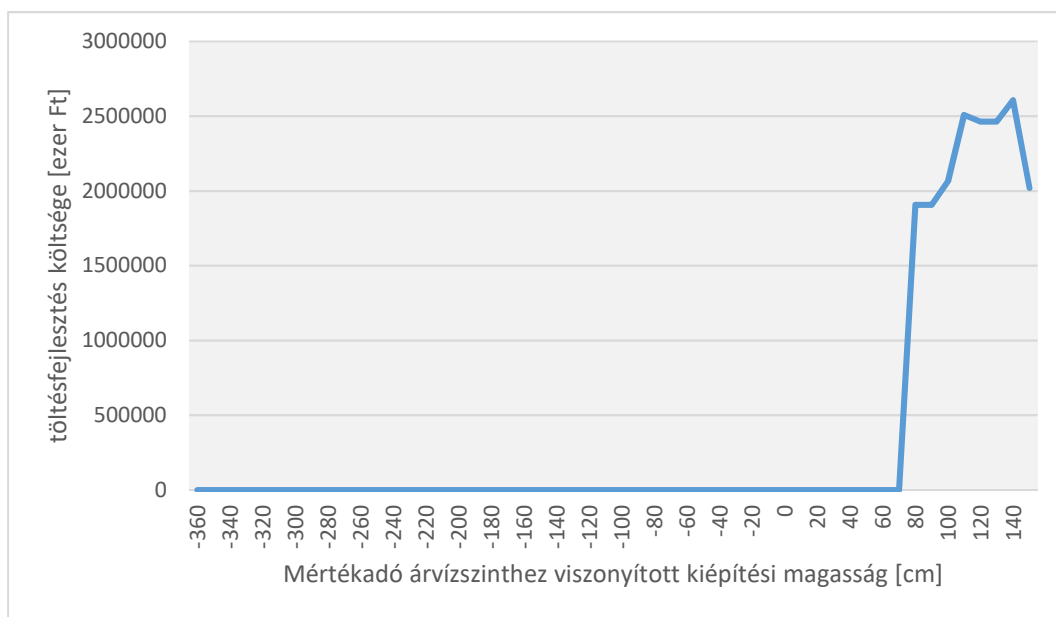
A számítás során a célkitűzésem az volt, hogy az adott szint eléréséhez tartozó bekerülési költség és a mentett oldali, öblözeti maradó kockázat legyen minimális. Ehhez vizsgáltam a szint eléréséhez vezető legköltséghatékonyabb utat.



55. ábra A szolnoki ártéri öblözet védekezési költségei (ezer Ft) a mértékadó árvízszinthez viszonyítva
(készítette: a szerző)



56. ábra A szolnoki ártéri öblözet szükségtározási költségei (ezer Ft) a mértékadó árvízszinthez viszonyítva
(készítette: a szerző)

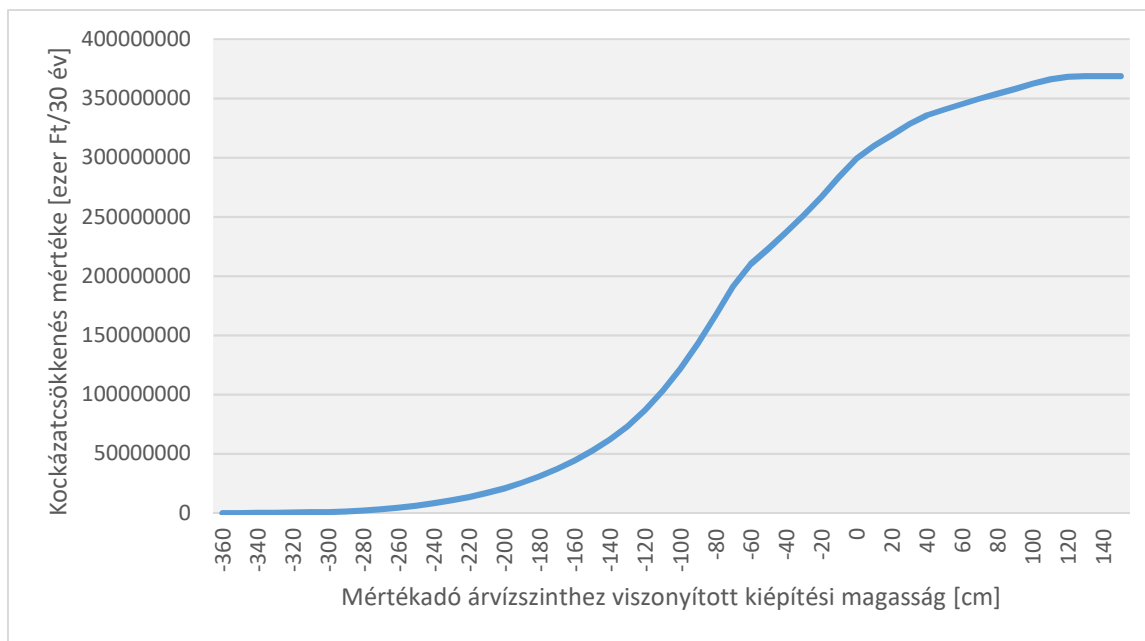


57. ábra A szolnoki ártéri öblözet töltésfejlesztési költségei (ezer Ft) a mértékadó árvízszinthez viszonyítva
(készítette: a szerző)

Az 55-57. ábrák értékelése után megállapítható, hogy a mértékadó árvízszint $\pm 50-70$ cm-es tartományában az operatív védekezés, efölött, tehát M \acute{A} SZ+0-100 cm-es tartományban a

szükségtározás, e fölött pedig már a töltésfejlesztés adódik a legköltséghatékonyabb védekezési megoldásnak a szolnoki ártéri öblözetben.

A fenti szempontok szerint meghatározott védekezési módszerekkel az alábbi mentett oldali kockázatcsökkentést lehet elérni. A kockázat csökkenés mértékét 30 éves időintervallumban vizsgáltam. (58. ábra)



478. ábra Kockázatcsökkenés (ezer Ft/30 év) mértéke a szolnoki ártéri öblözetben
(készítette: a szerző)

Kiszámítottam azt, hogy a 10 cm-es kiépítési magassági értékekhez mekkora az előző szinthez viszonyított maradó kockázatcsökkenés mértéke és a kapott adatok értékelése során megállapítható, hogy a mértékadó árvízszint + 80 cm-es értéke után 1%-on belüli csupán a kockázatcsökkenés mértéke, így az e fölötti szintre történő fejlesztés költséghatékonyasága elenyésző.

Ezek figyelembe vételével meghatároztam azt a szintet, ami esetében az ártéri öblözet először védhetővé válik a töltésfejlesztés, védekezés és szükségtározási beavatkozásokkal.

Ez azt is jelenti, hogy az öblözet teljes védelme szempontjából természetesen a hatályos jogszabályban előírt, magassági biztonsággal megnövelt értékére történő fejlesztés (MÁSZ+120 cm) a hosszú távú cél, viszont a mentett oldali kockázatokat figyelembe vevő árvízszint számítás eredményeképp a jelenlegi MÁSZ+80 cm-es érték adódik költség-kockázat szempontjából az optimális értéknek.

Ezt az értéket véleményem szerint be lehet építeni a jelenleg hatályos jogszabályba (74/2014 (XII. 23) BM rendelet) úgy, hogy a MÁSZ+80 cm-es értéket egy közbenső, rövidtávon elérendő célként határozzuk meg azzal a kikötéssel, hogy a végleges, teljes kiépítést a jogszabályban előírt 100 évente egyszer előforduló árvízhozamból képzett árvízszint jelenti.

6.7. Részkövetkeztetések

1. **Felmértem** a Vízügyi Igazgatóságok körében a védekező személyzet szakmai felkészültségét, tapasztalatát, amely során arra a **következtetésre jutottam**, hogy a szakember utánpótlásra nagyobb hangsúlyt kell fektetni. **Megállapítottam**, hogy a milléri árvízvédelmi gyakorló pályán nagy segítséget nyújt a szakember utánpótlás elősegítésében és véleményem szerint az utóbbi pár évtized legnagyobb erőforrásbeli fejlesztése, ami közvetlen kihatással van hazánk árvíz elleni védelmére.
2. A szolnoki ártéri öblözetre kockázati alapon **meghatároztam** azt a szintet, amely alkalmazása esetében az öblözet rövidtávon védhetővé válik a töltésfejlesztés, védekezés és szükségtározási beavatkozásokkal. A védhetőség fogalma azt jelenti, hogy a szükséges beavatkozások megtételével a mentett oldali kockázat jelentős növekedése nélkül kivédhetőek az árvizek okozta hatások.
3. **Megállapítottam** a 2013. évi rendkívüli Dunai árvízi védekezés példáján keresztül, hogy a vízügyi ágazat védekezési potenciálját technikai és humánerőforrás tekintetében is kiegészítette a honvédelmi képesség.

7. ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK

Doktori értekezésemben részletesen foglalkoztam a hazai vízkárelhárítás legfontosabb és általam legaktuálisabbnak ítélt kérdéseivel. **Rávilágítottam** arra, hogy az éghajlatváltozás okozta szélsőségek növekedése az árvizek előfordulási valószínűségében és a levonuló árhullám magasságában is tetten érhető.

Kutatásom során **megállapítottam**, hogy létezik olyan nemzetközi példa, amely mutatja a hazánkban alakuló, a tervezési szintre vonatkozó paradigmaváltás helyességét.

Számításokkal alátámasztva bizonyítottam, hogy az ártéri öblözeteinket először a tározással, operatív védekezéssel és kockázati alapon meghatározott árvízvédelmi szintre történő töltésfejlesztéssel védhetővé kell tennünk, mivel a szűkös fejlesztési költségeink mellett ez az egyetlen közeljövőben elérhető és hosszú távon fenntartható és a megoldás.

Rávilágítottam és helyszíni mérésekkel bizonyítottam, hogy a lokálisan gyenge szakaszokat kell először detektálnunk és fejleszteni, mert e kritikus helyek felszámolásakor kis fejlesztési költség ráfordításával jelentős mentett oldali kockázatsökkenés érhető el.

Megállapítottam, hogy öblözeti szinten a szükségtározás, operatív védekezés és a töltésfejlesztés kockázatsökkentő hatása számítható, és a három beavatkozás típus megfelelő kombinációjának kiválasztásával elérhető az öblözeti egyenszilárdság és a fejlesztési forrásokhoz társítható maximális mentett oldali kockázat csökkenés.

7.1. Új tudományos eredmények

1. **Javaslatot tettem** jogszabály módosításra, melynek célja, hogy a védekezést a hatályos jogszabállyal ellentétben, a kockázati értékek figyelembe vételével egy közbenső, védhető szint kialakítására (beütemezésére) kell alapozni. **Bizonyítottam**, hogy nem csak országosan, hanem öblözeten belül is priorizálni kell a fejlesztési megoldásokat és forrásokat, amely lehetővé teszi egy gazdaságosan és megnyugtató biztonsági szinten üzemelő árvízvédelmi rendszer kialakítását.
2. Elemzéseimre alapozva **megállapítottam**, hogy az időjárási szélsőségek növekedése miatt hazánk árvízvédelmi rendszerének további, hatékony fejlesztéséhez

paradigmaváltás szükséges, melynek alapját a kockázati értéken alapuló árvízvédelmi tervezés adja.

3. **Megállapítottam**, hogy az Európai Unió Árvízi Irányelve egységesítette a tagállamok árvízi kockázat számítási metodikáját és rámutatott arra, hogy fejlesztéseink tervezésénél nem csak a hidrológiai adatokat kell elemeznünk, hanem azt is, hogy beruházásainkkal milyen mértékű kockázatot tudunk csökkenteni a mentett oldalon. Hazánkban elkezdett út helyességét alátámasztották a nemzetközi tapasztalatok, mely szerint kockázati alapra helyezzük a hangsúlyt fejlesztéseink tervezésekor.
4. Kutatásaimra alapozva **bizonyítottam**, hogy a jövőben alkalmazandó árvízvédelmi fejlesztéseink esetében nem csak a száz évente egyszer előforduló árvízre történő töltésfejlesztést, hanem a szükségtározást, a lokálisan gyenge szakaszokat és az operatív árvízi védekezést is figyelembe kell vennünk, növelve ezzel a védekezés hatékonyságát. Azt is bizonyítottam, hogy a tisztán hidrológiai statisztika mellett szükséges az árvízvédelmi rendszerünkben rejlő biztonsági tartalékaink számszerűsítésére és a védőképességbe történő figyelembe vételére.

7.2. A kutatási eredmények gyakorlati felhasználhatósága

Doktori értekezésemben részletezett kutatási eredmények gyakorlati felhasználhatóságát az alábbiakban foglalom össze:

1. Támogatja a vízkárelhárítás és katasztrófavédelmi szakterület felelős vezetőinek döntéshozatalát, valamint hozzájárulhat a kockázati értéken alapuló árvízvédelmi szintek meghatározásánál a szemléletváltásukhoz.
2. Adatokkal és számításokkal alátámasztott információkat tartalmaz a differenciált árvízvédelmi előírások alkalmazhatóságát tekintve országosan és öblözeti szinten is.
3. Alapul szolgálhat Magyarország árvízvédelmi rendszerének jövőbeni fejlesztéseinek tervezésében.

7.3. Ajánlások

Kutatási eredményeim megfontolását és a mindennapi munkavégzésbe történő beépítését az alábbiaknak ajánlom:

1. hazai vízkárelhárításban dolgozó kollégáknak,

2. vízügyi kutatásokkal foglalkozó oktatási és kutató intézmények oktatóinak, kutatóinak és hallgatóinak,
3. önállóan védekező települések polgármestereinek és műszaki kollégáinak,
4. az Országos Vízügyi Főigazgatóság és a Vízügyi Igazgatóságokon dolgozó, árvízvédelmi fejlesztések meghatározásával foglalkozó kollégáinak.

7.4. További kutatási javaslatok

További kutatási téma javaslataimat a Nemzeti Vízbiztonsági és Víz tudományi Labor program részeként elindult kutatási alprojektben végzem.

Az alprojektben kollégáimmal arra keresem a választ, hogy mik a kockázat alapú tervezés szociológiai hatásai. Kiemelt figyelmet fordítunk arra, hogy a folyó két partján elhelyezkedő artéri öblözetek eltérő kiépítési szintjei milyen társadalmi fogadtatásban részesül. Véleményem szerint a szociológiai kutatás után az általam javasolt jogszabály módosítás időszerű lesz.

8. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Kvassay Jenő: Vizeinkről, Légrády testvérek, Budapest 1875, 5-118. oldal.
- [2] Pálfai Imre: Belvizek és aszályok Magyarországon, Hidrológiai tanulmányok, Budapest 2004, 1-433. oldal.
- [3] Ligetvári Ferenc: A vízgazdálkodás alapjai. Árvízmentesítés. Szent István Egyetem, 2011.
- [4] Global Water Partnership szótár, URL: <https://www.gwpszotar.hu/> Letöltés ideje: 2020. 02. 12.
- [5] Kvassay Jenő Terv, Nemzeti Vízstratégia, Országos Vízügyi Főigazgatóság, Budapest 2015, URL: https://www.vizugy.hu/vizstrategia/documents/CE3BFF09-6D1B-4C8F-88B3-CDF70D2AF133/KJT_151120.pdf Letöltés ideje: 2019. 08. 02.
- [6] Az Európai Parlament és a Tanács 2007/60/EK Irányelve (2007. október 23.) az árvízveszélyek értékeléséről és kezeléséről.
- [7] Egyesült Nemzetek Szervezete Fenntartható Fejlődési Keretrendszere és Fenntartható Fejlődési Céljai URL: <https://ensz.kormany.hu/agenda-2030> Letöltés ideje: 2020. 01. 14.
- [8] Fundamentals of flood protection, Expertise Netwerk Waterveiligheid, 2016, URL: [grondslagenen-lowresspread3-v_3_1.pdf](https://www.waterveiligheid.nl/grondslagenen-lowresspread3-v_3_1.pdf) Letöltés ideje: 2022.12. 07.
- [9] Kuti Rajmund, Nagy Ágnes: Weather Extremities, Challenges and Risks in Hungary, AARMS, XIV. évfolyam 4. szám, 2015, 299-305. oldal, URL: http://archiv.uni-nke.hu/uploads/media_items/aarms-vol-14_-issue4_-2015.original.pdf Letöltés ideje: 2018. 06. 01.
- [10] Daniel Bachmann - Shahin Khosh Bin Ghomash - Roman Schotten: Neue Entwicklungen in der Hochwasser-risikoanalyse: Niederschlagsgeneratoren und kritische Infrastrukturen, Wasserwirtschaft, 2021, 32-37. o., 2021.
- [11] Frank Ahlhorn - Helge Bormann: Entwicklungsmöglichkeiten des Hochwasserschutzes im Küstenraum – Risiko oder Sicherheit?, Wasser und Abfall, 26-30. o., 2015.

- [12] Második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia, Innovációs és Technológiai Minisztérium, 2018, URL: https://nakfo.mbfisz.gov.hu/sites/default/files/files/N%C3%89S_Ogy%20%C3%A1lltal%20elfogadott.PDF Letöltés ideje: 2019. 12. 18.
- [13] Nováky Béla: Az éghajlatváltozás vízgazdálkodási hatásai, In: Somlyódy, L. (szerk.): A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest 2002, 75-106. oldal.
- [14] Nagy László: Árvízvédelmi kockázat az árvízvédelmi gát tönkremenetele alapján, doktori (PhD) értekezés, Budapest 2005.
- [15] Nagy László: Árvízi kockázati térképezés műszaki előkészítés I. ütem, Kockázat az árvízvédelmi földműveknél, Zárójelentés, Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság által támogatott alkalmazott kutatás, 1996.
- [16] Nagy László: Az árvízvédelmi biztonság és kockázat, Kutatási jelentés kézirat. Magyarország vízgazdálkodási stratégiája az ezredfordulón, Magyar Tudományos Akadémia Stratégiai kutatási program, 1999.
- [17] Nagy László: Korszerű árvízvédelem, Országos Műszaki Információs Központ és Könyvtár, Környezetvédelmi füzetek, 25. füzet, 1999.
- [18] Nagy László: Az árvízi biztonság fejlődése, Hidrológiai Közlöny, 80. évf., 2. szám, Budapest 2000, 111-118. oldal.
- [19] Nagy László: Az árvíz kockázati térképezés alapjai. Hidrológiai Közlöny, 80. évf., 4. szám, Budapest 2000, 251-258. oldal.
- [20] Tímár Attila: Árvízvédelmi töltések potenciális veszélyforrásai a Körösök vidékén, Hadmérnök 2020, 107-119. oldal.
- [21] Berek Tamás: A vízbiztonsági tervezés szerepe a fenntartható vízgazdálkodásban, Műszaki Katonai Közlöny, XXVI. évfolyam, 2. szám, 2016, 32-48. oldal.
- [22] Padányi József: A katonai erő alkalmazásának tapasztalatai az árvízi védekezésben, Magyar Rendészet, különszám, 2013, 157–164. oldal.

- [23] Tóth Rudolf, Hornyacsek Júlia: Gondolatok a katasztrófa-elhárítás logisztikai kérdéseiről, Polgári Védelemi Szemle MPVSZ, Budapest 2008. 1. sz. 88–99. oldal, ISSN 17 88–216.
- [24] Muhoray Árpád: A katasztrófavédelem aktuális feladatai, Hadtudomány (online) 3-4. szám, 2012, 1-17. oldal, ISSN 1588-0605.
- [25] Muhoray Árpád: Katasztrófa megelőzés I., Nemzeti Közszerológati Egyetem, egyetemi jegyzet, kiadó: NKE Szerológatató Nonprofit Kft., Budapest, 2016. ISBN 978-615-5527-85-2.
- [26] Földi László: A klímaváltozás által jelentkező új kihívások a kritikus infrastruktúrák védelmében. Fejezetek a kritikus infrastruktúra védelemből. Magyar Hadtudományi Társaság, Budapest 2013, 274. oldal, ISBN 978-963-08-6926-3.
- [27] Szlávik Lajos: A Tisza árvízvédelmi rendszerének megújítása: a Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése. A Szegedi nagyárvíz és újjáépítés III. fejezet, Vízügyi Múzeum és Könyvgyűjtemény, Budapest és a Móra Ferenc Múzeum, Szeged, 2004, ISBN 963 7217 69 X.
- [28] Szlávik Lajos: Ideas on the current problems of flood defence in Hungary. Hidrológiai Közlöny, 79. évfolyam, 4. szám, 241–260. oldal.
- [29] Szlávik Lajos: Árvizek szükségátározása. Vízügyi Közlemények, 80. évf., 1. szám, 1998, 21-66. oldal.
- [30] Szlávik Lajos: Árvízvédelem. In: Somlyódy, L. (szerk.): A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest 2002, 205-243. oldal.
- [31] Szlávik Lajos: Árvízi szükségátározók tervezése és üzemeltetése. Vízügyi Közlemények, 65. évf., 2. szám, Budapest 1983, 188-219. oldal.
- [32] Antal Örs: Az árvizek és földrengések okozta katasztrófák káros hatásai elleni hatékony védekezés megvalósításának elméleti és műszaki kérdései a megelőzés időszakában, doktori (PhD) értekezés, 2017.

- [33] Szlávik Lajos: Vízkárelhárítási kézikönyv, Ármentesítés, Budapest 2017, 295-341. oldal, URL: <http://www.ovf.hu/hu/hirek-ovf/vizkarkonyv> Letöltés ideje: 2019.január 18.
- [34] Glatz Ferenc: A víz a Kárpát-medencében, Ember és Környezet, Ezredforduló, 1. szám, Budapest 2007, 18-21. oldal.
- [35] Zorkóczy Zoltán, Tóth Sándor: Magyarország árvízvédelmi rendszerének hosszú távú fejlesztési terve, Vízügyi Közlemények, 67. évf., 4. szám, Budapest 1985, 513-534. oldal.
- [36] Magyarország vízgazdálkodása, Országos Vízügyi Főigazgatóság, Budapest, 1965.
- [37] Nagy László: Gátszakadások a Kárpát-medencében, A gátszakadások következménye, Országos Vízügyi Főigazgatóság, 2019., 457-565. o., ISBN 978-615-5825-01-9.
- [38] A vízgazdálkodás 40 éve számokban, Országos Vízügyi Hivatal, Budapest, 1986.
- [39] A vízgazdálkodás fejlődése, Tudományos Ismeretterjesztő Társulat, Országos Vízgazdálkodási Szakcsoport, 1970.
- [40] 10/1997. (VII. 17.) KHVM rendelet az árvíz- és a belvízvédekezésről.
- [41] Faragó Tibor: Éghajlatváltozás, Hazánk környezeti állapota. (szerk.: Haraszthy L.) KvVM, 200767-71. o. ISBN 978-963-87073-8-3.
- [42] Dobó Kristóf: Változások kora az árvízvédelemben, Műszaki Katonai Közlöny, 29. évfolyam; 1. szám, 2019, 57-64. oldal, ISSN 2063-4986.
- [43] Nemzeti Atlasz, Természeti környezet – Éghajlat, 2018, 66. oldal, URL: https://www.nemzetiAtlasz.hu/MNA/MNA_2_5.pdf Letöltés ideje: 2022. 12. 01.
- [44] Nováky Béla: Az éghajlatváltozás hatása a felszíni és felszín alatti vizeinkre (VAHAVA alapozó tanulmány), kézirat, Gödöllő 2005, 36. oldal.
- [45] Országos Vízügyi Főigazgatóság honlapja, Árvízvédelmi ismertető, URL: <http://www.ovf.hu/hu/arvizvedelem-ismerteto> Letöltés ideje: 2019. 01 18.

- [46] Szigyártó Zoltán: A továbbfejlesztett Vásárhelyi-terv vésztározóinak létesítményei és berendezései. Hidrológiai Közlöny 86. évf., 1. szám, 2006, 7-15. oldal.
- [47] Somlyódy László: A hazai vízgazdálkodás és stratégiai pillérei. In: Somlyódy, L. (szerk.): A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései, MTA, Budapest 2002, 35-82. oldal.
- [48] Országos Vízügyi Főigazgatóság, Vízkárelhárítási Kézikönyv, Budapest, 2016. URL: https://vpf.vizugy.hu/reg/ovf/doc/12.%20Armentesites_A1.pdf , Letöltés ideje: 2023. 08. 23.
- [49] Bogárdi István, Kertai Ede, Máté Zoltán, Mátrai István, Pap István: A Tisza felső vízgyűjtőjén létesítendő tározók szerepe a Tisza-völgyi vízgazdálkodásban, különös tekintettel az árvízvédelemre. Előzetes szakvélemény. Kézirat, OVH, Budapest 1970.
- [50] Budapesti Műszak és Gazdaságtudományi Egyetem - Építőmérnöki Kar, Vízi közmű és környezetmérnöki Tanszék: Az árapasztást és a nagyvízi vízszállító képesség javítását szolgáló feladatok tudományos háttérének megteremtése, A Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése (I. ütem) 2. rész-jelentés, 2003.
- [51] 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.
- [52] Országos Vízügyi Főigazgatóság: Árvízi kockázati térképezés és stratégiai kockázatkezelési terv készítése, összefoglaló tanulmány, Budapest, 2015, 5-42. oldal.
- [53] Horkai András: A kockázat alapú tervezés alkalmazott metodikája védett ártereknél, URL: https://hidrologia.hu/vandorgyules/39/word/0112_horkai_andras.pdf, Letöltés ideje: 2023. 08. 23.
- [54] Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet: Hidrológiai alapok a magyarországi folyók mértékadó árvizeinek meghatározásához, Budapest 1976.
- [55] 11/2010. (IV. 28.) KvVM rendelet a folyók mértékadó árvízszintjeiről.

- [56] Országos Vízügyi Hivatal Elnöki kollégiuma 1974. december 20-i 113/Koll./1974. számú határozata.
- [57] Budapesti Műszak és Gazdaságtudományi Egyetem - Építőmérnöki Kar Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék honlapja, URL: https://epito.bme.hu/hirek/20140311/Uj_mertekado_arvizszintek_a_Dunanak
Letöltés ideje: 2019. 01 18.
- [58] 74/2014. (XII. 23.) BM rendelet a folyók mértékadó árvízszintjeiről.
- [59] Láng István: Teret a folyóknak! A nagyvízi mederkezelés szerepe a hazai árvízvédelemben, Biztosítás és kockázat, IV. évf., 2. szám, 53. o., URL: http://real.mtak.hu/62554/1/biztositas_es_kockazat_4_evf_2_szam_4_cikk_u.pdf, Letöltés ideje: 2023. 08.23.
- [60] 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.
- [61] Európai Unió Számvevőszék 25/2018 különjelentése URL: <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/floods-directive-25-2018/hu/#B1> Letöltés ideje: 2022. 11. 21.
- [62] Schutz vor Hochwasser in Bayern, Strategie und Beispiele. Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, München, 2018.
- [63] Flood protection in Holland, URL: <https://storymaps.arcgis.com/stories/c948388379ed4180ac7f63489cc4d12f>
Letöltés ideje: 2022. 10. 14.
- [64] Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság, 10.02. védelmi szakasz, árvízvédekezési terv, 2020.
- [65] Eugene Meyer: Untersuchungen über Härteprüfung und Härte, Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure, Selbstverlag von Rudolf Gaertner 1908, 52. oldal.

- [66] Dobó Kristóf: Beton felületi keménységmérése statikus és dinamikus módszerekkel Országos Diákköri Konferencia dolgozat, Baja 2011.
- [67] Palotás László: Általános anyagismeret, Mérnöki szerkezetek anyagtana 2. kötet, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1979, 896. oldal.
- [68] V. M. Malhotra: Testing Hardened Concrete: Non destructive Methods, ACI Monograph, No.9., American Concrete Institute, Detroit 1976, 188. oldal.
- [69] Szilágyi Katalin, Borosnyói Adorján: A Schmidt-kalapács 50 éve: múlt, jelen, jövő, 1., 2., 3.rész, Budapest 2008.
- [70] Balázs L. György, Borosnyói Adorján, Tóth Elek: Oktatási segédlet, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem – Építőmérnöki Kar, Szerkezetek diagnosztikája, Budapest 2011.
- [71] Kurt Gaede: Die Kugelschlagprüfung von Beton, Deutschen Ausschuss für Stahlbeton, Heft 107, Ernst & Sohn, Berlin 1952, 73. oldal.
- [72] Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság 2.50. ártéri öblözet lokalizációs terve.
- [73] Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság, Tisza hullámtér nagyprojekt vizsgálati dokumentáció.
- [74] 2004. évi LXVII. törvény a Tisza-völgy árvízi biztonságának növelését, valamint az érintett térség terület- és vidékfejlesztését szolgáló program (a Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése) közérdekűségéről és megvalósításáról.
- [75] Magyarország 2021. évi árvízkezelési terve, Országos Vízügyi Főigazgatóság, Budapest 2021. URL: https://vizeink.hu/wp-content/uploads/2022/10/akk/Arvizkockazat-kezesi_terv.pdf Letöltés ideje: 2022. 06. 01.
- [76] Kara Róbert, Lovas Attila, Csibrán Zoltán: KÖTIVIZIG területén tervezett Karcagi Gábor Árvízvédelmi Gyakorló pályázat bemutatása előadás diasor, Magyar Hidrológiai Társaság, Országos Vándorgyűlés, Gyula, 2018., URL: http://hidrologia.hu/vandorgyules/36/word/0314_kara_robert.pdf, Letöltés ideje: 2023. 08. 23.

- [77] Padányi József, Vogel Dávid (Szerkesztő): A Magyar Honvédség lehetőségei az árvízi védekezésben. A víz. Közös értékünk, határok nélkül, A Magyar Ifjúsági Atlanti Tanács és a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem szakmai fóruma, 2010.
- [78] Tóth Ferenc: Jégrobbantás évszázada Magyarországon, „Fúrás-robbantástechnika 2012” Nemzetközi Konferencia kiadványkötete (Robbantástechnika periodika, a konferencia különszáma), 118–126. oldal.
- [79] 2011. évi CXIII. törvény a honvédelemről és a Magyar Honvédségről, valamint a különleges jogrendben bevezethető intézkedésekről.
- [80] 7/2012. (II. 10.) BM utasítás a vízkárelhárítás országos irányításának szervezeti és működési szabályzatáról.
- [81] Országos Meteorológiai Szolgálat: A 2013. júniusi dunai árvíz időjárási háttere, tanulmány, URL: https://www.met.hu/ismeret-tar/erdekesssegek_tanulmanyok/index.php?id=709, Letöltés ideje: 2023. 08. 23.
- [82] Isaszegi János: Védelmi Igazgatás, hagyomány és megújulás, Az átfogó megközelítés és a védelmi igazgatás, URL: https://hmvedelmiigazgatas.kormany.hu/download/2/f6/31000/04_2013_Az_atfogo_megkozelites_es_vedelmi_igazgatas.pdf, Letöltés ideje: 2023. 08. 23.
- [83] Országos Műszaki Irányító Törzs 2013-as dunai árvíz kiértékelő jelentése, 2013.

9. A TÉMAKÖRBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM

LEKTORÁLT KÖNYV, PÁLYÁZAT, JEGYZET

1. Dobó Kristóf: Árvízi veszély-, és kockázati térképek használata, Árvízvédelmi ismeretek, ISBN 978-963-498-231-9, 699-722. oldal.

LEKTORÁLT SZAKMAI FOLYÓIRATCIKKEK

Magyarországon megjelenő idegen nyelvű folyóiratban

2. Dobó Kristóf - Tóth Rudolf: The Role of the Hungarian Defence Forces Skills in the Protection against Water Damages – The Extraordinary Flood on the Danube River 2013, Műszaki Katonai Közlöny, ISSN 2063-4986; 2019; 29. évfolyam; 3. szám; 55-65. oldal; DOI 10.32562/mkk.2019.3.1.
3. Dobó Kristóf: The necessity of the riverbed management treatment in the mirror of the introduction of the differentiated flood-prvention, Katonai Logisztika, ISSN 1588-4228; 2020, 28. évfolyam; 3. szám; 141-149. oldal, DOI 10.30583/2020.3.141.
4. Dobó Kristóf: The flood protection developments on Sajó-Hernád rivers is relation to the 2020 flood event, Katonai Logisztika, ISSN 1588-4228; 2021, 3-4. szám; 98-108. oldal, DOI 10.30583/2021-3-4-098.

Magyar nyelvű (MTA besorolás szerinti A, B, C, D kategóriájú) mértékadó folyóiratban

5. Dobó Kristóf: A hazai árvízvédelmi stratégia főbb irányai, Műszaki Katonai Közlöny; ISSN 2063-4986; 2019.; 29. évfolyam; 2. szám; 133-144. oldal; DOI 10.32562/mkk.2019.2.11.
6. Dobó Kristóf: Differenciált árvízvédelem Magyarországon, Hadmérnök, ISSN 1788-1929; 13. évfolyam; 4. szám; 184-189. oldal.
7. Dobó Kristóf: Változások kora az árvízvédelemben, Műszaki Katonai Közlöny, ISSN 2063-4986; 29. évfolyam; 1. szám; 57-64. oldal; DOI 10.32562/mkk.2019.1.5.

8. Dobó Kristóf - Göncz Benedek - Iványi Krisztina: Az árvíz- és belvízvédelem országos helyzetképe, Hidrológiai Közlöny, ISSN 0018-1323; 100. évfolyam; 1. szám; 5-19. oldal.

10. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Mindenekelőtt köszönetet mondok a családomnak, akik minden támogatást megadtak a munkám során.

Köszönetet mondok továbbá az értekezés elkészítésében nyújtott segítségért témavezetőimnek dr. Tóth Rudolfnak és dr. Padányi Józsefnek.

Köszönöm a segítséget a szolnoki kollégáimnak, Lovas Attilának, Fazekas Helgának, Horváth Lajosnak és dr. Kovács Sándornak. Rendkívül sokat jelentett számomra a biztatásuk és támogatásuk.

Köszönetet mondok továbbá közvetlen kollégáimnak, Süveggyártó Anita Máriának és dr. Antal Örsnek, hogy gondolataikkal és ötleteikkel elősegítették munkámat.

Külön köszönöm továbbá a modellezésben nyújtott segítségét Horkai Andrásnak, Bálint Mártonnak és Ganszky Mártonnak.